



Promotor:

Parque Eólico Zorreras, S.L.

Facultativo:

Francisco Antonio Lara Ortega
Colegiado Nº: 1935

Proyecto Administrativo de Instalación Fotovoltaica denominada Zorreras de 17,61 MWn e infraestructura de evacuación para hibridación del PE Zorreras

Organismo Afectado: Delegación de Industria de la Junta de Andalucía

Ubicación: T.M. Tarifa (Cádiz)

Fecha: 13/06/2025

Rev.: 0C

Ref.:

DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

DOCUMENTO Nº 1	MEMORIA TÉCNICA
	ANEXO I. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS
	ANEXO II. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS
	ANEXO III. PLAN DE DESMANTELAMIENTO
DOCUMENTO Nº 2	CÁLCULOS ELÉCTRICOS
	ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS BT
	ANEXO II. CÁLCULOS ELÉCTRICOS MT
	ANEXO III. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS
	ANEXO IV. LÍMITE DE RUIDO CONFORME RD337/2014
	ANEXO V. CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS
	ANEXO VI. MOVIMIENTO DE TIERRAS
	ANEXO VII. CÁLCULOS ENERGÉTICOS
DOCUMENTO Nº 3	ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS
DOCUMENTO Nº 4	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
DOCUMENTO Nº 5	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS
DOCUMENTO Nº 6	PRESUPUESTO
DOCUMENTO Nº 7	PLANOS

Índice

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA TÉCNICA	14
1. ANTECEDENTES	15
2. OBJETO	16
3. TITULAR	17
4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO	18
5. NORMATIVA APLICABLE	20
6. DESCRIPCIÓN DE LA HIBRIDACIÓN Y SU PRODUCCIÓN	23
7. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO EÓLICO	25
8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA	26
8.1. EMPLAZAMIENTO	26
8.1.1. LOCALIZACIÓN	26
8.1.2. POLÍGONOS Y PARCELAS CATASTRALES AFECTADAS	27
8.1.3. ZONA TEMPORAL DE ACOPIO	27
8.1.4. SUPERFICIE DEL ÁREA DE AFECCIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA	28
8.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	28
8.3. CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA	29
8.4. AFECCIONES Y SERVICIOS EXISTENTES	30
8.4.1. LINDEROS Y NUCLEOS DE POBLACION	30
8.4.2. RED HIDROGRÁFICA	30
8.4.2.1. ZONAS INUNDABLES	33
8.4.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS	36
8.4.4. VIAS PECUARIAS	37
8.4.5. AEROGENERADORES	40
8.4.6. CAMINOS	41
8.4.7. GASEODUCTO	43
8.4.8. ZONA ARQUEOLÓGICA	44
8.5. ADECUACIÓN AL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	45
8.5.1. LEY DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA DE ANDALUCIA	45
8.5.2. PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANISTICA DE TARIFA	45
9. INFORME AMBIENTAL	46
10. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	47
10.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	47
10.1.1. EQUIPOS PRINCIPALES	47
10.1.1.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO	47
10.1.1.2. BLOQUES DE POTENCIA	48

10.1.1.3. ESTRUCTURA	52
10.1.2. CONFIGURACIÓN A LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	54
10.1.3. ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	55
10.1.4. HUECOS DE TENSIÓN.....	55
10.1.5. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	55
10.1.6. CABLEADO SOLAR DE BAJA TENSIÓN	55
10.1.6.1. CORRIENTE CONTINUA (DC).....	55
10.1.7. CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN.....	56
10.1.8. STRING BOX	58
10.1.9. MONITORIZACIÓN STRING	59
10.1.10. CANALIZACIONES.....	61
10.1.11. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	62
10.1.11.1. PUESTA A TIERRA BAJA TENSIÓN	62
10.1.11.2. PUESTA A TIERRA	62
10.1.12. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	63
10.1.12.1. FUENTES Y FRECUENCIA DE DAÑOS.....	64
10.1.12.2. TIPOS DE DAÑOS	64
10.1.12.3. TIPOS DE PÉRDIDAS.....	64
10.1.13. SISTEMA DE CONTROL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	65
10.1.13.1. OPERATIVIDAD DE LAS INSTALACIONES	66
10.1.13.2. FUNCIONES DE CONTROL EN TIEMPO REAL	67
10.1.14. ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y MONITORIZACIÓN AMBIENTAL	69
10.1.15. INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA	69
10.1.16. EVACUACIÓN	70
10.2. OBRA CIVIL.....	70
10.2.1. INSTALACIONES PROVISIONALES	70
10.2.2. INSTALACIONES PERMANENTES.....	71
10.2.3. TOPOGRAFÍA Y REPLANTEO.....	72
10.2.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO	72
10.2.5. SISTEMA DE DRENAJE.....	73
10.2.6. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	73
10.2.7. VIALES.....	74
10.2.8. CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SOLARES.....	74
10.2.9. CERRAMIENTO.....	75
10.2.10. DESMANTELAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	79
11. INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN	80
11.1. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	80

11.1.1. CRITERIOS GENERALES	80
11.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	81
11.1.2.1. CONDUCTOR	81
11.1.2.2. TERMINACIONES	82
11.1.2.3. EMPALMES	82
11.1.2.4. CANALIZACIÓN	82
11.1.2.5. ARQUETAS DE REGISTRO	83
11.1.2.6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.....	83
11.1.2.7. PUESTA A TIERRA	87
11.1.2.8. CONEXIÓN CON COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA	87
11.1.3. AFECCIONES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	87
11.1.3.1. CRUZAMIENTO Y OCUPACIÓN VÍAS PECUARIAS	87
11.1.3.2. CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS EXISTENTES	88
11.1.3.3. PARALEISMOS CON LÍNEAS M.T. DE LOS PARQUES EÓLICOS EXISTENTES	88
11.2. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO	88
11.2.1. CRITERIOS GENERALES	88
11.2.2. UBICACIÓN Y ACCESOS	89
11.2.3. DIMENSIONES.....	90
11.2.4. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA.....	90
11.2.5. NIVEL DE AISLAMIENTO EN MT	90
11.2.6. INTENSIDAD NOMINAL EN MT	90
11.2.7. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	90
11.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL.....	91
11.2.9. CENTROS PREFABRICADOS DE SUPERFICIE.	91
11.2.10. CIMENTACIÓN DE LOS CT PREFABRICADOS	92
11.2.11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	92
11.2.11.1. LÍNEA DE ALIMENTACIÓN	92
11.2.11.2. CELDAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	92
11.2.11.3. TIPOS DE CELDAS	92
11.2.11.4. CELDAS DEL CS	94
11.2.11.5. TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	99
11.2.11.6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	99
11.2.11.6.1. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	99
11.2.11.6.2. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	100
11.2.11.6.3. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA	100
11.2.11.6.4. LÍNEAS DE PUESTA A TIERRA	100
11.2.11.6.5. EJECUCIÓN DE PUESTA A TIERRA EN GENERAL	101

11.2.11.6.6. EJECUCIÓN DE PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	102
11.2.11.6.7. MEDIDAS ADICIONALES	102
11.2.11.7. SISTEMA DE TELEGESTIÓN	102
11.2.11.8. SISTEMA DE MEDIDA	102
11.2.11.9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD	103
11.2.11.10. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS	103
11.2.11.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	104
11.2.11.12. EXTINTORES MÓVILES.....	104
11.2.11.13. VENTILACIÓN	104
11.2.11.14. INSONORIZACIÓN Y MEDIDAS ANTIVIBRACIONES.....	104
11.2.11.15. PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACION.....	105
11.2.11.16. SEÑALIZACIÓN Y MATERIAL DE SEGURIDAD	105
11.3. ADECUACIÓN SALA DE CELDAS SET LOS SIGLOS 20/66 KV	106
11.3.1. INSTALACIÓN ACTUAL	106
11.3.1.1. SISTEMA 20 KV INTERIOR.....	107
11.3.1.2. EDIFICIO	108
11.3.2. AMPLIACIÓN PREVISTA	109
11.3.2.1. SISTEMA 20 KV INTERIOR.....	110
11.3.2.2. EDIFICIO	112
11.3.3. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	113
11.3.4. UNIDADES DE PROTECCIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL	115
12. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN.....	116
12.1. OBJETO.....	116
12.2. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.....	116
12.3. RESUMEN DE DATOS METEOROLÓGICOS Y PRODUCCIONES.....	116
12.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ENERGÉTICOS OBTENIDOS.....	117
12.5. DETALLE PÉRDIDAS ESTIMADAS	117
13. CÁLCULOS.....	119
14. PRESUPUESTO	120
15. PLANOS	121
16. CRONOGRAMA.....	124
17. RELACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS AFECTADOS (RBDA)	125
ANEXO I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS PRINCIPALES	126
ANEXO II. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS.....	127
1. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS	128
ANEXO III. PLAN DE DESMANTELAMIENTO	130
1. OBJETO	131

2. PLAN DE DESMANTELAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	131
2.1. VIALES DE ACCESO	131
2.2. RETIRADA DE CABLEADO SUBTERRÁNEO Y RESTAURACIÓN DE ZANJAS.....	131
2.3. TRABAJOS DE DESMANTELAMIENTO Y RESTAURACIÓN	131
2.3.1. FASE DE DESMONTAJE	131
2.3.2. FASE DE RESTAURACIÓN	132
3. VALORACIÓN ECONÓMICA	133
DOCUMENTO Nº 2. CÁLCULOS.....	135
1. CÁLCULOS.....	136
ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN	137
1. DIMENSIONADO DEL CAMPO SOLAR.....	138
1.1. NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS SERIE (STRING).....	138
1.2. NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS POR SERIE (STRING).....	139
1.3. AGRUPACIÓN EN PARALELO DE STRINGS PARA CONECTAR EN INVERSORES	141
2. CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLEADO.....	143
2.1. CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA.....	144
2.1.1. CIRCUITO DESDE FINAL DE STRING HASTA CUADRO DE NIVEL I	144
2.1.1.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	144
2.1.1.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	151
2.1.1.3. CRITERIO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	153
2.1.2. CIRCUITO DESDE CUADRO DE NIVEL I HASTA INVERSOR	154
2.1.2.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	154
2.1.2.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	156
2.1.2.3. CRITERIO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA	156
ANEXO II. CÁLCULOS ELÉCTRICOS EN MEDIA TENSIÓN	158
1. CÁLCULO EN MEDIA TENSIÓN PFV.....	159
1.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	159
1.1.1. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO	161
1.1.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA.....	161
1.1.3. FACTOR DE AGRUPAMIENTO	162
1.1.4. FACTOR DE PROFUNDIDAD	162
1.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	163
1.3. CAÍDA DE TENSIÓN	164
2. CÁLCULO EN MEDIA TENSIÓN LINEA DE EVACUACIÓN	166
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	166
2.2. INTENSIDAD ADMISIBLE DEL CONDUCTOR	166
2.3. INTENSIDAD DE CORRIENTE	168

2.4. CÁLCULO CORRIENTES CORTOCIRCUITO DE TENSIÓN	168
2.4.1. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE	168
2.4.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE EN EL CONDUCTOR	169
2.4.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADIABÁTICO	169
2.4.4. CÁLCULO DEL FACTOR NO ADIBÁTICO.....	171
2.5. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA.....	172
2.6. CAÍDA DE TENSIÓN	173
2.7. PÉRDIDA DE POTENCIA	174
ANEXO III. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS.....	176
1. DATOS DE ENTRADA.....	177
2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE P.A.T. DE CTS.....	177
2.1. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO MÁXIMA (ID) Y LA RESISTENCIA MÁXIMA DE LAS MASAS DEL CT (RT).....	177
2.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO TIPO Y CÁLCULO DE SU RESISTENCIA.....	178
2.3. CALCULO DE LA NUEVA INTENSIDAD DE DEFECTO (I'D), TENSIONES DE PASO Y CONTACTO (U'P Y U'P-ACC) DEL ELECTRODO SELECCIONADO	179
2.4. COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN DE DEFECTO	182
2.5. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE TIERRAS	182
3. DATOS DE SALIDA (RESULTADOS)	183
3.1. CÁLCULO DE P.A.T. DE CTS.....	183
3.2. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO MÁXIMA (ID) Y LA RESISTENCIA MÁXIMA DE LAS MASAS DEL CT (RT).....	184
3.3. CÁLCULO DE LA NUEVA INTENSIDAD DE DEFECTO (I'D), TENSIONES DE PASO Y CONTACTO (U'P Y U'P-ACC) DEL ELECTRODO SELECCIONADO:.....	185
3.4. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE TIERRAS	187
ANEXO IV. LÍMITES DE RUIDO CONFORME RD 337/2014.....	189
1. DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES ACÚSTICAS.....	190
ANEXO V. CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS	192
1. NORMATIVA VIGENTE	193
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	193
2.1. SISTEMA DE 20 KV	193
2.2. MÉTODO DE CÁLCULO	194
2.3. CÁLCULO DE LA POWER STATION TIPO	195
2.4. CÁLCULO DE LA POWER STATION MÁS DESFAVORABLE	195
3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	197
4. CONCLUSIONES	197
ANEXO VI. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	198
1. OBJETO	199

2. CRITERIOS DE DISEÑO	199
3. METODOLOGIA DE CALCULO	200
4. RESULTADOS	200
ANEXO VII. CÁLCULOS ENERGÉTICOS	203
DOCUMENTO Nº 3. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	204
1. OBJETO DEL ESTUDIO	205
2. CONTENIDO	205
3. ABREVIATURAS	206
4. NORMATIVA APLICABLE	206
5. NORMATIVA DE LA UNIÓN EUROPEA	206
6. NORMATIVA ESTATAL	207
7. NORMATIVA AUTONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE ANDALUCÍA	208
8. ORDENANZAS MUNICIPALES	209
9. DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO	209
10. FASE DE CONSTRUCCIÓN	211
11. FASE DE FUNCIONAMIENTO	213
12. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA	214
13. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS EN FASE DE FUNCIONAMIENTO QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA	216
14. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO	218
15. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA	221
15.1. REUTILIZACIÓN	221
15.2. VALORIZACIÓN	221
15.3. ELIMINACIÓN	222
16. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN	222
17. PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y, EN SU CASO, OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE RESIDUOS	226
18. PRESCRIPCIONES DEL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DEL PROYECTO	228
19. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	229
DOCUMENTO Nº 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	237
1. OBJETO	238
2. JUSTIFICACIÓN A LA REDACCIÓN DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	238
2.1. DATOS DEL PROYECTO Y DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	239
3. MEMORIA DESCRIPTIVA	239
3.1. RESUMEN DATOS PRINCIPALES	240

3.2. TRABAJOS A REALIZAR	240
3.3. EMPLAZAMIENTO	243
3.4. CLIMATOLOGÍA	244
3.5. ACCESOS Y VALLADO	245
3.6. CERRAMIENTO	246
3.7. ORDEN Y LIMPIEZA	247
3.8. INSTALACIONES DE OBRA	247
4. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS PROCESOS DE OBRA	248
4.1. INSTALACIONES INICIALES	248
4.2. REPLANTEO	255
4.3. DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO	256
4.4. MOVIMIENTO DE TIERRAS EN GENERAL	258
4.5. EXCAVACIONES DE ZANJAS Y VARIAS	261
4.6. RELLENOS DE TIERRAS Y ROCAS	266
4.7. COMPACTACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE TERRENOS	268
4.8. CIMENTACIONES	270
4.9. AGOTAMIENTO	274
4.10. COLOCACIÓN DE TUBERÍAS EN EL INTERIOR DE LA ZANJA	275
4.11. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	276
4.12. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURA	279
4.13. HORMIGONADO, VIBRADO Y CURADO	281
4.14. TRABAJOS EN ALTURA	284
4.15. SOLDADURAS	288
4.15.1. SOLDADURA ELÉCTRICA	288
4.15.2. SOLDADURA AUTÓGENA	290
4.16. ACOPIOS Y ALMACENAMIENTOS DE MATERIAL	295
4.17. CONTROL DE EJECUCIÓN, VISITAS Y TRANSITO GENERAL EN ZONA DE OBRA	296
4.18. MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	298
4.19. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS	300
4.20. TRABAJOS EN AMBIENTES PULVÍGENOS	302
4.21. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS	303
4.22. MANIPULACIÓN MECÁNICA DE CARGAS	305
4.23. MONTAJE DE SOPORTES	310
4.24. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS	312
4.25. PINTURA DE TUBERÍAS, SOPORTES Y ACCESORIOS	314
4.26. MONTAJE DE EQUIPOS MECÁNICOS	315
4.27. MONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	318

4.28. MONTAJE DE BANDEJAS PARA CABLEADO	322
4.29. INSTALACIÓN Y TENDIDO DE CABLES	323
4.30. CONEXIONADO DE CABLES	325
4.31. INSTALACIÓN E INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS	327
4.32. ACTIVIDADES DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	329
4.32.1. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	329
4.32.2. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS MECÁNICOS.....	332
4.32.3. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS QUE SUPONGAN TRASIEGO O MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	335
5. EQUIPOS DE TRABAJO	337
5.1. RIESGOS GENÉRICOS DE LA MAQUINARIA	337
5.2. NORMAS BÁSICAS GENÉRICAS DE SEGURIDAD EN USO Y MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA	338
5.3. MEDIDAS DE USO COMÚN PARA PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	340
5.4. MEDIDAS DE USO COMÚN PARA PROTECCIÓN COLECTIVA.....	341
5.5. MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRA Y TRABAJOS EXTERIORES.....	341
5.5.1. MARTILLO ROMPEDOR.....	341
5.5.2. PALA CARGADORA DE NEUMÁTICOS, MINIPALA CARGADORA	343
5.5.3. RETROEXCAVADORA	345
5.5.4. CAMIÓN DÚMPER	347
5.5.5. DUMPER (MONOVOLQUETE AUTOPROPULSADO).....	349
5.5.6. RODILLO VIBRANTE	350
5.6. EQUIPOS DE HORMIGONADO.....	352
5.6.1. CAMIÓN HORMIGONERA	352
5.6.2. HORMIGONERA ELÉCTRICA (PASTERA)	354
5.6.3. VIBRADORES	355
5.7. EQUIPOS DE ELEVACIÓN.....	356
5.7.1. GRÚAS AUTOPROPULSADAS	356
5.7.2. AUTOCARGANTE.....	359
5.7.3. POLIPASTO ELÉCTRICO	361
5.7.4. CARRETILLA ELEVADORA	363
5.7.5. PLATAFORMAS ELEVADORAS	365
5.8. EQUIPOS PARA FIRMES Y PAVIMENTOS	367
5.8.1. CAMIÓN RIEGO ASFÁLTICO	367
5.8.2. EXTENDEDORA DE AGLOMERADO	368
5.8.3. COMPACTADORA DE NEUMÁTICOS	369
5.8.4. COMPACTADORA VIBRANTE	371
5.9. EQUIPOS SUMINISTRO DE ENERGÍA	373

5.9.1. GRUPO ELECTRÓGENO	373
5.9.2. COMPRESOR	374
5.10. EQUIPOS DE CORTE	376
5.10.1. CORTADORA DE MATERIAL CERÁMICO	376
5.10.2. SIERRA CIRCULAR	377
5.11. HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS DE MANO	379
5.12. HERRAMIENTAS MANUALES	382
5.13. VEHÍCULOS	383
6. MEDIOS AUXILIARES	385
6.1. ANDAMIOS TUBULARES Y MODULARES	385
6.2. ESCALERAS DE MANO Y DE TIJERA	387
7. INSTALACIONES DE OBRA	390
7.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALTA Y BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADORES	390
7.2. TALLER MECÁNICO	392
7.3. TALLER DE FERRALLA	393
7.4. TALLER DE CARPINTERÍA	394
7.5. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS DE OBRA	396
8. EVALUACIÓN DE RIESGOS	397
9. PLIEGO DE CONDICIONES	460
9.1. NORMATIVA	460
9.2. CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO Y CONSERVACIÓN DE ÚTILES Y HERRAMIENTAS	461
9.3. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS MEDIOS AUXILIARES, MÁQUINAS Y EQUIPOS	462
9.3.1. CONSIDERACIONES DE LOS ANDAMIOS	463
9.3.2. CONSIDERACIONES DE LOS MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS	464
9.4. CARACTERÍSTICAS, EMPLEO Y CONSERVACIÓN DE LOS EQUIPOS PREVENTIVOS	465
9.4.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)	465
9.4.1.1. LISTA INDICATIVA Y NO EXHAUSTIVA DE EPIS	466
9.4.1.2. CONDICIONES GENERALES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	469
9.4.1.3. MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	469
9.4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	470
9.4.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	470
9.4.2.2. CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	470
9.4.2.3. MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LA PROTECCIÓN COLECTIVA	472
9.5. SEÑALIZACIÓN DE OBRA	473
9.5.1.1. SEÑALIZACIÓN VIAL	473
9.5.2. SEÑALIZACIÓN DE RIESGOS EN EL TRABAJO	473

9.6. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN OBRA.....	474
9.6.1. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA	474
9.6.2. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA	475
9.6.3. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.....	475
9.6.3.1. ACCIONES A REALIZAR ANTE LA CONCURRENCIA DE TRABAJADORES DE VARIAS EMPRESAS EN UN MISMO CENTRO DE TRABAJO.....	476
9.6.3.2. MEDIOS DE COORDINACIÓN.....	477
9.6.3.3. FUNCIONES DE LA PERSONA O PERSONAS ENCARGADAS DE LA COORDINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PREVENTIVAS.....	479
9.6.4. RECURSOS PREVENTIVOS	479
9.6.4.1. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS.....	479
9.6.4.2. NECESIDAD DE LA PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS	480
9.6.4.3. PRESENCIA DE RECURSOS PREVENTIVOS EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	481
9.6.4.4. CONSIDERACIÓN DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS	482
9.7. REGULACIÓN DE LA SUBCONTRATACIÓN	482
9.7.1. ACREDITACIONES.....	484
9.7.2. REGISTRO DE EMPRESAS ACREDITADAS	485
9.7.3. DOCUMENTACIÓN DE LA SUBCONTRATACIÓN	486
9.7.4. LIBRO DE SUBCONTRATACIÓN	486
9.8. DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS HIGIÉNICOS Y MEDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS MISMOS	487
9.9. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES	487
9.10. VIGILANCIA DE LA SALUD – RECONOCIMIENTOS MÉDICOS	488
9.11. CENTROS ASISTENCIALES	489
9.12. ACCIDENTES LABORALES	489
9.12.1. ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL.....	489
9.12.2. COMUNICACIONES EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL.....	490
9.12.3. PRIMEROS AUXILIOS.....	490
9.12.4. BOTIQUÍN	491
9.13. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	492
9.13.1. DOTACIÓN DE ASEOS	492
9.13.2. DOTACIÓN DE VESTUARIOS.....	492
9.13.3. DOTACIÓN DEL COMEDOR	492
9.14. NORMAS DE AUTORIZACIÓN DEL USO DE MAQUINARIA Y DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA	493
9.15. OBLIGACIONES DE LOS CONTRATISTAS, SUBCONTRATAS Y TRABAJADORES AUTÓNOMOS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	494
9.15.1. OBLIGACIONES ESPECÍFICAS DEL CONTRATISTA	494
9.15.2. OBLIGACIONES LEGALES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....	495

9.16. NORMAS Y CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL TRATAMIENTO DE MATERIALES Y SUBSTANCIAS PELIGROSAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO	496
9.17. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.....	497
9.18. PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN	498
9.19. LIBRO DE INCIDENCIAS	500
9.20. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	501
9.21. PLANOS	501
10. MEDICIONES.....	552
10.1. ORGANIZACIÓN Y CONTROL	552
10.2. SERVICIO TÉCNICO DE SEGURIDAD Y SALUD	552
10.3. SERVICIO MÉDICO.....	552
10.4. PROTECCIONES COLECTIVAS.....	552
10.5. PROTECCIONES INDIVIDUALES	553
10.6. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	553
10.7. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	553
11. PRESUPUESTO	554
DOCUMENTO Nº 5. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	559
1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	560
2. DISPOSICIONES GENERALES.....	562
3. DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	562
3.1. AGENTES INTERVINIENTES EN LA OBRA	562
3.1.1. PROMOTOR	562
3.1.2. CONTRATISTA	563
3.1.3. DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	565
3.2. DOCUMENTACIÓN DE OBRA	566
3.3. REPLANTEO Y ACTA DE REPLANTEO	566
3.4. LIBRO DE ÓRDENES.....	567
3.5. RECEPCIÓN DE LA OBRA	568
4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS	568
4.1. FIANZAS Y SEGUROS	569
4.2. PLAZO DE EJECUCIÓN Y SANCIÓN POR RETRASO	569
4.3. PRECIOS	569
4.4. MEDICIONES Y VALORACIONES	570
4.5. CERTIFICACIÓN Y ABONO	571
5. DISPOSICIONES TÉCNICAS.....	571
5.1. ACONDICIONAMIENTO Y CIMENTACIÓN.....	572
5.1.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	572

5.1.1.1. ZANJAS Y POZOS.....	572
5.2. INSTALACIONES	579
5.2.1. INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD: BAJA TENSIÓN Y PUESTA A TIERRA	579
5.2.2. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN.....	592
5.2.2.1. INSTALACIÓN DE SISTEMAS ANTI-INTRUSIÓN	592
5.2.3. INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR.....	594
5.2.3.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	594
6. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	611
6.1. DEFINICIÓN Y CONDICIONES GENERALES.....	611
6.1.1. DEFINICIÓN.....	611
6.1.2. CONDICIONES GENERALES	611
6.1.3. CONDICIONES DEL PROCESO DE EJECUCIÓN.....	612
6.1.4. ENTREGA A GESTOR AUTORIZADO.....	616
DOCUMENTO Nº 6. PRESUPUESTO	618
1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN.....	619
DOCUMENTO Nº 7. PLANOS	623

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA TÉCNICA

1. ANTECEDENTES

El presente documento define un nuevo módulo de generación fotovoltaica, el cual hibridará con el módulo de generación eólico en operación denominado 'Parque Eólico Zorreras' ('PE Zorreras' en adelante) de 20,00 MW cuyo número de expediente es AT 4386/98, con el que se pretende que comparta acceso a la red conforme a lo establecido en el RDL 23/2020 y en el RD 1183/2020, originando una instalación híbrida de generación eléctrica de origen renovable.

La nueva instalación fotovoltaica Zorreras supone una hibridación con el parque eólico asociado con el que comparte punto de acceso a la red, lo que permitirá un aprovechamiento de infraestructura conexión a red existente, maximizando la energía generada. El módulo fotovoltaico de la instalación híbrida Zorreras contará con medida fiscal independiente en la SET Los Siglos 20/66 kV.

Esta hibridación es posible atendiendo al 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, en donde el artículo 4 habilita la hibridación, esto es, el acceso a un mismo punto de la red de instalaciones que empleen distintas tecnologías de generación siempre que esto resulte técnicamente posible.

El diseño del parque fotovoltaico se realiza cumpliendo con el código de red de forma independiente, de manera que no impacta en el parque eólico sujeto a un régimen normativo en materia de código de red diferente. La construcción del nuevo módulo fotovoltaico implicará:

- 1) El módulo fotovoltaico de la instalación híbrida tendrá un regulador de potencia que actuará de manera coordinada con el parque eólico existente (módulo eólico en operación) limitando la producción del módulo fotovoltaico para no sobrepasar en ningún momento la capacidad de acceso máxima concedida.
- 2) Adecuación de la sala de celdas 'Tahuna y Zorreras' de la SET Los Siglos 20/66 kV para la conexión del nuevo módulo fotovoltaico.

Para el acceso y conexión del módulo solar fotovoltaico se hace uso del concedido al parque eólico Zorreras con el que se hibrida, por lo que no se solicita uno nuevo.

Conforme a lo establecido en el Reglamento (UE) 2016/631 (definiciones, punto 6), "instalación de generación de electricidad: una instalación que convierte energía primaria en energía eléctrica y que se compone de uno o más módulos de generación de electricidad conectados a una red en uno o más puntos de conexión".

Conforme a lo establecido en el Real Decreto-ley 23/2020, en su Artículo 3, apartado Cinco, se amplía el artículo 33 de la Ley 24/2013 en los siguientes términos:

"«12. Los titulares de los permisos de acceso de instalaciones de generación de energía eléctrica que hibriden dichas instalaciones mediante la incorporación a las mismas de módulos de generación de electricidad que utilicen fuentes de energía primaria renovable o mediante la incorporación de instalaciones de almacenamiento podrán evacuar la energía eléctrica utilizando el mismo punto de conexión y la capacidad de acceso ya concedida, siempre que la nueva instalación cumpla con los requisitos técnicos que le sean de aplicación.»"

El módulo de generación fotovoltaica Zorreras generará energía eléctrica de forma complementaria al 'PE Zorreras', ya que ambos módulos de generación poseen perfiles de generación complementarios tanto a nivel estacional en el año como a nivel diario entre el día y la noche.

2. OBJETO

El proyecto objeto de este documento es la planta solar fotovoltaica Zorreras de 19,36 MW de potencia pico (MWp en adelante) y 17,61 MW de potencia instalada (MWn en adelante) ubicada en el término municipal de Tarifa, en la provincia de Cádiz, junto con la infraestructura de evacuación en media tensión (20 kV) hasta la SET Los Siglos 20/66 kV. La instalación está limitada mediante el software de la PPC (Power Plant Controller) de la planta fotovoltaica que actuará de manera coordinada con el parque eólico existente para no sobrepasar en ningún momento la capacidad de acceso máxima concedida.

El proyecto contempla la instalación de una parte generadora formada por 26.883 módulos fotovoltaicos de 720 Wp (o configuración similar dependiendo de la disponibilidad y la tecnología) dispuestos en estructuras de seguidores solares y Power Stations que se conectan mediante tendido eléctrico de 20 kV soterrado en zanja al centro de seccionamiento 'Zorreras' ubicado al noreste de la implantación. Desde este centro de seccionamiento, parte la línea eléctrica 20 kV de evacuación subterránea hasta la SET Los Siglos 20/66 kV (a la cual está conectada el 'PE Zorreras'), ubicada en el término municipal de Tarifa, en la provincia de Cádiz. Desde dicho punto se evacúa esta energía, aprovechando la infraestructura existente, hasta la SET Facinas 66 kV, propiedad de E-Distribucion Redes Digitales.

En el presente proyecto se describirán las siguientes infraestructuras:

- Instalación fotovoltaica: PSFV Zorreras.
- Infraestructuras de evacuación:
 - Línea subterránea MT 20 kV.
 - Centro de seccionamiento 'Zorreras'.
 - Adecuación de Sala de Celdas 'Tahuna y Zorreras'.

El presente documento se redacta con la finalidad:

- En el orden técnico, para diseñar la instalación solar fotovoltaica Zorreras de 19,36 MWp y su infraestructura de evacuación, 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.
- En el orden administrativo, obtener la Autorización Administrativa Previa, la Autorización Administrativa de Construcción y la Declaración de Utilidad Pública del proyecto de ejecución a realizar, así como la Licencia Urbanística, según lo establecido en:
 - Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

- 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 Ley 15/2008, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Planes de Ordenación Municipales de Tarifa.
- Informar al ayuntamiento de Tarifa de la obra civil y electromecánica que se pretende realizar para la planta fotovoltaica, subestación y línea de evacuación, así como solicitar la correspondiente licencia de obras.
- Servir de base para la contratación de las obras e instalaciones.

El proyecto incluye la redacción de las separatas a los organismos cuyas instalaciones pueden estar afectadas por el mismo:

- Separata para Ayuntamiento de Tarifa.
- Separata para la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Vías pecuarias.
- Separata para la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Recursos hídricos (Demarcación Hidrográfica Guadalete-Barbate).
- Separata para E-Distribución Redes Digitales S.L.U. Líneas eléctricas.
- Separata para Enagás S.A. Gaseoducto.
- Separata para Consejería de Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Yacimientos Arqueológicos

3. TITULAR

A continuación, se resumen los datos principales del titular:

- Titular: Parque Eólico Zorreras, S.L.
- CIF: B-11538055
- Domicilio Social: Calle Ribera Del Loira, 28, 28042, Madrid

4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PROYECTO

A continuación, se resumen las características principales de la planta solar fotovoltaica:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA	
REFERENCIA	PROYECTO ADMINISTRATIVO
DENOMINACIÓN	Planta Fotovoltaica Zorreras
PROMOTOR	Parque Eólico Zorreras, S.L.
EMPLAZAMIENTO	U.T.M. (X): 246.790,64 U.T.M. (Y): 4.002.254,98
Localidad	Tarifa
Provincia	Cádiz
ÁREAS Y LONGITUDES PRINCIPALES	
Superficie parcelas implantación (ha)	109,91
Superficie de vallado de planta solar fotovoltaica (ha)	35,11
Longitud de vallado (m)	6.491,94
Número de recintos vallados:	4
Longitud totalidad zanjas de MT (m)	3.843,80
Superficie totalidad zanjas MT (m ²)	3.459,42
MÓDULO FOTOVOLTAICO	
Fabricante y modelo	TW Solar o similar
Potencia módulo (Wp)	720
Número total de módulos	26.883
Potencia Pico total (MWp)	19,36
Nº de módulos por string	29
ESTRUCTURA SOPORTE DE MÓDULOS	
Estructura	Tracker
Tipo de estructura	1P29
Nº de módulos FV por estructura	29
Nº de estructuras	927
Pitch (m)	6,0

POWER STATION	
Fabricante y modelo	Power Electronics FS2935K y FS1955K
Potencia nominal/inversor (kVA) a 40°C	2935 y 1955
Número de inversores	4 (2935 kVA) y 3 (1955 kVA)
Potencia nominal total inversores (MWn a temperatura de diseño)	17,61
Ratio DC/AC de la instalación	1,10
Potencia unitaria / relación	2,935 / 1,955 MVA 0,615/20 kV
Número de Power Stations	7
LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MT 20 KV	
Tipo de montaje	Directamente enterrado y bajo tubo en caminos
Tipo de conductor	Al RHZ1 12/20 kV
Sección	240mm ² , 400mm ² y 630 mm ²
Número de circuitos	1

Tabla 1. Características de la planta fotovoltaica Zorreras

5. NORMATIVA APLICABLE

- Real Decreto 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 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 de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, principalmente la relación de normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento indicadas en la ITC-RAT 02.
- 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.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002), ver las Instrucciones Complementarias ITC 40 y la Nota de Interpretación Técnica de la equivalencia de la separación Galvánica de la Conexión de Instalaciones generadoras en Baja Tensión.
- Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1544/2011 sobre tarifas de acceso a productores, en régimen ordinario y especial.
- Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Normas Particulares y especificaciones técnicas de Edistribución Redes Digitales S.L.U. (anteriormente Endesa Distribución Eléctrica).
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico con sus últimas modificaciones tal como se indica en Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.

- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Orden IET/221/2013, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
- Orden HAP/703/2013, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación.
- Orden TEC/1281/2019, de 19 de diciembre, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Normas C.T.N.E: aplicables a esta instalación.
- Normas Autonómicas y Provinciales para este tipo de instalaciones.
- Normas Municipales de Tarifa (Cádiz):
 - Plan General de Ordenación Urbana (PGOU).
 - Normas Urbanísticas.
- Normas particulares de la compañía eléctrica distribuidora.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Otras normas ITC-RAT-02 de obligado cumplimiento
 - UNE-EN 60060:2012, técnicas de ensayo de alta tensión.
 - UNE-EN 60071:2006, Coordinación de aislamiento.
 - UNE-EN 60617:1997, símbolos gráficos para esquemas.
 - UNE 207020:2012, procedimiento para garantizar la protección de la salud y seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y medida de alta tensión.
 - UNE-EN 62271:2009, aparataje de alta tensión.
 - UNE-EN 62271:2005, aparataje de alta tensión bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
 - UNE 20324, grados de protección para envoltorios.
 - UNE-EN 50102, grados de protección proporcionados por las envoltorios de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
 - UNE-EN 60076, transformadores de potencia.
 - UNE-EN 50464, transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite.
 - UNE-EN 62271, aparataje de alta tensión centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
 - UNE-EN 50482, UNE-EN 60044, UNE-EN 61869, transformadores de medida.
 - UNE-EN 211605, ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables.

- UNE-EN 60332, métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego.
- UNE-EN 60228, conductores de cables aislados.
- UNE 21620, cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6 kV hasta 36 kV.
- UNE 211028, accesorios de conexión.
- Otras normas ITC-LAT-02:
 - UNE-EN 60529:2018, grados de protección proporcionados por las envolventes
 - UNE-EN 60060-1:2012, técnicas de ensayo de alta tensión.
 - UNE-EN 50102, grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
 - UNE-EN IEC 60071, coordinación de aislamiento.
 - UNE-EN 60270:2002, técnicas de ensayo en alta tensión
 - UNE-EN 60865-1:2013, corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos.
 - UNE-EN 60909-0:2016, corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.
 - UNE 21144, cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.
 - UNE 21192:1992, cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
 - UNE 211003-2:2001, límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m=7,2$ kV) a 30 kV ($U_m=36$ kV).
 - UNE-EN 50189:2000, conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambre de acero galvanizado.
 - UNE-EN 50397-1:2007, conductores recubiertos para líneas aéreas y sus accesorios para tensiones nominales a partir de 1 kV c.a. hasta 36 kV c.a.
 - UNE 211027:2013, accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
 - UNE 211028:2013, accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
 - UNE 21021:1983, piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
 - UNE 207017:2010, apoyos metálicos de celosías para líneas eléctricas aéreas de distribución.
 - UNE-EN IEC 62271-102:2021, aparatos de alta tensión.
 - UNE 21009:1989, medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rótula de los elementos de cadena de aisladores.

6. DESCRIPCIÓN DE LA HIBRIDACIÓN Y SU PRODUCCIÓN

El módulo de generación fotovoltaica “PSFV Zorreras” generará energía eléctrica de forma complementaria al ‘PE Zorreras’ de tal forma que ambas conformarán una planta híbrida.

Ambos módulos poseen perfiles de generación complementarios tanto a nivel estacional en el año como a nivel diario entre el día y la noche.

A continuación, podemos ver de manera genérica que la producción eólica es mayor durante los meses de invierno, coincidiendo con una menor producción de la generación fotovoltaica, y menor en los meses de verano, coincidiendo con una mayor producción de la generación fotovoltaica.

En la siguiente figura se muestran las curvas de producción tipo para un parque eólico, una planta fotovoltaica y la hibridación de ambas tecnologías.

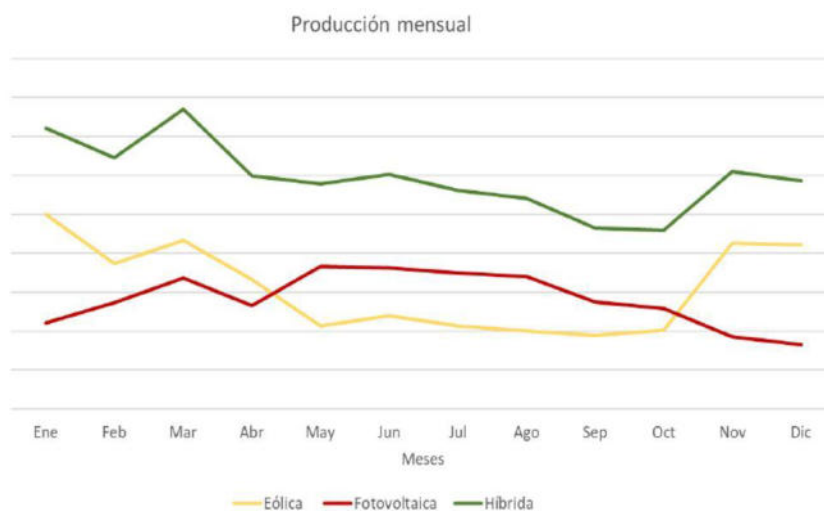


Imagen 1 Producciones tipo mensuales

En la siguiente figura se comparan los factores de capacidad de ambos módulos mediante el perfil de generación promedio a lo largo de un día. Se observa que el parque eólico tiene mayor producción hacia la tarde-noche.

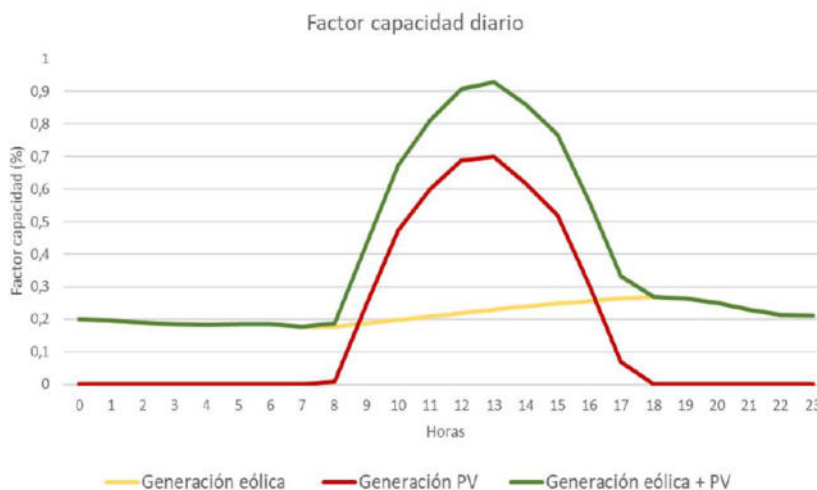


Imagen 2 Factor de capacidad tipo

Atendiendo a las gráficas anteriores, podemos concluir que la hibridación resulta en ambos casos una curva de producción más estable a lo largo de todo el año y un factor de capacidad notablemente mayor.

La hibridación es una solución especialmente atractiva en zonas en las que existe buena complementariedad de recursos, como es el caso de la ubicación propuesta en el T.M. Tarifa en la provincia de Cádiz. Esta hibridación permitirá, además, una mejora sustancial del aprovechamiento de la infraestructura de conexión a la red ya existente.

En la siguiente imagen se puede ver la implantación fotovoltaica propuesta para la hibridación y el acceso a la misma, a escala 1/5000.

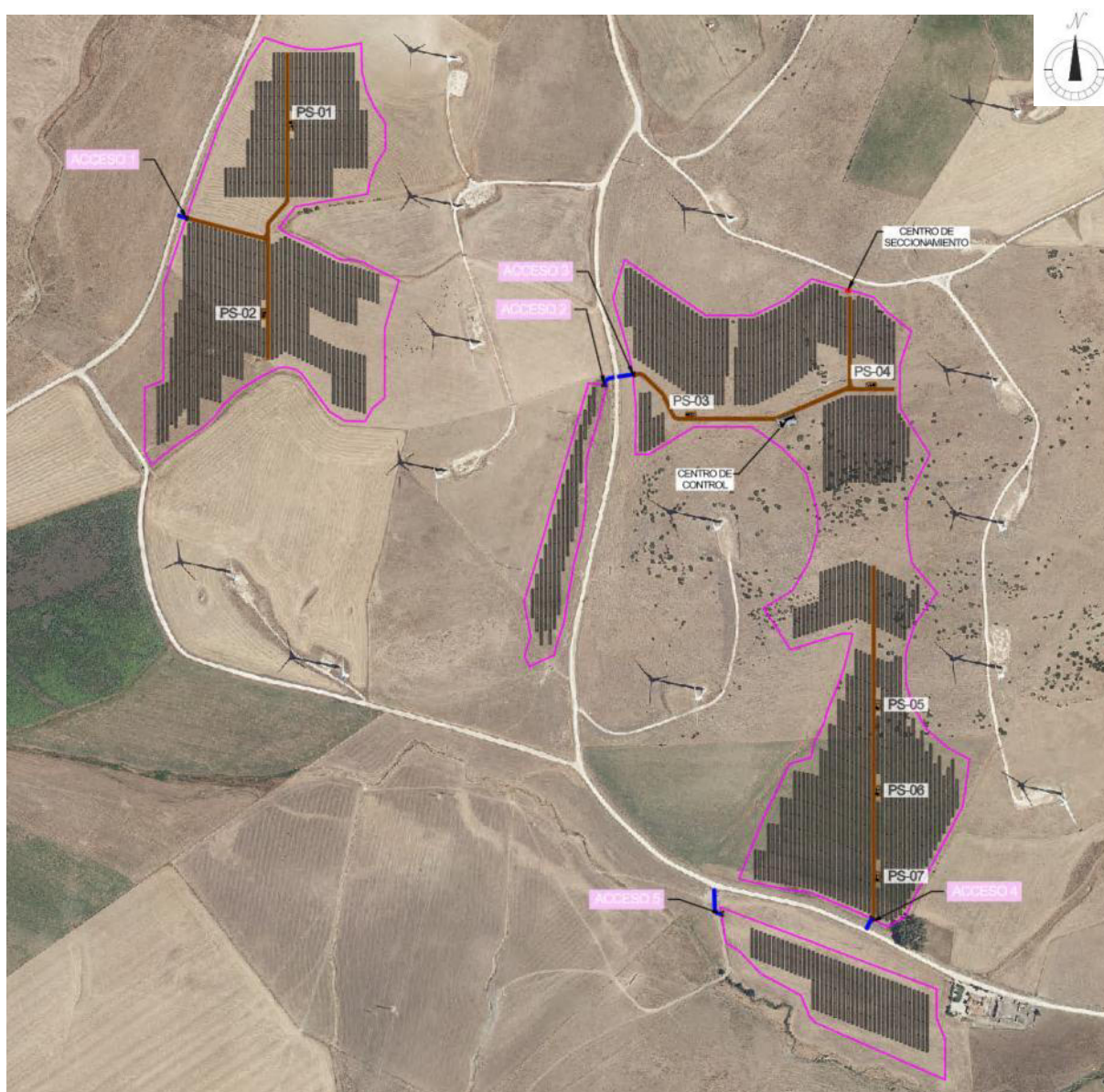


Imagen 3 Implantación PSFV Zorreras

7. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO EÓLICO

El PE Zorreras consta de una potencia instalada de 20 MW. Esta potencia del parque se consigue con la instalación de 10 aerogeneradores ENERCON E70 de 2,0MW.

A la salida de estos aerogeneradores se tiene una tensión de 20 kV en corriente alterna y se conecta a la SET Los Siglos 20/66 kV que a su vez evacúa en la SET Facinas 66 kV.

Se adjunta esquema de evacuación:

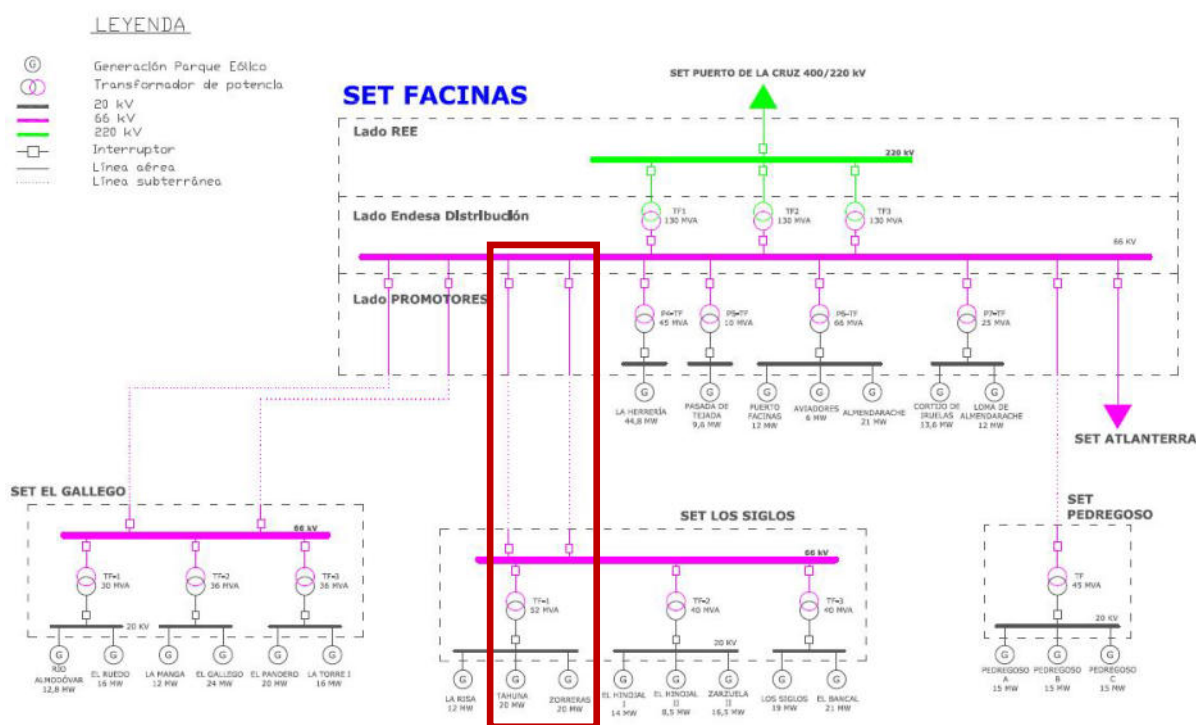


Imagen 4 Esquema de conexión

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los aerogeneradores del PE Zorreras:

PE ZORRERAS			
Aerogenerador	UTM x [m]	UTM y [m]	Altitud [m]
Z1	247089	4002282	85
Z2	247519	4003077	85
Z3	247462	4002896	85
Z4	247489	4002699	85
Z5	247499	4002504	85
Z6	247497	4002304	85
Z7	247579	4002135	85
Z8	247889	4003102	85
Z9	247927	4002878	85
Z10	247906	4002641	85

Tabla 2. Coordenadas aerogeneradores PE Zorreras

8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA

8.1. EMPLAZAMIENTO

8.1.1. LOCALIZACIÓN

La planta fotovoltaica Zorreras irá ubicada en el término municipal de Tarifa, en la provincia de Cádiz. La poligonal se enmarca en la Hoja 1077-1 del Mapa Topográfico de Andalucía, a escala 1:25.000, del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

Las coordenadas de la ubicación del centro geométrico de la instalación fotovoltaica en el sistema UTM ETRS 89 (HUSO 30) son:

Coord. X	Coord. Y.
246.790,64	4.002.254,98

Tabla 3. Tabla Coordenadas Ubicación Instalación Fotovoltaica

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de la implantación fotovoltaica, el parque eólico con el que hibridará y la conexión de ambas instalaciones.

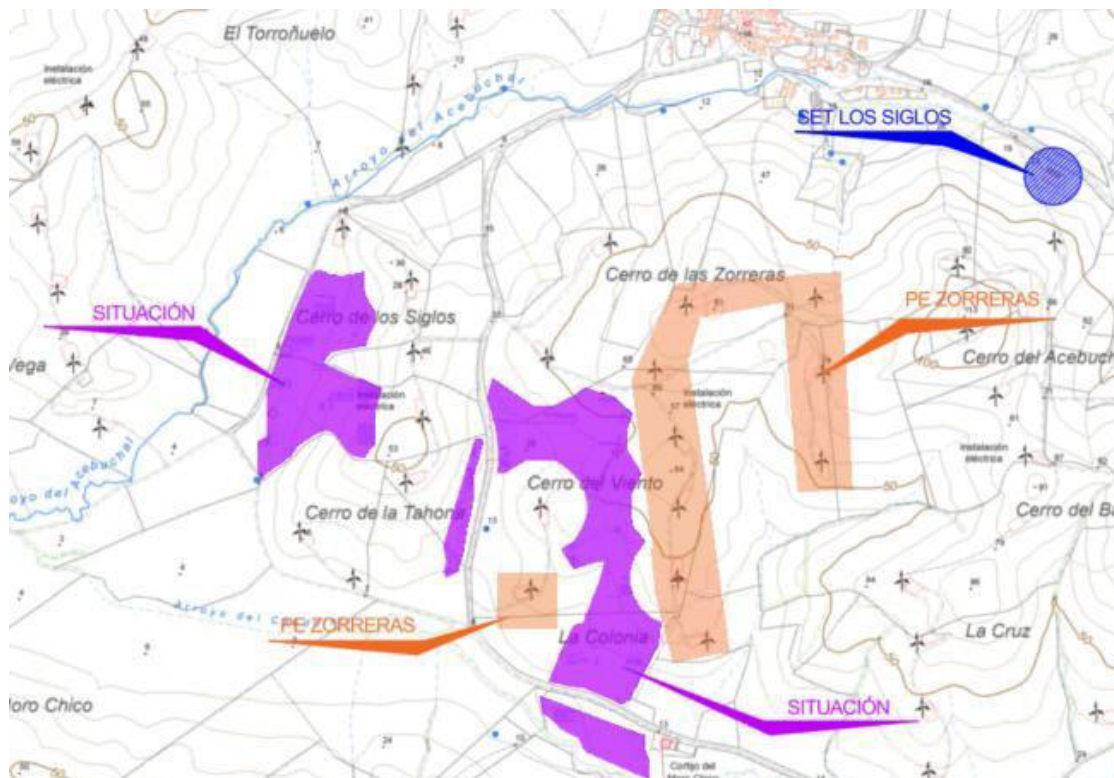


Imagen 5 Localización de la Instalación Fotovoltaica

8.1.2. POLÍGONOS Y PARCELAS CATASTRALES AFECTADAS

La planta fotovoltaica Zorreras irá ubicada del término municipal de Tarifa, provincia de Cádiz, ocupando las parcelas 28, 30, 32, 34 y 48 del polígono 11. A continuación, se detalla dicha parcela catastral, la cual se verá afectada por la instalación fotovoltaica (implantación, líneas MT y caminos de acceso).

Ref. Catastral	T.M.	Pol.	Parcela	Uso
11035A01100048	Tarifa	11	48	PSF, CIRC.MT, ACCESO, CS, CENTRO CONTROL
11035A01100028	Tarifa	11	28	PSF, CIRC.MT, ACCESO
11035A01100030	Tarifa	11	30	PSF, CIRC.MT, ACCESO
11035A01100032	Tarifa	11	32	PSF, CIRC.MT, ACCESO
11035A01100034	Tarifa	11	34	PSF, CIRC.MT

Tabla 4. Parcelas catastrales afectadas por el vallado de la instalación fotovoltaica

8.1.3. ZONA TEMPORAL DE ACOPIO

La zona seleccionada dispondrá de una zona de acopio y punto limpio. La zona de acopio contará con una superficie de 2.597 m², destinado a almacén y acopio de material durante la fase de ejecución de la obra. Esta zona se dispondrá en el interior del vallado de la instalación fotovoltaica y el punto limpio está ubicado junto a ella. A continuación, en la siguiente imagen se puede observar la localización de esta zona señalada en azul.



Imagen 6 Localización zona de acopio y punto limpio

8.1.4. SUPERFICIE DEL ÁREA DE AFECCIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

La instalación está implantada en varias parcelas que cuentan con una superficie total de 109,91 ha mientras que la superficie vallada de la planta es de 35,11 ha. Concretamente, el área ocupada por los paneles fotovoltaicos es de 232.670,85 m², medida sobre la proyección del panel en posición horizontal, el 21,16% de ocupación del terreno respecto a la ocupación total de las parcelas. Las 7 Power Stations proyectadas en la planta ocuparán un área de 186,01m², el 0,017% de ocupación del terreno respecto a la superficie total de las parcelas.

La longitud total de vallado permanente en todo el perímetro de la planta es de 6.491,94 m. En total, se dispone de 4 recintos vallados con las siguientes medidas:

Isla	Longitud	Superficie (m ²)
1	1.885,11	119.763,96
2	846,97	15.811,47
3	2.903,39	187.034,89
4	856,47	28.536,98

Tabla 5. Dimensiones del vallado de la instalación fotovoltaica

8.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Además de los criterios ambientales y sociales que se han descrito en los estudios de impacto ambiental del promotor, interesa destacar algunos criterios técnicos principales que resultan en la idoneidad del emplazamiento para la operativa de una planta fotovoltaica como la aquí descrita.

- Instalación fotovoltaica: la energía generada se trasladará a través de los circuitos de media tensión hasta el SET Los Siglos 20/66 kV que se encuentra al este de la implantación.
- Recurso solar: El emplazamiento considerado tiene un alto nivel de radiación directa. Las velocidades máximas del viento se encuentran dentro de los niveles aceptables. El perfil de temperatura ambiente es moderado, lo que favorece la eficiencia de los módulos.
- Amplitud y características geomorfológicas del terreno: El emplazamiento elegido tiene una superficie total de 109,91 ha, siendo la superficie del interior al vallado utilizada de 35,11 ha. La zona presenta unas características geomorfológicas particulares debido a su ubicación, como por ejemplo los terrenos se caracterizan por sus escasas o moderadas pendientes, una estabilidad media-alta, siendo los riesgos de deslizamientos moderadamente bajos.
- Infraestructuras de acceso: La existencia de infraestructuras de accesos al emplazamiento facilitarán el transporte de componentes. Los principales accesos a la instalación fotovoltaica se realizarán mediante caminos catastrales existentes en la zona, algunos de ellos denominados como "Colada Los Pedernales" y "Cañada La Jara".
- Criterios medioambientales: La ubicación de la planta se ha realizado teniendo en cuenta las ventajas solares presentes en el sitio, además es importante considerar que el núcleo de población más cercano se encuentra a unos 1.233 metros.

8.3. CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

Al tratarse de una hibridación, la conexión a red se realizará aprovechando la infraestructura existente de evacuación del 'PE Zorreras'.

La generación de la instalación fotovoltaica se conecta mediante línea de evacuación subterránea de 20 kV desde las Power Stations hasta llegar al centro de seccionamiento 'Zorreras', ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica "Zorreras". Dicho centro de seccionamiento se conecta mediante la red de media tensión subterránea de 20 kV hasta la SET Los Siglos 20/66 kV. Desde dicho punto se evacúa la energía, aprovechando la infraestructura existente, hasta la SET Facinas 66 kV.

En la siguiente imagen podemos observar la ubicación de la planta fotovoltaica y el trazado de la línea de evacuación hasta la SET Los Siglos 20/66 kV.



Imagen 7 Vista aérea de la implantación y línea de evacuación

En el plano nº 30 adjunto "Infraestructura de Evacuación" se puede apreciar con más detalle el trazado de las líneas de M.T. de la instalación fotovoltaica.

8.4. AFECCIONES Y SERVICIOS EXISTENTES

En el proyecto administrativo objeto de este documento han sido consideradas y respetadas las afecciones y servidumbres marcadas por los organismos oficiales o empresas correspondientes, las cuales se describen en los siguientes apartados.

En los planos adjuntos nº 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6 se puede observar en detalle los servicios existentes, así como las zonas de afección y servidumbres respetadas para la instalación de la planta solar fotovoltaica.

8.4.1. LINDEROS Y NUCLEOS DE POBLACION

Según las Normas Urbanísticas de Tarifa y de acuerdo con el Título Quinto-Capítulo III Normas De Edificación En Suelo No Urbanizable Común, se establecen las siguientes condiciones para su cumplimiento:

- Un retranqueo mínimo de veinticinco (25,00) metros respecto a todas las lindes, de la finca donde se emplace cualquier nueva construcción.
- Una distancia mínima de quinientos (500) metros a cualquier núcleo de población.

Se considerarán como 'nueva construcción' las Power Stations dispuestas en la planta fotovoltaica, las cuales requerirán de una cimentación. Todas ellas se han situado a más de 25 m de las lindes de la finca.

En el “Plano nº 6.7 Ocupación y distancias a linderos y edificaciones”, se puede encontrar información detallada acerca de las distancias respetadas por la planta fotovoltaica a linderos y núcleos de población.

8.4.2. RED HIDROGRÁFICA

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas y el Real Decreto 846/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, establecen los bienes que integran el dominio público hidráulico: aguas continentales, cauces de corrientes naturales, lechos de lagos y lagunas, acuíferos, etc.

Según la citada Ley, se considera cauce al terreno que cubren aguas en sus máximas crecidas ordinarias, y sus márgenes a los terrenos que lindan con el mismo. Los márgenes están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre, de 5 metros de anchura, para uso público, regulada reglamentariamente y a una zona de policía, de 100 metros de anchura, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que se desarrollan.

En la normativa mencionada, se define:

1. Dominio Público Hidráulico (DPH):

- a. Las aguas continentales, tanto superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.
- b. Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
- c. Los lechos de lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- d. Los acuíferos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
- e. Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar.

De acuerdo con el artículo 50 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, todos pueden, sin necesidad de autorización administrativa, y de conformidad con lo que dispongan las Leyes y Reglamentos, usar las aguas superficiales, mientras discurren por sus cauces naturales para beber, bañarse y otros usos domésticos, así como para abreviar el ganado. Estos usos, denominados usos comunes, habrán de llevarse a cabo de forma que no se produzca una alteración de la calidad y caudal de las aguas.

Cualquier otro uso, uso privativo de las aguas no incluido en el artículo 54, obra o actividad que se pretenda llevar a cabo en el Dominio Público Hidráulico o en sus zonas de protección requerirá la presentación de una declaración responsable o la obtención de una autorización o concesión administrativa a otorgar por la administración.

La tramitación de los expedientes de autorización de obras dentro o sobre el dominio público hidráulico se realizará según el procedimiento regulado en el artículo 52 y siguientes del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, con las salvedades y precisiones consideradas en el artículo 126.

2. Zona de servidumbre. Franja colindante con el cauce, con ancho de cinco metros, que se reserva para los siguientes fines:

- a. Protección del ecosistema fluvial y del dominio público hidráulico.
- b. Paso público peatonal y para el desarrollo de los servicios de vigilancia, conservación y salvamento, salvo que por razones ambientales o de seguridad el organismo de cuenca considere conveniente su limitación.
- c. Varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad.

Con carácter general no se podrá realizar ningún tipo de construcción en esta zona salvo que resulte conveniente o necesaria para el uso del dominio público hidráulico o para su conservación y restauración. Sólo podrán autorizarse edificaciones en zona de servidumbre en casos muy justificados.

3. Zona de policía: Franja lateral de cien metros de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen. Asimismo, conforme el artículo 78 del Reglamento del Dominio Público hidráulico, para realizar cualquier tipo de construcción en zona de policía de cauces se exigirá la autorización previa al Organismo, a menos que el correspondiente Plan de Ordenación Urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico, o planes de obras de la Administración,

hubieran sido informados por el citado Organismo y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto.

La tramitación de los expedientes de estas autorizaciones se realizará según el procedimiento regulado en el artículo 52 y siguientes del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Cercano a la zona de implantación fotovoltaica se encuentran el Arroyo del Acebuchal, Arroyo del Candolar y un arroyo innominado. Para estos cauces se han tenido en cuenta las áreas delimitadas como cauces con DPH cartográfico recopilados por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables), así como sus zonas de servidumbre y policía.

En este se incluye la zona de servidumbre de los cauces establecida en 5 metros, las cuales no se verán afectadas por la implantación de la planta fotovoltaica, dado que se sitúa fuera del alcance de las mismas.

Por otro lado, sí que se ve afectada por la zona de marcación de policía, establecida en 100 metros. Se entiende que no es una afección de interés perjudicial para el dominio público hidráulico de la zona ya que la implantación consta en su mayor medida de módulos fotovoltaicos anclados al suelo mediante estructuras que permiten el drenaje, así como el libre paso de aguas en la zona, no ejerciendo ningún tipo de impedimento al curso natural del mismo.

En el “Plano 6.2. Afecciones. Dominio Público Hidráulico”, se puede encontrar información detallada acerca de las afecciones de estos cauces en la planta fotovoltaica “Zorreras”.

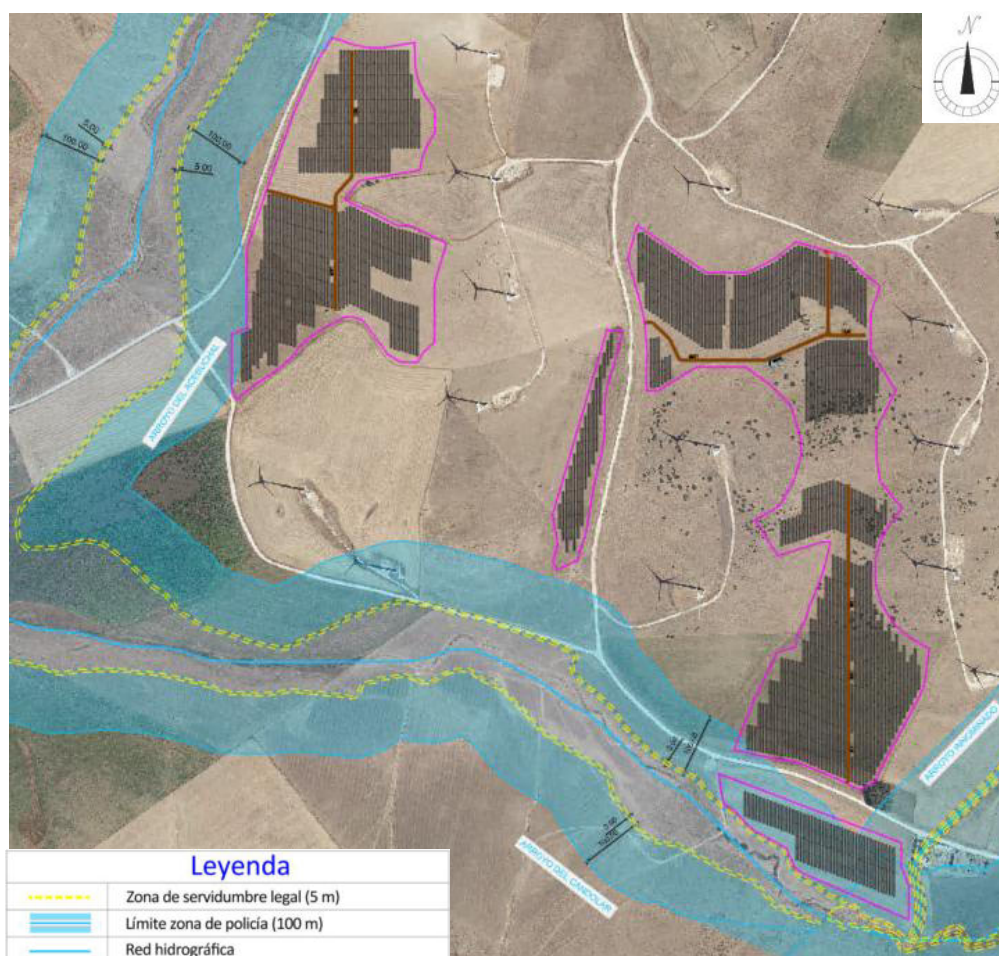


Imagen 8 Vista aérea de los cuerpos de agua. Demarcación de zona de servidumbre y policía.

8.4.2.1. ZONAS INUNDABLES

En el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables están disponibles las áreas correspondientes a Zonas Inundables con probabilidad baja o excepcional (T500) del Arroyo del Acebuchal y del Arroyo Candolar. La información disponible sobre estas zonas se limita únicamente a la superficie ocupada, pero no se indica la altura de los calados a lo largo de dicha área.

Dicho esto, el promotor, encarga la realización de un estudio hidrológico detallado del Arroyo del Acebuchal y del Arroyo Candolar, con el fin de poder aprovechar las parcelas colindantes a dichos cauces produciendo la mínima afección sobre los mismos.

Parte de las Islas 1 y 4 y algunos de los trackers que las componen se han situado sobre la zona inundable T500 del Arroyo del Acebuchal y del Arroyo Candolar. Para este periodo de retorno T500, en la zona donde se ha ubicado la implantación de la Isla 1 y 4, se han obtenido calados inferiores a 0,5 m, que es la altura mínima que tendrá el módulo fotovoltaico al suelo permitiendo así libre paso de aguas en la zona, no ejerciendo ningún tipo de impedimento al curso natural del mismo.

En las siguientes imágenes se pueden observar los diferentes calados para T500 en las parcelas colindantes a los cauces mencionados donde se ubicarán las Islas 1 y 4.

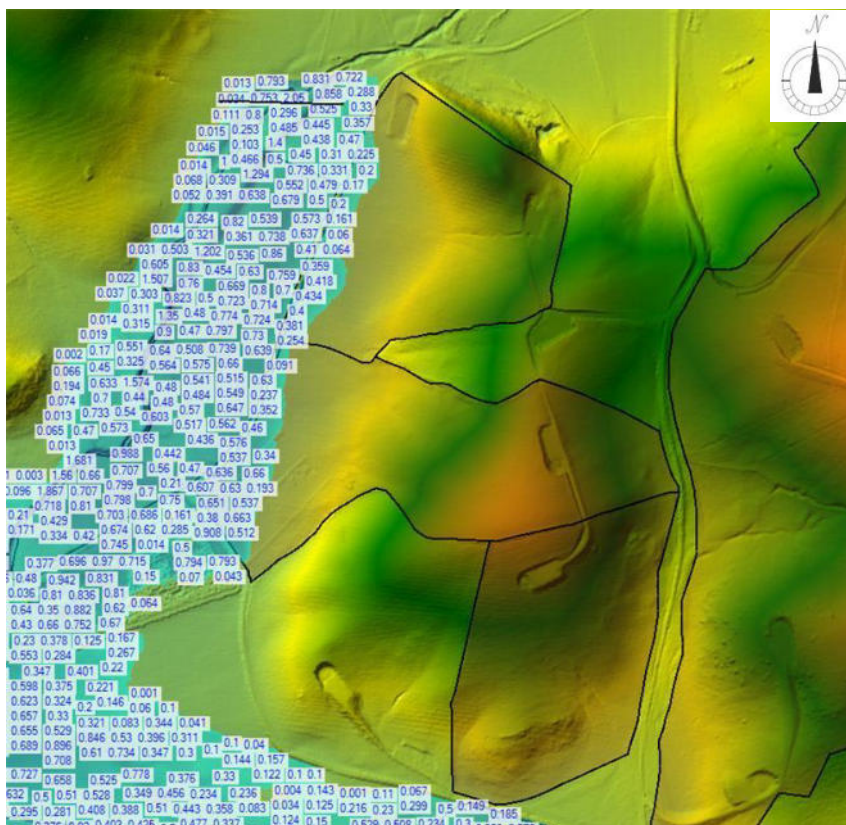


Imagen 9 Calados para T500 en zonas cercanas al Arroyo Acebuchal (Isla 1)



Imagen 10 Calados para T500 en zonas cercanas al Arroyo Candolar (Isla 4)

Como medida preventiva y para reducir los calados mencionados anteriormente, en fases más avanzadas del proyecto, se estudiará la implementación de canalizaciones contiguas a los márgenes derechos de los cauces, realizando descargas de aguas debajo de los mismos (línea azul), así como cunetas de encauzamiento (línea magenta) para que la implantación fotovoltaica cercana genere el mínimo perjuicio a dichos cauces. Esto deberá ser evaluado y propuesto en el futuro estudio de detalle, donde se indiquen las condiciones finales tanto de movimiento de tierras como hidráulicas.

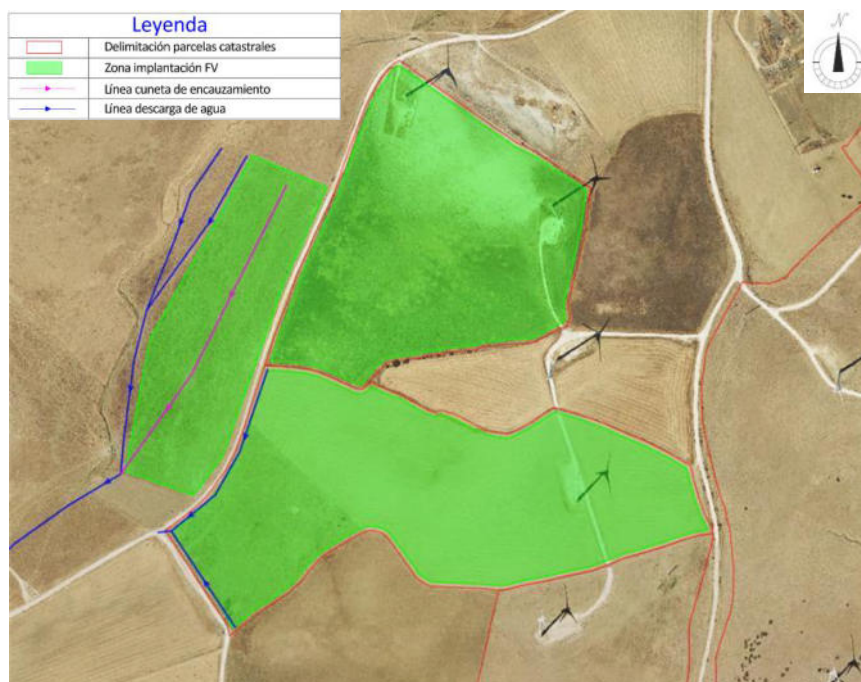


Imagen 11 Posible obra de drenaje a estudiar en fase de detalle junto al Arroyo Acebuchal

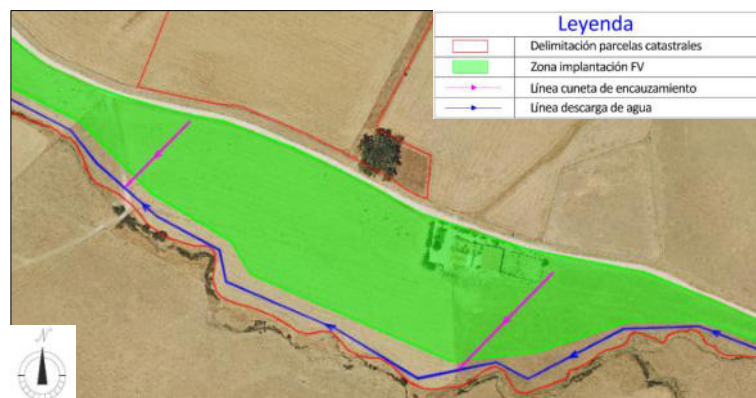


Imagen 12 Posible obra de drenaje a estudiar en fase de detalle junto al Arroyo Candolar

En la siguiente imagen de muestran las zonas de la implantación fotovoltaica las cuales se han ubicado sobre Zonas Inundables con probabilidad baja o excepcional (T500).

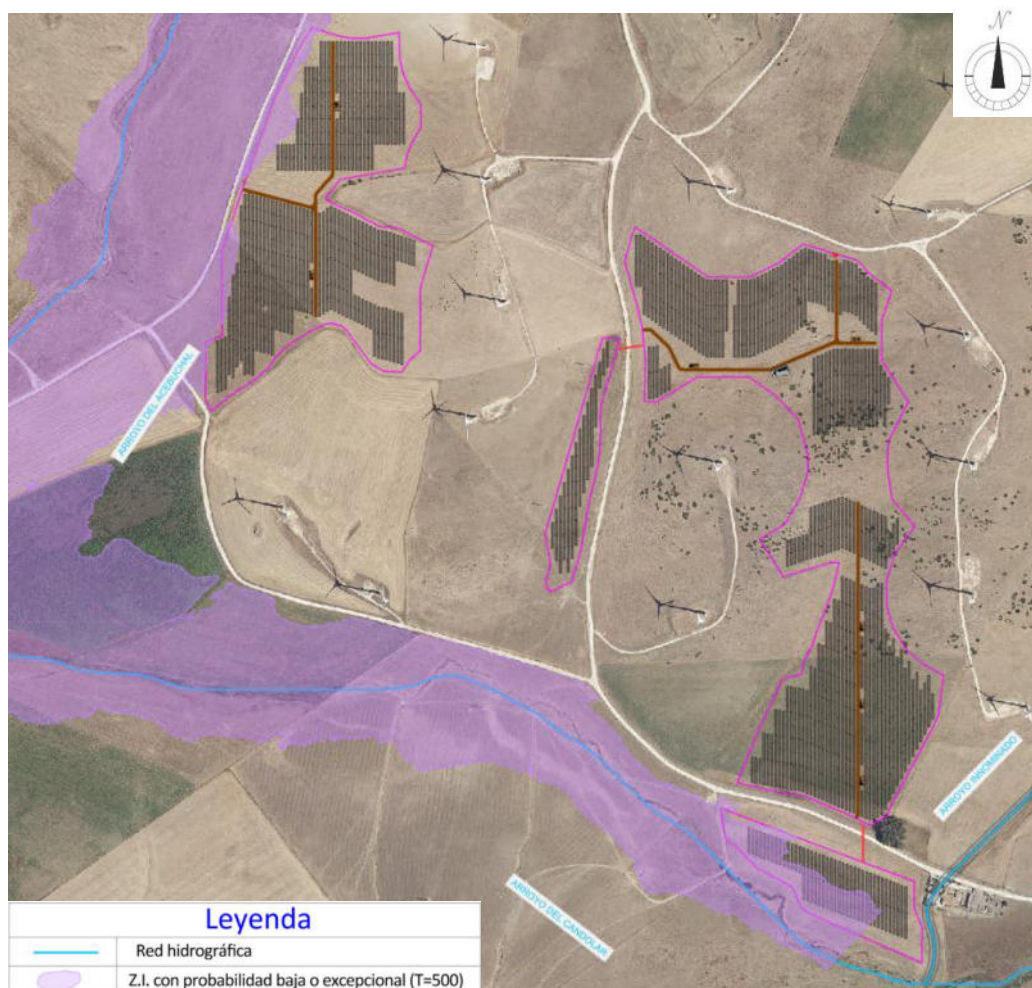


Imagen 13 Zonas Inundables con probabilidad baja o excepcional (T500)

8.4.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS

Entre las diferentes islas de la implantación fotovoltaica, discurren dos líneas eléctricas aéreas de 66 kV y de 20 kV las cuales discurren paralelas. A dichas líneas se les ha considerado una zona de servidumbre de vuelo y en ningún momento se verán afectadas por la implantación fotovoltaica.

Se ha considerado una zona de servidumbre a las líneas de alta tensión a cada lado del eje de las mismas en función del nivel de tensión. Se puede comprobar en planimetría que la implantación cumple con las servidumbres establecidas.

Tensión (kV)	Servidumbre (m)
66	20
20	15

Tabla 6. Tensiones y servidumbre líneas afectadas

En el diseño de la planta fotovoltaica se ha tenido en cuenta la canalización subterránea 20 kV de los parques eólicos Tahuna y Zorreras existente en la zona.

En el “Plano 6.5. Afecciones. Líneas eléctricas”, se puede encontrar la ubicación de las líneas eléctricas respecto de la planta fotovoltaica “Zorreras”.

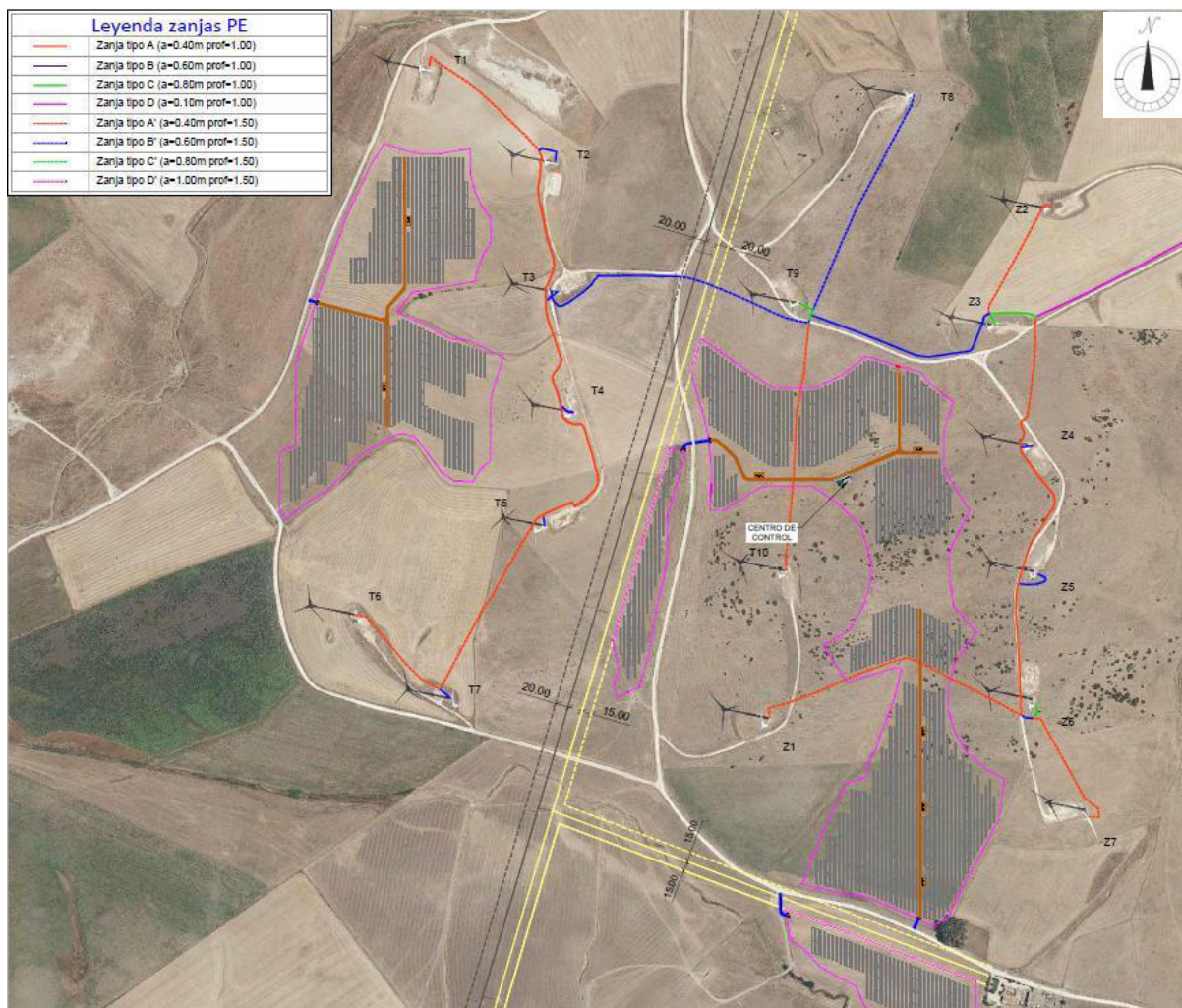


Imagen 14 Afección PSFV a líneas eléctricas

8.4.4. VIAS PECUARIAS

Debido a su ubicación, cercana a la planta fotovoltaica Zorreras se detectan las siguientes posibles afecciones sobre vías pecuarias pertenecientes a la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul.

Según los principales visores de referencia y documentos oficiales en los cuales se representa el trazado de las vías pecuarias de la zona, encontramos que, al este de la implantación fotovoltaica, discurre una vía pecuaria denominada “Colada del Almarchal al Moro”. Los visores y documentos consultados son los siguientes:

- Visor Rediam. Red de Información Ambiental de Andalucía.
- Visor MITECO. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Plan de Ordenación del Territorio del Área del Campo de Gibraltar.
- Plano de Adaptación Parcial a la LOUA del PGOU de Tarifa.

La planta fotovoltaica se encuentra alejada de los límites de anchura legal, como puede observarse en planimetría, ya que la anchura legal de esta vía pecuaria es de 34 m.

Por otro lado, tras realizar la correspondiente consulta con el organismo oficial de Vías Pecuarias de Cádiz, confirman que la vía pecuaria denominada “Colada del Almarchal al Moro” resultó deslindada en el año 1968 con un ancho legal de 15 m.

Dicho esto, el deslinde de esta vía pecuaria discurrirá por los caminos existentes que discurren entre las distintas islas de la planta fotovoltaica. En ningún caso, la vía pecuaria ni su ancho legal se verán afectados u ocupados por los equipos ni por el propio vallado de la planta fotovoltaica

En el “Plano 6.1. Afecciones. Vías pecuarias”, se puede encontrar la ubicación de la vía pecuaria, tanto en su trazado histórico como en el trazado deslindado, respecto de la planta fotovoltaica “Zorreras”.

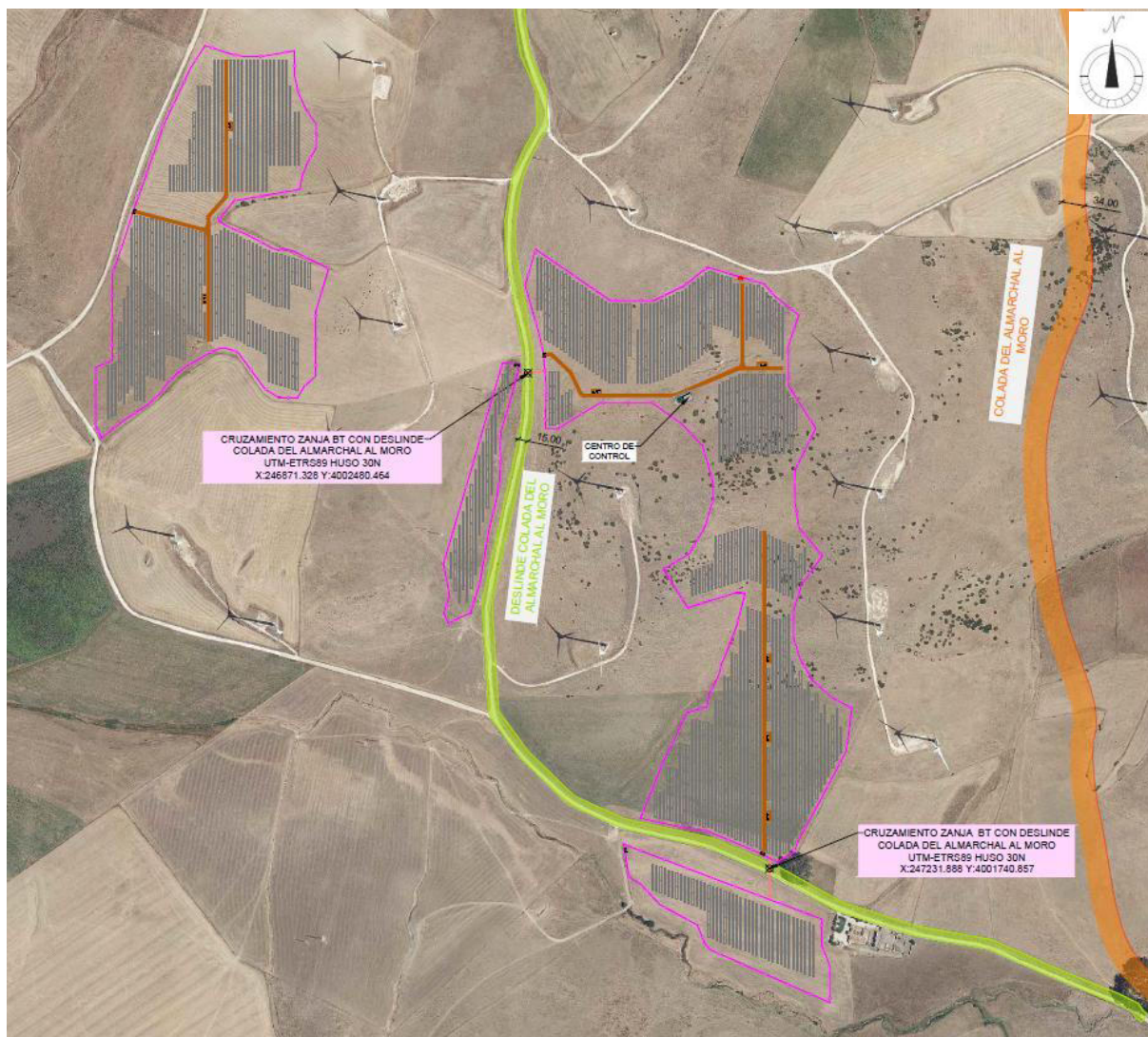


Imagen 15 Afección PSFV a vías pecuarias

Por otro lado, sí que será necesario realizar el cruzamiento de esta vía pecuaria (traza deslindada) con las zanjas de baja tensión que unen las diferentes islas de la planta fotovoltaica. Se indica a continuación la localización de estos cruces necesarios:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
Colada del Armachal al Moro	246.871,328	4.002.480,464
Traza deslindada	247.231,888	4.001.740,857

Tabla 7. Coordenadas cruzamiento con vía pecuaria

A lo largo del trazado de la línea subterránea de evacuación 20 kV será necesario el cruzamiento con dicha vía pecuaria. Se indica a continuación localización de estos cruces:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
Colada del Armachal al Moro Traza deslindada	246.851,820	4.002.747,248
Colada del Armachal al Moro	247.691,880	4.002.852,461

Tabla 8. Coordenadas cruzamiento con vía pecuaria

Para la correcta conexión de la línea subterránea de evacuación 20 kV en la sala de celdas 'Tahuna y Zorreras' de la SET Los Siglos 20/66 kV, será necesaria la ocupación de la vía pecuaria "Colada del Armachal", con una anchura legal de 50 m. Se indica a continuación localización de esta ocupación:

Ocupación	Coord. X	Coord. Y
Colada del Armachal	248.407,038	4.003.260,401
	248.449,689	4.003.239,602

Tabla 9. Coordenadas ocupación vía pecuaria

En el Plano 30. "Infraestructura de evacuación" se puede visualizar los cruces y la ocupación con las vías pecuarias.

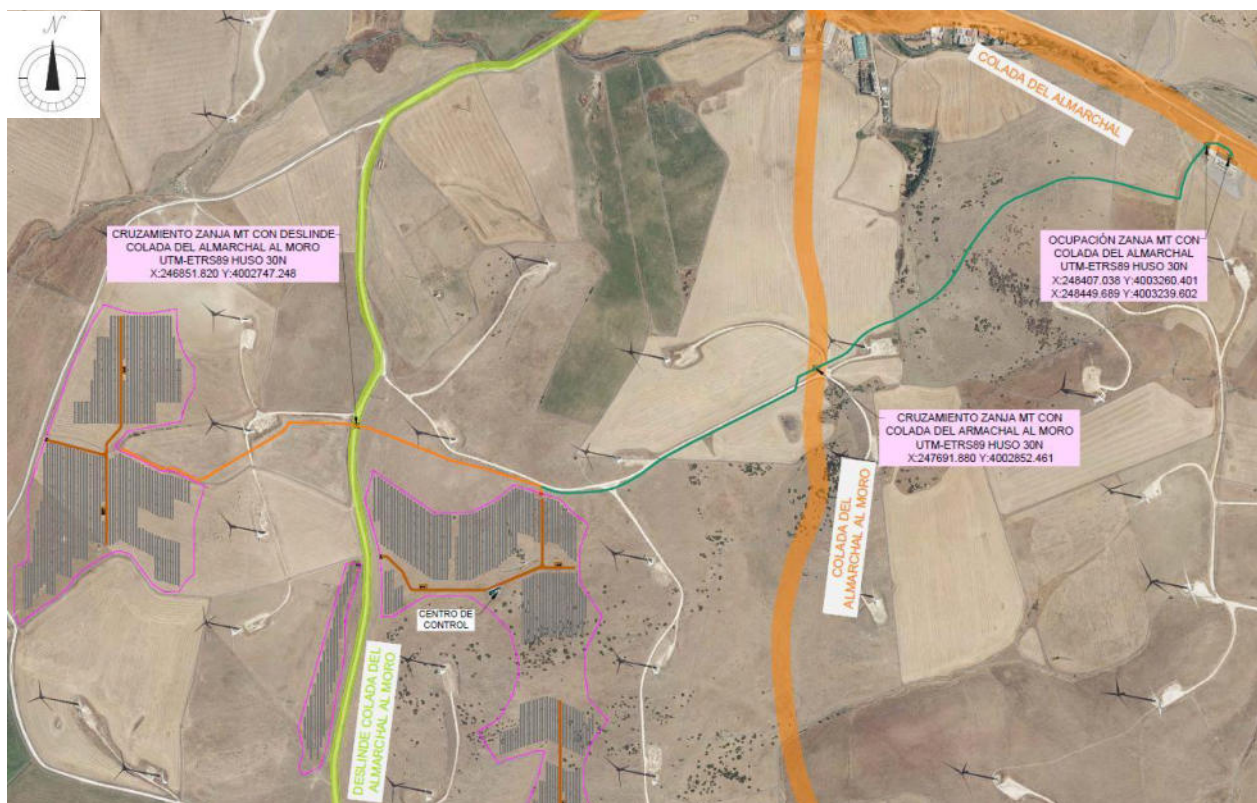


Imagen 16 Vista aérea de la afección de la línea de evacuación a vías pecuarias

8.4.5. AEROGENERADORES

En las inmediaciones de la planta fotovoltaica Zorreras se ubican varios generadores pertenecientes al PE Tahuna y PE Zorreras.

Se ha respetado un margen de seguridad mínimo igual a la altura máxima hasta la punta de la pala más 10 metros. La altura máxima hasta la punta de la pala de estos generadores tiene un valor de 120,5 m, por lo que el margen de seguridad alrededor de los aerogeneradores será de 130,5 m.

En el Plano 6.3. “Afecciones. Aerogeneradores” se puede visualizar la distancia respetada a los aerogeneradores.

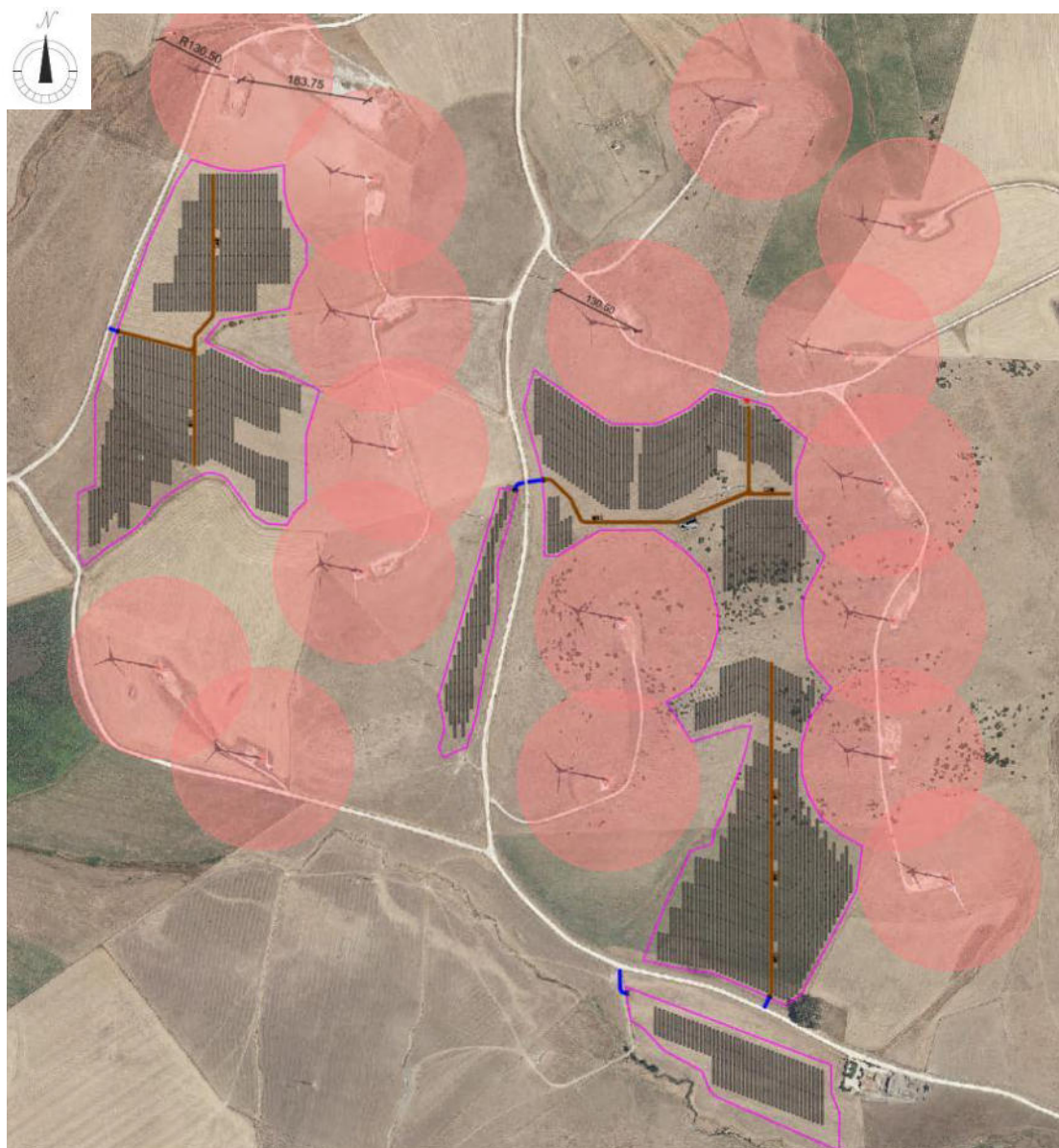


Imagen 17 Afección PSFV a Aerogeneradores.

8.4.6. CAMINOS

En algunos tramos donde se realizan cruces con circuitos de baja tensión, será necesario el cruzamiento con varios caminos. Se indica a continuación localización de estos cruces:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
1	246.871,328	4.002.480,464
2	247.231,888	4.001.740,857

Tabla 1. Coordenadas cruzamiento con caminos PSFV

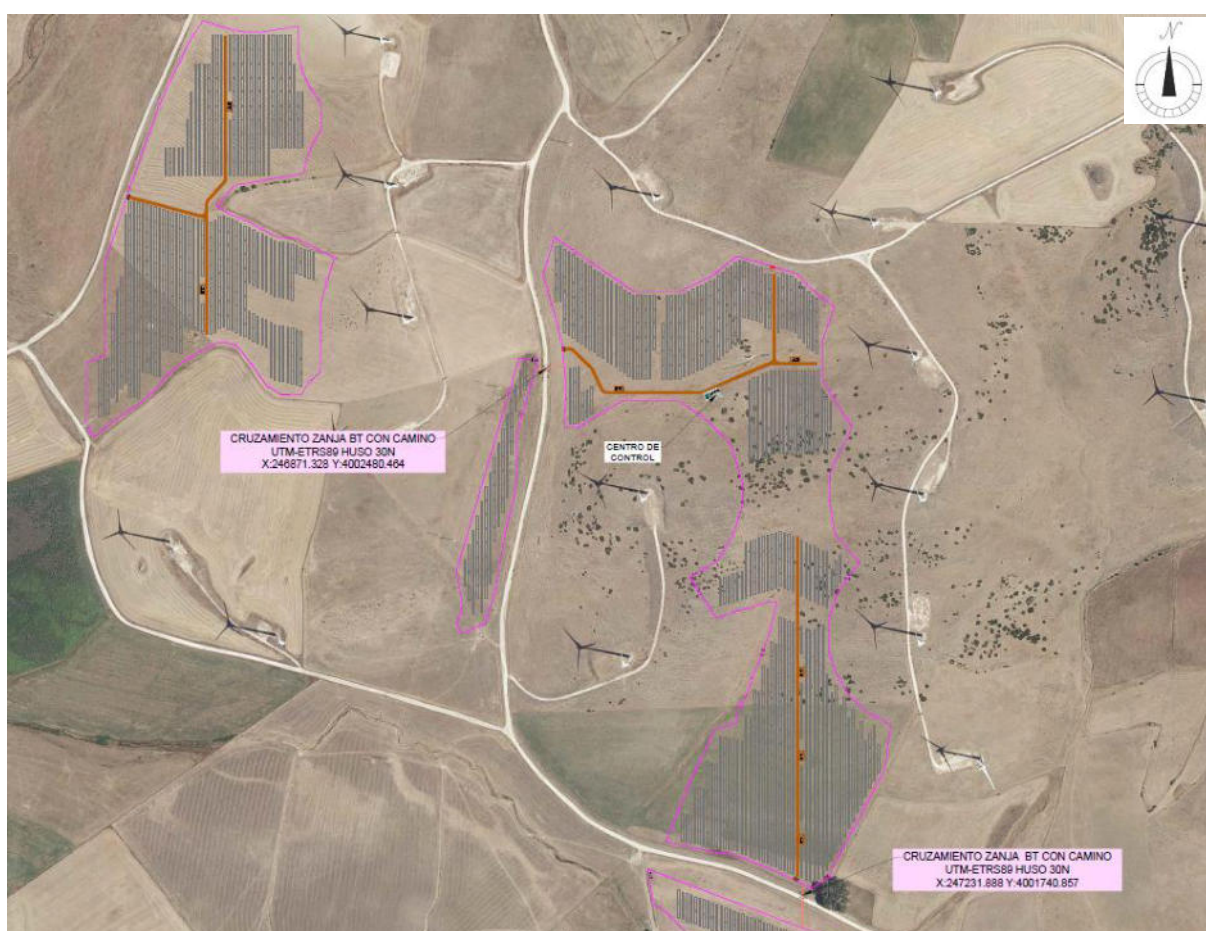


Imagen 18 Cruzamiento con caminos PSFV

A lo largo del trazado de la línea subterránea de evacuación 20 kV será necesario el cruzamiento varios caminos. Se indica a continuación localización de estos cruces:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
1	246.654,746	4.002.699,709
2	246.851,820	4.002.747,248
3	247.318,065	4.002.631,991
4	247.655,741	4.002.820,066
5	247.705,151	4.002.858,871

Tabla 2. Coordenadas cruzamiento con caminos línea evacuación

En el Planos 30 “Infraestructura de evacuación” se puede visualizar los cruces con caminos con la línea de evacuación.

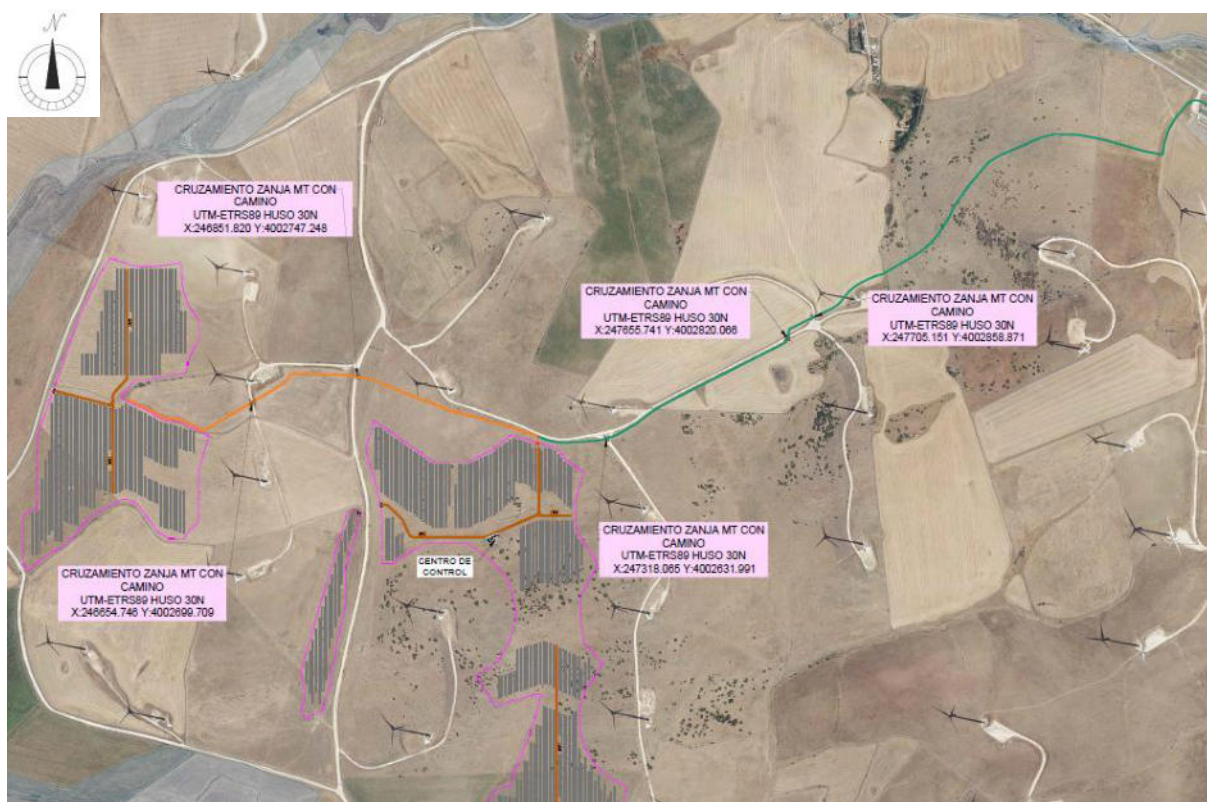


Imagen 19 Cruzamiento con caminos línea de evacuación

8.4.7. GASEODUCTO

Cercano a la implantación fotovoltaica, en dirección oeste, discurre un gaseoducto perteneciente a Enagás S.A. A dicho gaseoducto se le ha considerado una zona de servidumbre de 15 metros a cada lado del eje y en ningún momento se verá afectado por la implantación fotovoltaica.

En el “Plano 6.4 Afecciones. Gaseoducto”, se puede comprobar que la implantación cumple con la servidumbre establecida.

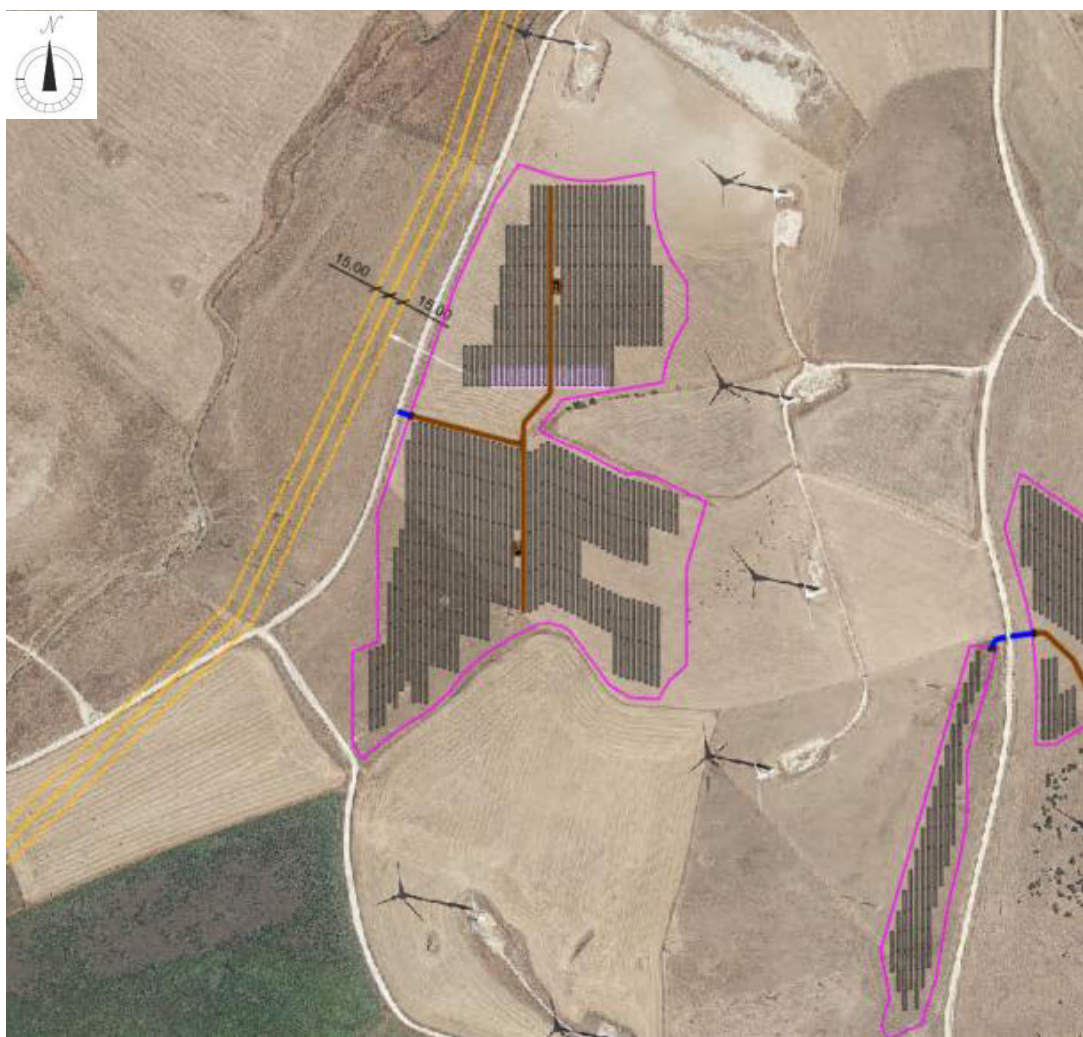


Imagen 20 Afección PSFV a gaseoducto

8.4.8. ZONA ARQUEOLÓGICA

Habiendo realizado una prospección arqueológica en la zona, se ha identificado un área donde se ubica un posible dolmen. Dicha zona no se verá afectada por la implantación fotovoltaica, respetándose una zona de seguridad de 30 metros sobre la envolvente de dicha área.

En el “Plano 6.6. Afecciones. Arqueología”, se puede comprobar que no existe afección con la zona arqueológica.

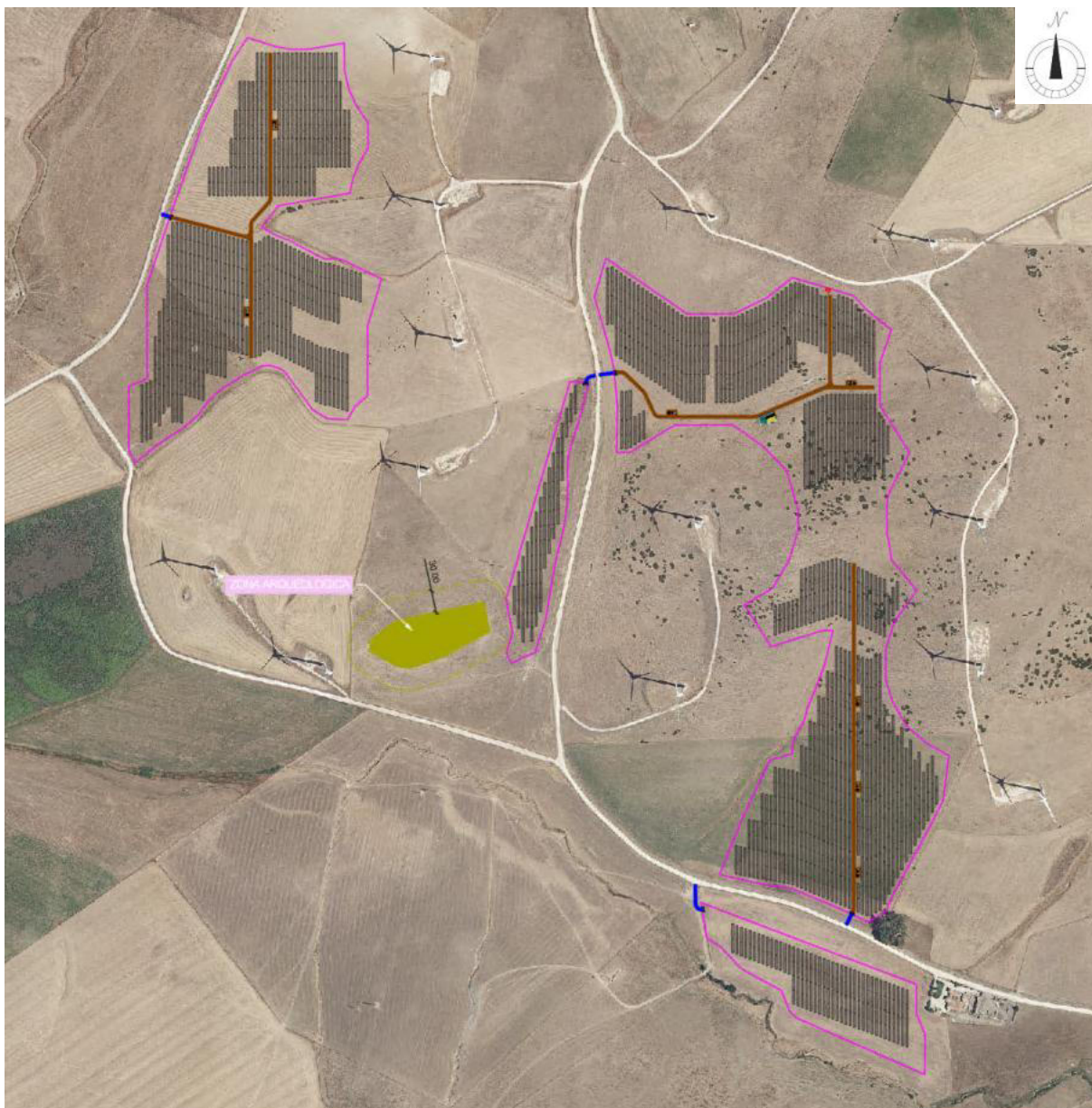


Imagen 21 Afección PSFV a zona arqueológica

8.5. ADECUACIÓN AL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

8.5.1. LEY DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA DE ANDALUCÍA

Con fecha de 23/12/2021 entra en vigor la Ley 7/2021, de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía, la cual deroga la Ley 7/2022 de Ordenación Urbanística de Andalucía.

CAPITULO I CLASIFICACION DEL SUELO

De acuerdo con las definiciones indicadas en el art. 14, la instalación estará integrada en suelo clasificado como rústico, tratándose en nuestro caso de suelo rústico común. No obstante, se trata de una parcela que cuenta con autorización de uso industrial.

ARTICULO 21– ACTUACIONES ORDINARIAS

Dentro del suelo rústico, se integran como usos ordinarios del suelo rústico los vinculados a las energías renovables, como es nuestro caso, por lo que se entiende que el uso propuesto de planta fotovoltaica es compatible con esta clase de suelo donde se integra.

TITULO III CAPITULO IV ARTICULO 113 – ACTIVIDADES Y USOS AUTORIZABLES EN SUELO NO URBANIZABLES DE PRESERVACIÓN

Según establece el art. 113, en suelo no urbanizable de preservación serán autorizables las actuaciones vinculadas a infraestructuras, como es nuestro caso, por lo que se entiende que el uso propuesto de planta fotovoltaica es compatible con esta clase de suelo donde se integra.

8.5.2. PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA DE TARIFA

La instalación de la nueva planta fotovoltaica supondrá la reconversión de parte de varias parcelas que se encuentran en desuso en una zona de producción de energías renovables, con el siguiente impacto positivo al medioambiente en términos de ahorro de emisiones de CO₂.

El ayuntamiento de Tarifa posee todas las competencias relativas a ordenación del territorio, normativa urbanística, autorización de las obras, etc. El presente proyecto de ejecución se ha redactado garantizando el cumplimiento del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) y las Normas Urbanísticas aprobadas el 29 de octubre de 1990 y su posterior adaptación parcial a las determinaciones de la ley 7/2002 de 22 de abril, de ordenación urbanística de Andalucía.

La instalación fotovoltaica irá ubicada en parcelas clasificadas como suelo no urbanizable de carácter natural o rural. Para este tipo de suelo se ha de cumplir:

NORMAS URBANÍSTICAS

TÍTULO V – NORMAS GENERALES

CAPÍTULO I – NORMAS GENERALES

Artículo 5.1.1. Delimitaciones y limitaciones

Constituyen el suelo no urbanizable todos los terrenos clasificados como tales y que aparecen señalados en los planos de clasificación del suelo, en este caso el terreno es Suelo No Urbanizable Común (SNUC).

CAPÍTULO III – NORMAS DE EDIFICACION EN SUELO NO URBANIZABLE COMÚN

Artículo 5.3.1. Condiciones de uso

Pueden construirse edificaciones e instalaciones de utilidad pública o interés social.

Artículo 5.3.2. Condiciones de edificación

Que se trate de edificaciones aisladas.

Deberá retranquearse un mínimo de 25 m. respecto a lindes de la finca donde se emplace cualquier nueva construcción.

Se fija una distancia mínima de 500 mts. A cualquier núcleo de población medida desde el emplazamiento previsto para la construcción que se solicita

Según lo dispuesto anteriormente, y dado que la actuación de instalación de planta fotovoltaica está considerada como actuación de interés público o social por normativa de aplicación, consideramos que la actuación es compatible con el tipo de suelo donde se pretende implantar.

Además, en el diseño de la planta se han tenido en consideración las condiciones de edificación vinculadas al suelo no urbanizable.

9. INFORME AMBIENTAL

Atendiendo a lo indicado en la Ley 7/2007 de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, modificada según artículo 7 de la Ley 5/2014, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en las actuaciones relacionadas con instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de la energía solar, se tienen las siguientes Categorías de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental:

Categoría	Actuación	Solicitud	Requerimiento
2.6 Bis	Instalaciones para producción de energía eléctrica a partir de la energía solar, destinada a su venta a la red, no incluidas en el apartado anterior ni instaladas sobre cubiertas o tejados de edificios o en suelos urbanos y que, ocupen una superficie mayor de 10 ha.	AAU	Requiere

Tabla 3. Categorías de actuaciones Ley 7/2007

De acuerdo con lo indicado en la tabla anterior, el proyecto deberá someterse a Autorización Ambiental Unificada, debido a que la instalación fotovoltaica ocupa más de 10 ha.

10. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

10.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación fotovoltaica Zorreras consta de una potencia pico de 19,36 MWp y una potencia instalada en inversores de 17,61 MWn. La potencia de generación de la instalación fotovoltaica se consigue con la instalación de 26.883 módulos conectados en series de 29 módulos.

La corriente continua generada por los módulos a 1.500 V se transforma en corriente alterna en los inversores localizados en las Power Stations, donde esta se elevará desde 615 V hasta 20 kV mediante los transformadores de potencia. La energía se evacúa hacia el centro de seccionamiento 'Zorreras', ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica "Zorreras", desde el cuál se conecta a la SET Los Siglos 20/66 kV mediante circuitos enterrados de 20 kV.

Para la instalación de los módulos fotovoltaicos se ha previsto una combinación de estructuras tracker de tipo metálico de acero galvanizado hincada directamente al terreno. La configuración de las estructuras es 1P29, es decir, apta para la instalación de 1 módulo en vertical y 29 en horizontal. Se emplea un Pitch de 6,0 m.

10.1.1. EQUIPOS PRINCIPALES

10.1.1.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

Para el diseño de la instalación fotovoltaica se ha previsto la instalación de módulos monocristalino de 720 Wp bifacial del fabricante TW Solar o similar.

Los módulos fotovoltaicos seleccionados están constituidos por 132 células de silicio monocristalino de alta eficiencia. Los conductores eléctricos son de cobre plano bañado en una aleación de estaño – plata que mejora la soldabilidad. Las soldaduras de las células y los conductores están realizadas por tramos para liberación de tensiones.

El laminado del módulo está compuesto por vidrio de alta transmisividad templado de 2 mm en la parte frontal, dotado con tratamiento superficial antirreflexivo; encapsulante termoestable de Acetato de etilvinilacetato (EVA) transparente embebiendo a las células y un aislante eléctrico en la parte trasera formado por un compuesto de tedlar y poliéster.

El conexionado eléctrico se realiza mediante una caja de conexiones con conectores rápidos anti-error Amphenol, UTX o similar. Todos los contactos eléctricos se realizan por presión, evitando la aparición de soldaduras frías.

Su construcción, con marcos laterales de aluminio anodizado, de conformidad con estrictas normas de calidad, permite a estos módulos soportar las inclemencias climáticas más duras.

El módulo propuesto cumple con la norma IEC 61215:2016 y los requisitos de Seguridad Eléctrica Clase II de acuerdo con la IEC 61730.

En la siguiente tabla, se resumen las principales características del módulo seleccionado.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	Valor	Unidad
Potencia nominal (STC)	720	Wp
Tolerancia	0~+3%	W
Intensidad cortocircuito (STC)	18,55	A
Tensión circuito abierto (STC)	49,28	V
Intensidad punto máxima potencia (STC)	17,55	A
Tensión punto máxima potencia (STC)	41,03	V
PARÁMETROS TÉRMICOS	Valor	Unidad
TONC	45	°C
Coeficiente de T de corriente de cortocircuito	0,05	%/°C
Coeficiente de T de tensión circuito abierto	-0,24	% /°C
Coeficiente de T de la potencia	-0,28	% /°C
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Valor	Unidad
Longitud del módulo	2384	mm
Anchura del modulo	1303	mm
Profundidad del módulo	33	mm
Peso	37,90	kg

Tabla 4. Datos principales del módulo

Estas características están referidas a condiciones estándar de operación (según norma EN 61215), esto es, 1.000 W/m² de irradiancia, temperatura de la célula de 25°C y una masa de aire de 1,5.

En el Documento Nº 2 Cálculos Eléctricos – Anexo II Cálculos Eléctricos BT se adjuntan los cálculos eléctricos que justifican el uso de este tipo de módulo fotovoltaicos

10.1.1.2. BLOQUES DE POTENCIA

Los inversores son los equipos encargados de transformar la corriente continua generada por cada panel fotovoltaico en corriente alterna sincronizada con la de la red a la que se conecta el sistema.

El funcionamiento de los inversores es totalmente automático. A partir de un valor de potencia de entrada suficiente, la electrónica de potencia implementada en el inversor supervisa la tensión y la frecuencia de red y a partir de ahí comienza el proceso de acondicionamiento de potencia.

Los inversores trabajan de forma que toman la máxima potencia posible (seguimiento del punto de máxima potencia) de los módulos solares. Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor deja de funcionar. Puesto que la energía que consumen en operación los dispositivos electrónicos del equipo procede de la propia producción del generador fotovoltaico, por la noche el inversor no consumirá energía.

El fabricante de los inversores garantiza la fabricación de estos bajo todas las normativas de seguridad aplicables.

El inversor se desconectará en las siguientes circunstancias:

- **Fallo de red eléctrica:** en caso de interrupción en el suministro de la red eléctrica, el inversor se encuentra en vacío y por tanto se desconectará, no funcionando en ningún caso en isla, y volviéndose a conectar cuando se haya restablecido la tensión en la red.
- **Tensión fuera de rango:** si la tensión está por encima o por debajo de la tensión de funcionamiento del inversor, este se desconectará automáticamente, esperando a tener condiciones más favorables de funcionamiento.
- **Frecuencia fuera de rango:** en el caso de que la frecuencia de red esté fuera del rango admisible, el inversor se parará de forma inmediata, ya que esto quiere decir que la red está funcionando en modo de isla o que es inestable.
- **Temperatura elevada:** el inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección y ventilación forzada. En el caso de que la temperatura interior del equipo aumente, el equipo está diseñado para dar menos potencia a fin de no sobrepasar la temperatura límite, si bien, llegado el caso, se desconectará automáticamente.

Los inversores seleccionados no están provistos de transformadores de aislamiento galvánico en su interior, ya que los transformadores estarán dispuestos inmediatamente después del inversor, garantizando de esta manera el aislamiento galvánico entre red y campo fotovoltaico.

Con relación a la circular 3/2020 de la CNMC, que determina una penalización por exceso de inyección de energía capacitiva a la red, conocido comúnmente como sobrecompensación, este convertidor puede funcionar como STATCOM. En dicho modo solo necesita un pequeño equipo adicional que regula la tensión DC del lado de continua del convertidor cuando no hay tensión en las placas fotovoltaicas (por la noche o cuando no hay sol), lo que permite regular por tanto la inyección de reactiva.

Las características técnicas que deberán cumplir los inversores seleccionados son las que se muestran a continuación:

Modelo	Power Electronics FS2935K	Power Electronics FS1955K	Unidad
Características eléctricas	Valor	Valor	
Potencia nominal de inversor (40°C)	2935	1955	kW
Intensidad máxima de entrada	3443	2295	A
Rango de tensión MPP	870-1500	870-1500	Vdc
Máxima tensión de entrada	1.500	1.500	V
Tensión de salida	615	615	V
Rango de temperatura de trabajo	-25 °C ~ 60 °C	-25 °C ~ 60 °C	°C
Frecuencia de trabajo	50	50	Hz
Máxima distorsión armónica (THD)	<3% por IEEE519	<3% por IEEE519	%
Rendimiento europeo	98,41	98,38	%
Sistema de refrigeración	Aire Forzado	Aire Forzado	
Dimensiones	3000x2000x2200 mm	3000x2000x2200 mm	mm
Grado de protección	IP 55	IP 55	

Tabla 5. Características del inversor

Los inversores se ubicarán dentro de un contenedor totalmente cerrado el cual se sitúa en una plataforma o cimentación preparada para el paso del cableado soterrado. En cada contenedor o Power Station habrá un inversor y un transformador que tendrá una potencia máxima de 2935 kVA o de 1955 kVA.

La instalación estará compuesta por un total de 4 inversores FS2935K y 3 inversores FS1955K del fabricante Power Electronics. Los modelos elegidos cuentan con una potencia de 2935 kVA y 1955 kVA respectivamente, lo cual proporcionaría una potencia total de 17,61 MVA.

A continuación, se muestra una imagen tipo de la Power Station:



Imagen 22 Power Station Simple

Los inversores instalados son de exterior y la ventilación es forzada.

La apartamentada de Media tensión se instalará en las mismas plataformas donde se instalarán los inversores, y estará compuesta por el transformador que habrá a la salida de los inversores y las celdas de Media Tensión.

Habrà un total de 7 Power Stations, donde se instalarán 7 transformadores de tensión M.T./BT para adaptar la tensión de salida de los inversores a la tensión nominal de la red de la instalación, según la potencia total de inversores y con relaciones de transformación 0,615/20 kV:

- 4 Power Stations simples con 1 transformador de 2935 kVA de potencia cada una.
- 3 Power Stations simples con 1 transformador de 1955 kVA de potencia cada una.

Características eléctricas del transformador	Valor
Potencia nominal	2,935 / 1,955 MVA
Tensión primaria	20 kV
Tensión secundaria	0,615 kV
Frecuencia	50 Hz

Tabla 6. Características principales transformadores M.T

El transformador estará diseñado de forma que sea capaz de soportar sin daño, en cualquiera de las tomas, las solicitudes mecánicas y térmicas producidas por un cortocircuito externo. Para la determinación de los esfuerzos mecánicos en condiciones de cortocircuito, el valor de cresta de la intensidad de cortocircuito inicial se calculará de acuerdo a lo indicado en la norma IEC 60076-5.

Las conexiones se realizarán mediante tornillos. Además, el transformador dispondrá de bornas de puesta a tierra adecuadas para conectar un cable de cobre de 50 mm² de sección o sección similar.

En las mismas plataformas que alberguen los transformadores se instalarán las correspondientes celdas M.T, compuestas por un conjunto de 3 celdas 2L1A con envolvente metálica de acuerdo a la IEC 62271-200, conteniendo toda la apartamentada de corte y protección en atmósfera de SF6. Estas celdas incluirán una posición de protección de transformador equipada con interruptor automático

Las celdas M.T. incluirán una posición de línea con interruptor-seccionador de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra). Las celdas dispondrán de pasatapas para conectores enchufables y un captador capacitivo de tensión (con indicador luminoso) en todas las posiciones con el fin de verificar la presencia de tensión y la secuencia de fases.

Los cubículos de cables dispondrán de abrazaderas para la sujeción de los mismos, evitando que los conectores soporten ningún peso.

La celda tendrá una intensidad nominal de 630 A y soportará una intensidad eficaz de corta duración (1 s) de 25 kA, con una tensión nominal asignada de 24 kV.

Características eléctricas Celda	Valor
Tensión de aislamiento asignada	24 kV
Tensión de servicio nominal	20 kV
Frecuencia	50 Hz
Aislamiento	SF6
Intensidad nominal	630 A
Intensidad eficaz de corta duración (1 s)	25 kA

Tabla 7. Características principales celdas M.T.

Se adjunta en el Documento Nº 1 Memoria – Anexo I Fichas técnicas de equipos, la ficha del inversor con las características principales del equipo.

10.1.1.3. ESTRUCTURA

Una vez elegido el módulo fotovoltaico que cumple los requerimientos solicitados se procede al diseño de la estructura que soporta cada placa. La estructura tiene un sistema de seguimiento horizontal a un eje con filas individuales y un rango de rotación de 55°. El fabricante escogido para la fabricación de las estructuras es del tipo NEXTRACKER, NX Horizon 1P29.

Características del seguidor:

- Dimensiones 1P29:
 - Largo: 38,90 m aprox.
 - Ancho: 2,384 m
 - Altura: 2,472 m aprox.
 - Inclinación: 55°
- Análisis estructural:
 - Eurocódigo como Standard. Adaptable a regulación local: EC, ASCE, CFE, NCH, AS, NZS, SANS.
- Especificaciones mecánicas:
 - Velocidad máxima: Según normativa local
 - Materiales: Acero galvanizado
 - Tornillería: Acero de calidad 10.9 y 8.8 con Zinc níquel o Geomet Grado B (ISO 9227)
 - Fijación a módulos: unión atornillada, remache o grapas.
 - La cimentación se realizará mediante hinca directa en el terreno

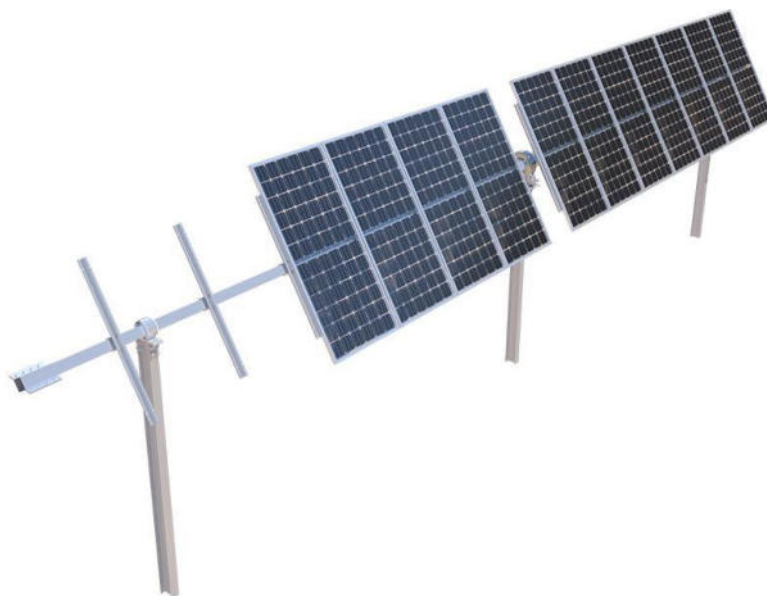


Imagen 23 Estructura soporte tipo seguidor

La distribución de estructuras se detalla en la siguiente tabla:

Tipo de Estructura	Total Estructuras
1P29	927

Tabla 8. Tipologías de estructura

Las principales características se detallan en el plano nº 26 “Detalle de estructura seguidor”.

10.1.2. CONFIGURACIÓN A LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Los principales parámetros que definen la instalación fotovoltaica tanto a nivel eléctrico como mecánico se definen en la siguiente tabla:

Parámetro	Total
Nº módulos por string	29
Estructura	1P29
Pitch (m)	6,0
Potencia de módulo (Wp)	720
Potencia inversor (kVA 40°C)	2935 y 1955
Ratio (kWp/kWac)	1,10
Nº inversores por CT	1
Potencia nominal CTs (kWac 40°C)	2,935 / 1,955
Nº total de CTs	7
Nº total de módulos	26.883
Nº total de inversores	4 (2935 kVA) y 3 (1955 kVA)
Nº total strings	927
Nº total estructuras	927
Potencia pico de la instalación fotovoltaica (MWp)	19,36
Potencia nominal de la instalación fotovoltaica (MWn)	17,61
Energía anual 1º año (MWh/año)	42364
*PR(%)	90,87
Horas equivalentes (kWh/kWp)	2.189

Tabla 9. Configuración a la instalación fotovoltaica

10.1.3. ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.

Los equipos cumplen con la normativa referente a armónicos y compatibilidad electromagnética cumpliendo con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (art. 16).

10.1.4. HUECOS DE TENSIÓN

Los inversores elegidos han sido diseñados para cumplir los requerimientos de los Códigos de Red más exigentes del mundo, contribuyendo a la calidad y estabilidad del sistema eléctrico. Estos inversores soportan huecos de tensión, controlan la potencia activa inyectada en red y pueden regular la inyección de potencia reactiva (modo STATCOM).

10.1.5. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El módulo fotovoltaico y el módulo eólico, que conforman la instalación híbrida, contarán con la medida fiscal en la SET Los Siglos 20/66 kV, disponiendo en media tensión un punto de medida principal en el punto de conexión y en cada módulo de generación.

10.1.6. CABLEADO SOLAR DE BAJA TENSIÓN

10.1.6.1. CORRIENTE CONTINUA (DC)

Se conectarán 29 módulos en serie, los cuales formarán un string o cadena. Estos módulos se conectarán entre sí uniendo polo positivo de uno de los módulos con el polo negativo del siguiente módulo. Partirá un cable de un polo desde el primer módulo y otro cable del polo opuesto desde el último módulo.

Se ha previsto un tramo de cableado desde los string hasta un cuadro de nivel I, este tramo de cableado ira fijado a la estructura mediante bridas o a un cable fijador.

El tramo que une cada cuadro de nivel I con su correspondiente inversor se realizará directamente enterrado.

Los cables deben ser 0,6/1 kV ($U_0 = 1,8$ kV) conductor de cobre de un solo núcleo, flexible, no propagación de llama y libre de halógenos, resistente a la absorción de agua, rayos ultravioleta, agentes químicos, grasas y aceites, la abrasión y los impactos. Además, los cables de CC se deben fabricar como cable flexible de Clase 5 de 6 a 16 mm² con protección solar UV especial (H1Z2Z2-K). Los cables de corriente continua (DC) entre los paneles y las cajas de strings han sido diseñados con una caída de voltaje media máxima de 0,7% en las condiciones de STC.

Además, los cables de CC propuestos cumplen los criterios de máxima intensidad indicados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Los componentes eléctricos de BT deberán ser capaces de soportar la tensión máxima de funcionamiento del inversor solar y del equipo de CC (1500 Vcc).

10.1.7. CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

Los circuitos de Media Tensión de la instalación fotovoltaica estarán compuestos por conductores de Aluminio, trenzado, triple extrusión de alta rigidez dieléctrica y 24 kV de aislamiento. Los cables de MT serán instalados directamente enterrados, para operación a 90°C (RHZ1) y 250°C en cortocircuito. En los casos que lo requieran, estos se instalarán enterrados bajo tubo.

Los cables empleados serán Al RHZ1 12/20 kV, de tipo unipolar, conductor de aluminio clase 2, de secciones 240mm², 400mm² y 630 mm², aislamiento XLPE y cubierta exterior de polietileno color rojo.

Los cables de media tensión que unen las distintas Power Stations y el centro de seccionamiento 'Zorreras' se han calculado con una caída de tensión media máxima del 1%. Además, el cable propuesto cumple los criterios de máxima intensidad según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT).

La tensión de los circuitos de media tensión serán de 20 kV.

Finalmente, la energía generada por la implantación fotovoltaica se transportará desde el centro de seccionamiento 'Zorreras' hacia la SET Los Siglos 20/66 kV en 1 circuito, el cual se calculará en los siguientes apartados.

En el Documento “Nº 2. Cálculos Eléctricos – Anexo II. Cálculos eléctricos MT” se hace referencia a los cálculos y resultados de los tramos mencionados.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los datos de los circuitos:

	INICIO	FIN	P TOTAL (W)	COS ϕ	V (V)	L1 (m)	L2 (m)	SOBREDIM	L TOTAL (m)	I (A)	TIPO	Tº COND	TIPO CABLE	R (g/km)	X (g/km)	ANGULO SEN ϕ	COND. (m²/g mm²)	VENAS	CALIBRE (mm²)	DISTRIBUCIÓN	Nº CIRCUITOS	ESPACIO ENTRE CIRCUITOS	PROP ENTERR CONDUCTOR	IMAX ADM UNIT (A)	COEF. AGROD.	COEF PRODU	COEF RESIST FER	COEF IN FER	I CALC	CUMPLE	ΔV (V)	ΔP (W)	ΔP (W)	ΔV (%)	ΔV (%)		
C	P501	P502	2.935.000,00	0,9	20000	266,54	5	13,58	285,12	94	12/20 KV XLPE	34,29	Al	0,12	0,110	0,45	33,75	1	240	tréfil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	7,4	0,04%	935,95	0,03%	0,04%	
	P502	CS	5.870.000,00	0,9	20000	984,47	5	49,47	1038,94	188	12/20 KV XLPE	62,18	Al	0,14	0,110	0,45	30,48	1	240	tréfil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	58,0	0,29%	15105,19	0,26%	0,29%	
	P507	P506	2.935.000,00	0,9	20000	118,52	5	6,18	129,70	94	12/20 KV XLPE	34,30	Al	0,12	0,110	0,45	33,75	1	240	tréfil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	3,4	0,02%	425,78	0,01%	0,02%	
	P506	P505	4.890.000,00	0,9	20000	118,60	5	6,18	129,78	157	12/20 KV XLPE	50,80	Al	0,13	0,110	0,45	31,73	1	240	tréfil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	5,9	0,03%	1257,76	0,03%	0,03%	
C	P505	P503	6.845.000,00	0,9	20000	553,92	5	27,95	586,87	220	12/20 KV XLPE	55,39	Al	0,08	0,102	0,45	31,21	1	400	tréfil	2	200 mm	1	445	0,82	1	0,88	1	0,72	321,11	SI	26,0	0,13%	6797,58	0,10%	0,13%	
	P503	P504	9.780.000,00	0,9	20000	245,25	5	12,51	262,76	314	12/20 KV XLPE	62,16	Al	0,05	0,093	0,45	30,48	1	630	tréfil	2	200 mm	1	575	0,82	1	0,88	1	0,72	414,92	SI	12,5	0,06%	4039,80	0,04%	0,06%	
	P504	CS	11.735.000,00	0,9	20000	555,05	5	8,00	168,05	376	12/20 KV XLPE	78,49	Al	0,06	0,093	0,45	28,84	1	630	tréfil	2	200 mm	1	575	0,82	1	0,88	1	0,72	414,92	SI	9,9	0,05%	9931,04	0,03%	0,05%	
																																	ΔP media (W)		3.493,09		0,02%

Tabla 10. Resumen de cálculos circuitos

10.1.8. STRING BOX

Las cajas string box son las encargadas de conectar en paralelo los string. Estos string van a ser protegidos con fusibles.

La corriente generada por cada uno de los paneles tiene un valor de corriente de cortocircuito muy cercana a la corriente del punto máximo de potencia, es decir, en caso de que un string aislado se cortocircuitara no existiría riesgo de generación de corrientes peligrosas.

Sin embargo, cuando conectamos los strings en paralelo si existe un riesgo de generarse un cortocircuito con corriente elevada. Esto podría ocurrir en caso de que un panel dentro de un string se averiara y se generara una corriente inversa superior a la que soporta. En este caso actuaría el fusible como sistema de protección.

La corriente máxima de cortocircuito que pueden dar los paneles es de 18,55 A. Para seleccionar el fusible se multiplica la corriente por un factor de 1,25, obteniéndose una corriente de 23,19 A. Se eligen, por tanto, fusibles de 30 A, los cuales en ningún caso limitarán la corriente de trabajo de los strings y protegen al cable.

Las cajas string poseen protección contra sobretensión tipo 2. Además, las cajas de conexión deberán incluir los instrumentos de monitorización necesarios para realizar mediciones de voltaje e intensidad.

Las cajas de conexión en paralelo elegidas serán de la marca Fimer y modelo SBC (FUSIBLES EN 2 POLOS, MONIT. X1, RS485), o similar, de las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	VALOR
Tensión máxima de entrada	1500 V
Corriente de entrada	Hasta 25 A
Número de entradas	Hasta 16
Tensión de salida	1500 V
Corriente de salida	Hasta 400 A
Protección contra sobretensiones	Tipo 2/40 KA
ESPECIFICACIONES GENERALES	VALOR
Dimensiones	670 x 325 x 862 mm
Máxima altitud de operación	2000 m
Humedad relativa	0 a 95 %

Tabla 11. Características Eléctrica y especificaciones cajas de string



Imagen 24 Cajas de string

10.1.9. MONITORIZACIÓN STRING

Las cajas de nivel I dispondrán de un sistema de monitorización de cada string mediante un medidor de corriente o intensidad de string 1500 V. El sistema de monitorización se autoabastece mediante una fuente de 1500Vcc/24Vcc de los propios strings de la caja que monitoriza.

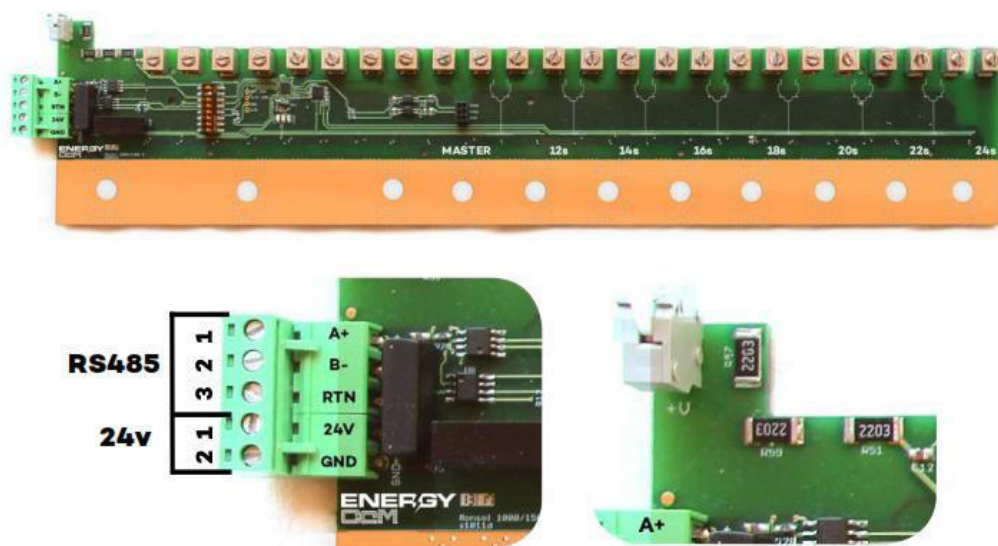


Imagen 25 Monitorización de string

La monitorización se realiza gracias a un dispositivo de medida diseñado para monitorizar la corriente que fluye desde las cajas de nivel I procedente de los correspondientes strings cuyas principales características se detallan a continuación:

- Adaptable desde 10 hasta 24 canales por dispositivo.
- Hasta 30 A por canal, 20 A corriente de trabajo recomendada.
- Error de precisión de $\leq \pm 1\%$ (FS) (14bits).
- Compatible para series de 1000V y 1500V.
- Hasta 60 lecturas por minuto.
- 2 entradas digitales aisladas tipo contacto abierto/cerrado.
- Medida de temperatura en placa.
- Puerto RS485.
- Protocolo estándar Modbus RTU.
- 3kV aislamiento.
- Protección contra sobretensiones.
- Protección tensiones transitorias.
- Direccionamiento Modbus mediante microswitch.
- Rango de temperatura industrial $-40^{\circ}\text{C}+80^{\circ}\text{C}$.
- Leds para indicación de alimentación y comunicación.
- Alimentación 24Vdc $\pm 10\%$ con 3kV aislamiento.
- Protección contra sobretensiones.
- Protección tensiones transitorias.
- Protección contra inversión de polaridad.
- Grosor de PCB de 2mm adecuados para la manipulación industrial.
- Embarrado de corriente de hasta 400A sin conductor externo (pletina de cobre).
- Terminación en baño de oro químico para una máxima conductividad.
- Tropicalizado.



Imagen 26 *Detalle sistema monitorización*

10.1.10. CANALIZACIONES

Las canalizaciones subterráneas tanto de baja tensión como de media tensión discurrirán paralelas a los caminos cuando discurran junto a ellos, o bien, por los espacios entre estructuras, de manera que en todo momento las canalizaciones queden accesibles. Los cables se alojarán directamente enterrados en las zanjas, a una profundidad mínima, medida hasta la parte inferior de los cables, de 0,60 metros.

Los criterios empleados para el diseño de las canalizaciones ha sido el siguiente:

- Circuitos de strings: al aire bajo módulos fotovoltaicos.
- Circuitos desde strings a string box al aire por el perfil longitudinal de la estructura.
- Circuitos desde string box hasta inversor, en terreno natural directamente enterrado.
- Red de tierras: en terreno natural directamente enterrado.
- Red de media tensión 20 kV: en terreno natural directamente enterrado.
- Red de comunicaciones fibra óptica: entubados bajo tubo.

En la zanja de evacuación de la BT y MT se retirará antes de la excavación, la tierra vegetal de las parcelas agrícolas a las que afecte, almacenándola, de forma separada al resto de áridos, para su posterior reutilización en la restauración de la zanja.

Los cables se instalarán en cama de arena sobre la cual se colocarán los cables y se cubrirán también con arena para su protección. Sobre esta capa de arena se instalará una banda de protección con placas de material plástico, sobre la cual se procederá a realizar el relleno del resto de la excavación con material seleccionado de la propia excavación, quitando los escombros y piedras. Este relleno se compactará por tongadas y se incluirá una banda de señalización plástica de presencia de cables eléctricos conforme a los planos.

En el caso de los cruces con caminos o viales y demás elementos discurrirán bajo tubo y protegidos con hormigón HM-20, incluyendo los tubos de reserva en caso de ser necesarios.

10.1.11. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

10.1.11.1. PUESTA A TIERRA BAJA TENSIÓN

Su objeto, principalmente, es delimitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección de continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Se realizará una instalación de puesta a tierra constituida por un cable aislado de cobre de 16 mm² y cable de cobre desnudo enterrado de 35 y 50 mm² de sección. El cable desnudo, se enterrará a una profundidad no inferior a 0,5 m, para lo cual se aprovechará la red de zanjas diseñada para la conducción del cableado de BT o MT.

Todos los inversores y estructuras se conectarán equipotencialmente quedando una tierra equipotencial.

Para la conexión de los dispositivos al circuito de puesta a tierra, se dispondrá de bornas o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta, teniendo en cuenta los esfuerzos dinámicos y térmicos que se producen en caso de cortocircuito. Para garantizar un buen contacto eléctrico con el electrodo, las conexiones se efectuarán por medio de piezas de empalme adecuadas: terminales bimetálicos, grapas de conexión atornilladas, elementos de compresión o soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión.

10.1.11.2. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de media tensión en un principio debería ser independiente de otras tierras, pero se justifica la unión con otras tierras por la cantidad de material de cobre enterrado que hay y la baja resistencia de puesta a tierra teórica que se consigue, de tal forma que se obtiene una red equipotencial de tierras. No obstante, se describen a continuación los tipos de tierras.

TIERRA DE PROTECCIÓN

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el campo solar se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, estructuras, etc.

TIERRA DE SERVICIO

La tierra de servicio podría ser la tierra del neutro del transformador 0,615/20 kV, pero este neutro va a quedar sin conectarse.

10.1.12. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Los criterios de diseño del Sistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas tendrán en cuenta los siguientes códigos y normas que se indican a continuación, particularizando en la localización y en las condiciones particulares del proyecto.

- IEC 62305-1:2010 ed2.0: “Protection against lightning. Part 1: General principles”, Ed. 2.0 b 2010.
- IEC 62305-2:2010 ed2.0: “Protection against lightning. Part 2: Risk management”, Ed. 2.0 b 2010.
- IEC 62305-3:2010 ed2.0: “Protection against lightning. Part 3: Physical damage to structures and life hazard”, Ed. 2.0 b 2010.
- IEC 62305-4:2010 ed2.0: “Protection against lightning. Part 4: Electric and electronic system within structures”, Ed. 2.0 b 2010.

El desarrollo del estudio se realizará de acuerdo a la siguiente figura:

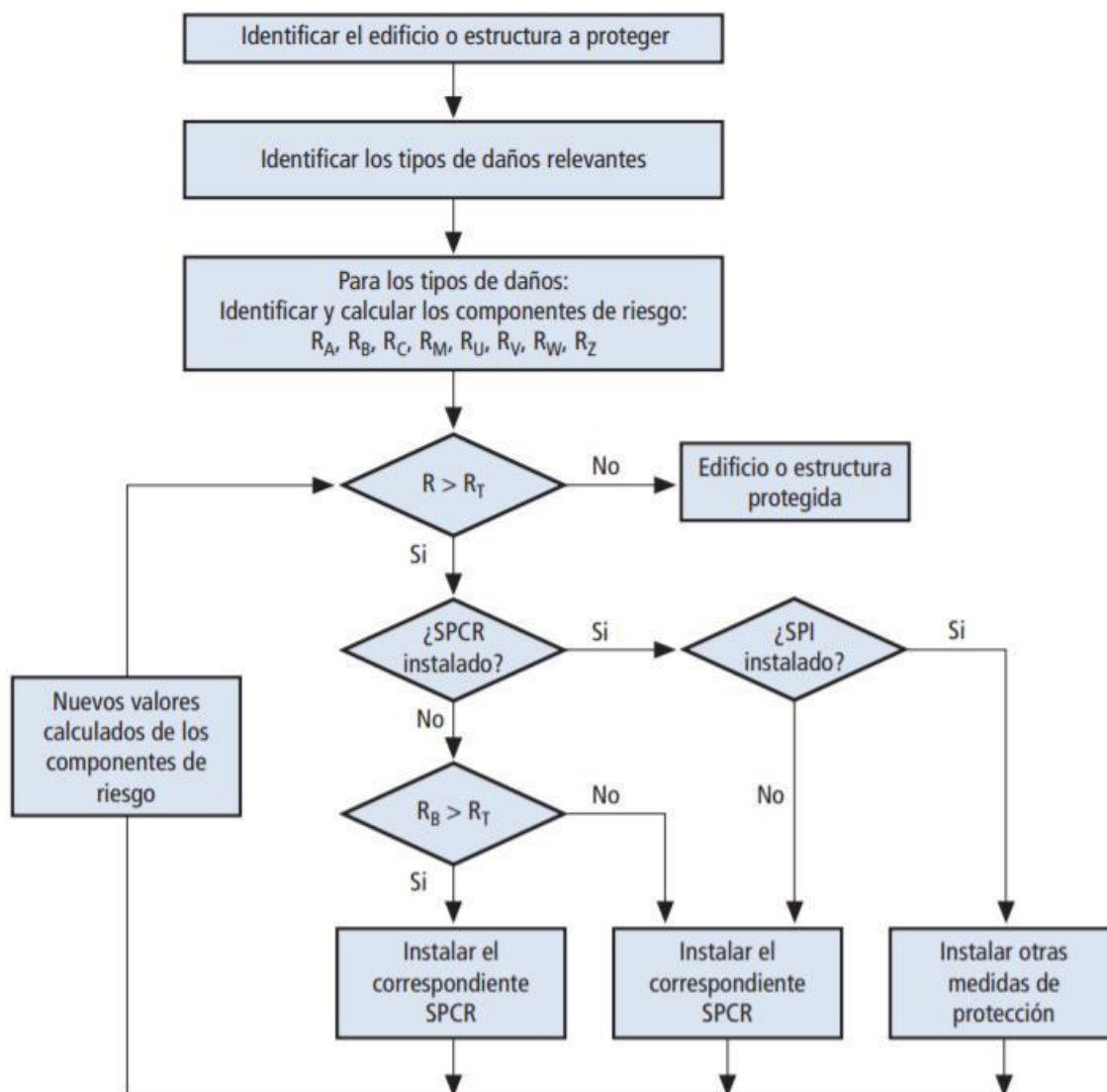


Imagen 27 Diagrama de flujo para la elección de medidas de protección para los tipos de pérdida L1, L2 y L3

10.1.12.1. FUENTES Y FRECUENCIA DE DAÑOS

En relación con las sobretensiones producidas por la caída de rayo la corriente del rayo se disipará por el sistema de malla de puesta a tierra. Se tendrá en cuenta la frecuencia de dichas caídas de rayos según la ubicación.

Los centros de transformación estarán equipados con descargadores de sobretensiones tipo 1 o 2.

10.1.12.2. TIPOS DE DAÑOS

Se considerarán todos los tipos de daño:

- D1: Riesgo de shock eléctrico para seres vivos en caso de impacto directo de rayo
- D2: Riesgo de daños físicos en caso de impacto directo de rayo
- D3: Riesgo de fallos y averías en sistemas eléctricos y electrónicos a causa de sobretensiones en caso de impacto directo de rayo

El tipo de daño D1 será bajo debido a que es una instalación cerrada que cuenta con un sistema de seguridad ante intrusión.

10.1.12.3. TIPOS DE PÉRDIDAS

Se considerarán los siguientes tipos de pérdidas:

L1: Pérdida de vidas humanas (lesiones o muerte de personas)

L2: Pérdida de bienes culturales irremplazables

L3: Pérdida de servicios y prestaciones para el público

Por lo tanto, la instalación fotovoltaica a priori no necesitará un sistema de protección contra descargas atmosféricas al cumplirse lo siguiente:

- La instalación fotovoltaica cuenta con una malla de puesta a tierra a la que se conectan todas las estructuras del mismo.
- Las demás partes metálicas a la instalación fotovoltaica no destinadas a conducir corriente (cajas, puertas, pantallas, etc) estarán también conectados a la malla de tierra para garantizar su equipotencialidad
- Todos los equipos de los centros de transformación se conectarán también al sistema de puesta a tierra para su equipotencialización
- La instalación fotovoltaica contará con descargadores de tensión tipo 1 o 2 en los CTs

El acero galvanizado de los CTs y de las estructuras fijas se consideran con componente de terminación de aire natural y parte del SPCDA de acuerdo con la tabla 3 de la IEC 62305-3

10.1.13. SISTEMA DE CONTROL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El objetivo del sistema es chequear los datos de producción de la instalación fotovoltaica y constituye la herramienta principal para el cumplimiento de las condiciones de operación y mantenimiento inherentes a un sistema fotovoltaico.

Se ha propuesto un sistema de monitorización tal y como se muestra en el siguiente diagrama.

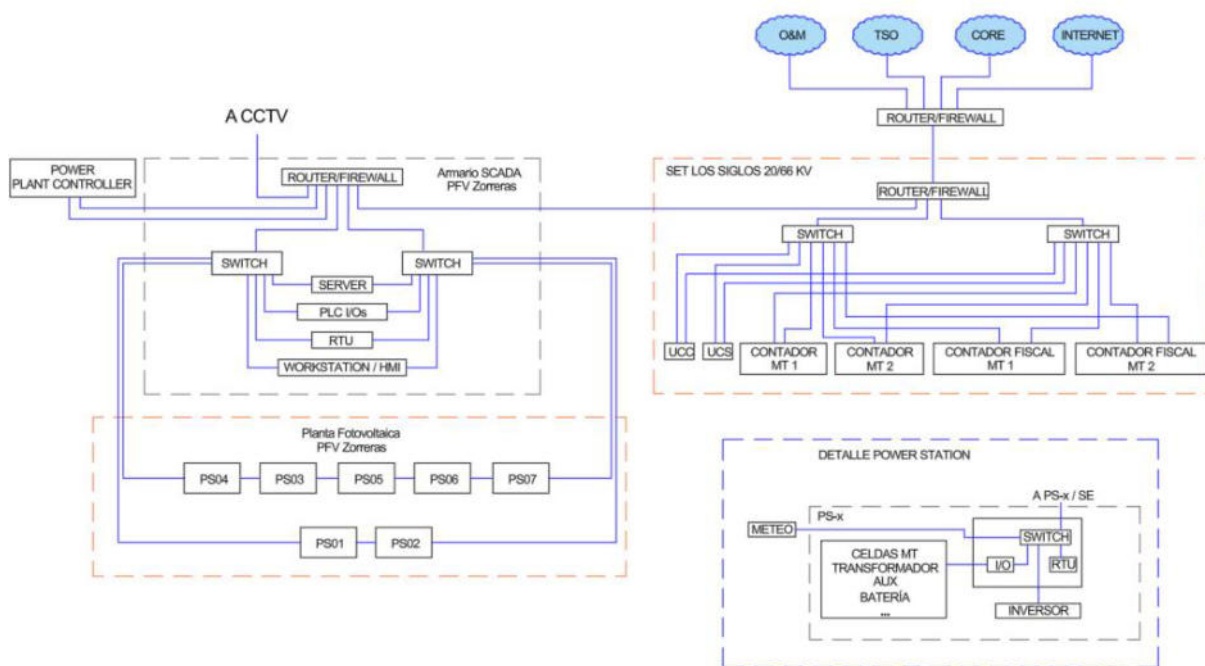


Imagen 28 Diagrama de bloques básico del sistema de monitorización

El primer nivel de adquisición de señales se realizará en las unidades RTU, instaladas en cada bloque de inversores con objeto de recoger las señales asociadas a cada subplanta.

Las funciones del RTU son:

- Comunicar con los inversores de la subplanta.
- Comunicar con las estaciones meteorológicas de la subplanta.
- Comunicar con la subestación:
- Comunicar con el regulador de potencia de planta.
- Comunicar con los contadores de facturación.
- Captar señales digitales de las protecciones de Servicios auxiliares, celdas de media tensión, estado de dispositivos.

La coordinación de todos los inversores que se ubican en cada planta se realiza de forma autónoma por unidad a la instalación fotovoltaica y se llevan a cabo mediante el controlador de potencia de la instalación fotovoltaica (Power Plant Controller – PPC).

Este sistema es el encargado de dar cumplimiento a la demanda del operador de red (código de red) y se comunica con cada inversor a través de un anillo de fibra óptica que conecta todos los dataloggers con el sistema. Estos dataloggers, a su vez, se comunican por PLC con cada inversor y se ubican en cada Power Station.

El anillo incluye además la comunicación del resto de sistemas adicionales a la instalación fotovoltaica, como sistema contra incendios por Power Station, relés de protección, medidores de energía, etc.

El sistema será el responsable de recoger toda la información de los sistemas a la instalación fotovoltaica, que serán:

- Sistema de inversores.
- Sistema de monitorización ambiental y estación meteorológica.
- Sistema de conversión BT/MT: Power Station.

El sistema incluirá los equipos necesarios para realizar las funcionalidades reflejadas por la normativa y legislación aplicable.

10.1.13.1. OPERATIVIDAD DE LAS INSTALACIONES

La presente descripción establece las siguientes asunciones que deberán:

Todos los equipos de Media Tensión serán gobernados por el sistema de control de la subestación eléctrica, quedando fuera del alcance del sistema PPC su control.

Se dispondrá de monitorización de los equipos de Media Tensión en el sistema SCADA del parque como información.

Un equipo de medida para el control del SCADA será instalado en la entrada de Media Tensión al embarrado y será comunicado con el SCADA mediante fibra óptica.

Se dispondrá de una conexión externa para el mantenimiento por los subcontratistas de los equipos principales y una conexión externa para la operación del parque.

Las secuencias de operación serán ligadas al estado de los interruptores de Media Tensión. Las secuencias programadas incluirán las condiciones normales de operación y las condiciones ante fallos.

Ante el fallo de la información intercambiada con la subestación para la aparamenta de Media Tensión, el sistema debe seguir siendo totalmente confiable y seguro en su operación.

10.1.13.2. FUNCIONES DE CONTROL EN TIEMPO REAL

El sistema de control de cada planta (PPC) estará equipado con funciones de control capaces de controlar la instalación fotovoltaica en el punto de conexión (POI) en todos y cada uno de los parámetros definidos en la presente especificación y en la normativa aplicable, evitando además el vertido a la red de mayor potencia a la concedida.

Algunas de las funciones serán excluyentes, teniendo que el operador seleccionar en qué modo de funcionamiento desea que la planta opere.

Los esquemas de control se organizarán con la siguiente prioridad (de la más alta a más baja):

- Protección de la red y de la planta.
- Emulación de inercia, si procede.
- Control de frecuencia (ajuste de potencia activa).
- Restricciones de potencia.
- Restricción de gradiente de potencia.

Estos controles se realizarán con las medidas tomadas en el POI y en los propios inversores, siendo el PPC el encargado de activar los controles de lazo cerrado correspondiente.

Los controles que se exigen en la normativa de referencia para el parque se realizarán algunos por los propios inversores y otros por el PPC. Sin embargo, todos los controles realizados el PPC deberán ser soportados por los inversores.

A continuación, se incluye una tabla diferenciando las responsabilidades de cada uno de ellos.

Requisitos	Aplica	Responsable
Requisitos de frecuencia		
Rango de frecuencia	Sí	Inversor
Capacidad de soportar derivas temporales de la frecuencia	Sí	Inversor
Modo de regulación potencia-frecuencia limitado por sobrefrecuencia (MRPFL-O)	Sí	PPC
Reducción de la capacidad máxima con la caída de frecuencia	Sí	PPC
Conexión automática a la red	Sí	PPC
Capacidad y rango de control de potencia activa	Sí	PPC
Modo de regulación potencia-frecuencia limitado por subfrecuencia (MRPFL-U)	Sí	PPC
Modo de regulación potencia-frecuencia (MRPF)	Sí	PPC
Emulación de inercia	Sí	PPC

Requisitos de tensión		
Rango de tensión	Sí	Inversor
Control de inyección rápida de corriente de falta	Sí	PPC
Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	Sí	PPC
Control de tensión	Sí	PPC
Prioridad de la potencia activa y reactiva	Sí	PPC
Amortiguamiento de las oscilaciones de potencia	Sí	PPC
Capacidad para limitar la generación de sobretensiones transitorias en la red	Sí	PPC
Requisitos de robustez		
Perfil de tensión en función del tiempo	Sí	Inversor
Capacidad de soportar huecos de tensión en faltas desequilibradas	Sí	Inversor
Bloqueo de la electrónica de potencia durante faltas	Sí	PPC
Capacidad de contribuir a la recuperación de la potencia activa tras una falta	Sí	PPC
Capacidad para soportar saltos angulares	Sí	Inversores
Capacidad para soportar sobretensiones transitorias	Sí	Inversores
Requisitos de restablecimiento		
Capacidad técnica de reconexión tras perturbación	Sí	PPC
Arranque autónomo	Sí	PPC
Capacidad de resincronización rápida	Sí	PPC
Requisitos de gestión del sistema		
Intercambio de información	Sí	PPC
Modelos de simulación	Sí	PPC
Limitación a las rampas de subida y bajada de potencia	Sí	PPC

Tabla 12. Funciones del control del inversor y PPC

10.1.14. ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y MONITORIZACIÓN AMBIENTAL

Para la operativa de los parques fotovoltaicos se hace imprescindible tener en cuenta las condiciones climatológicas, por lo que se define la inclusión de una estación meteorológica compacta.

La estación meteorológica deberá ser de tipo compacta e incluir al menos las siguientes medidas:

- Irradiancia horizontal en W/m^2 . Se incluirán dos piranómetros para cumplir con este requisito.
- Precipitaciones. Se incluirán un pluviómetro y un pluviógrafo (pudiendo realizar las medidas el mismo equipo) que registren esta medida.
- Temperatura ambiente. Se incluirá una sonda de temperatura ambiente tipo PT-100.
- Velocidad del viento y dirección. Se incluirá un anemómetro para obtener ambas variables, y en caso de ser tipo ultrasónico o alguna tecnología que no indique la dirección a nivel visual, se incluirá una veleta.

El sistema de monitorización velará por obtener los datos que afectan directamente a la producción de los paneles, por tanto, incluirán en cada punto de medición:

- Irradiancia en el plano del array de módulos en W/m^2 . Un piranómetro será el encargado de cumplir esta función, que deberá ser rígidamente asociado al array para seguir en todo momento el mismo plano en el que se encuentren los módulos.
- Temperatura de los módulos. Para ello se empleará un sensor Pt-1000 correctamente pegado a la parte posterior de los módulos, con objeto de conocer la temperatura de estos.

10.1.15. INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA

Tanto por la importancia de los bienes de que constará la panta, como por la seguridad de las personas, es necesario implantar un sistema de seguridad en la instalación.

El sistema de seguridad incluirá un circuito cerrado de televisión que cubrirá los centros de transformación, perímetro y los accesos a la instalación fotovoltaica. Para la vigilancia se empleará un sistema de cámaras térmicas que mediante un software de análisis de datos dará las alarmas al operador de seguridad.

El sistema de seguridad deberá ser instalado y mantenido por una empresa homologada de seguridad.

10.1.16. EVACUACIÓN

La evacuación de la instalación fotovoltaica se realizará a través de circuitos de Media Tensión 20kV desde el centro de seccionamiento 'Zorreras', ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica "Zorreras", hasta la SET Los Siglos 20/66 kV.

La línea de evacuación hacia la red de conexión se compondrá de 1 circuito de Media Tensión (20kV) y cuyas características son las siguientes:

- Circuito 1 (CS-SET).
- Tipo de cable: RHZ1 Al
- Circuito y sección de cables: 3x(2x630mm²).
- Potencia máxima transportada: 17,61 MWn.

En el plano 30.2 "Infraestructura de evacuación." se puede visualizar los cruces de la línea de evacuación con caminos.

10.2. OBRA CIVIL

Entre los trabajos de obra civil a desarrollar dentro de la construcción de la instalación fotovoltaica destacan:

- Acondicionamiento y nivelación del terreno para el montaje de las estructuras.
- Obras de acceso necesarias para acceder hasta la instalación fotovoltaica.
- Diseño de viales internos.
- Reposición de caminos afectados por la implantación.
- Drenaje de la zona de actuación correspondiente a la instalación fotovoltaica.
- Montaje de la estructura correspondiente y su cimentación.
- Cerramiento perimetral.
- Cimentaciones para los edificios como centro de seccionamiento, edificio de control, etc.

10.2.1. INSTALACIONES PROVISIONALES

Durante el periodo de construcción son necesarias instalaciones de carácter provisional y que al finalizar la obra se retirarán. Éstas incluyen:

- Oficinas de obra: Se habilitarán contenedores metálicos, casetas prefabricadas o similar, tanto para los contratistas como para la propiedad. El número y dimensiones definitivas serán de acuerdo con las necesidades de la obra y serán definidos en la fase de ingeniería de detalle constructiva.
- Comedores: Se habilitarán en casetas prefabricadas o similar de diferentes dimensiones en función del número de trabajadores y las exigencias de la normativa aplicable.
- Servicios higiénicos temporales: Incluyen aseos para el personal de obra habilitados en contenedores metálicos prefabricados o similar.

- Depósito de agua: En caso de no contar con otras opciones para el abastecimiento de agua, se proveerá de un depósito de agua para abastecer las necesidades de la obra. La capacidad de este depósito será definida en función del número de trabajadores.
- Fosa Séptica: En caso de no contar con otras opciones para la gestión de aguas residuales, se proveerá de una fosa séptica para el tratamiento primario de las aguas residuales generadas durante la obra.
- Zonas de acopio y almacenamiento: Se dimensionarán varias zonas de almacenamiento y acopio de materiales al aire libre. Para los materiales que lo necesiten se diseñarán zonas de almacenamientos con contenedores metálicos prefabricados. Además, quedará prevista una zona de almacenamiento de residuos y otra para el aparcamiento de vehículos y maquinaria de obra.
- Suministro de energía: Incluye los trabajos necesarios para dotar de una red de abastecimiento de energía eléctrica temporal a la zona instalaciones temporales.

Se deben considerar los trabajos de adecuación y nivelación del terreno para la correcta instalación de todos los elementos anteriores.



Tabla 13. Contenedor prefabricado para instalaciones provisionales de obra

10.2.2. INSTALACIONES PERMANENTES

Las instalaciones permanentes son aquellas que se mantendrán durante la vida útil de la planta fotovoltaica como es el caso del edificio de control, el cual permitirá la correcta supervisión del funcionamiento de la planta.

El edificio de control constará de:

- Una sala de control debidamente equipada con luz, aire acondicionado, internet, mesa, silla, monitores, etc, que permitan el correcto desarrollo del trabajo de control en la planta fotovoltaica.
- Un aseo.
- Un baño completo.
- Depósito de agua para abastecimiento.
- Fosa séptica para el tratamiento primario de aguas residuales.

10.2.3. TOPOGRAFÍA Y REPLANTEO

Para el diseño e ingeniería de este proyecto, se ha partido de un levantamiento topográfico de precisión previamente realizado por una empresa especializada y certificada de topografía, en el que están representados todos los elementos existentes en el terreno a tener en consideración para la realización de los trabajos.

Es necesario, antes de empezar la construcción, el replanteo de todos los elementos que comprenden la instalación y chequearlos con los datos del plano topográfico de partida para comprobar posibles discrepancias.

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



Tabla 14. Trabajos topográficos

10.2.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material que no deba estar presente para la correcta ejecución del Proyecto. Estos trabajos serán los mínimos posibles.

La ejecución de esta operación incluye la retirada de los materiales de desbroce y su correcto tratamiento, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Las operaciones de remoción se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad y evitar daños en las construcciones próximas existentes.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material procedente de los desmontes de la obra o de los préstamos, según está previsto en el estudio de movimientos de tierras necesarios en la obra.

Todos los pozos y agujeros que queden dentro de la explanación se rellenarán conforme a las instrucciones de la dirección de obra.

Se mantendrán los majanos de piedras y otras estructuras similares existentes en el entorno de la planta fotovoltaica, incluidas las lineales como ribazos y lindes, con el fin de mantener refugio y cobijo a fauna silvestre.

10.2.5. SISTEMA DE DRENAJE

En este apartado se analizan las posibles afecciones de las escorrentías de agua temporales provocadas por las lluvias que puedan generarse en el interior de la instalación fotovoltaica. Para ello, se plantea un sistema de drenaje mediante cunetas para no interrumpir el paso del agua y de esta manera evitar posibles afecciones que pueda haber sobre los diferentes elementos que haya en la instalación fotovoltaica (principalmente las cimentaciones y los viales).

Las cunetas servirán para proteger los viales internos de la instalación fotovoltaica de las escorrentías de agua temporales provocadas por las lluvias cuando el caudal de escurrimiento sea elevado, y los badenes se utilizarán para evacuar el agua en las zonas en las que se produzcan retenciones por la disposición de los viales respecto a la topografía del terreno.

Se analizará el tipo de terreno de la zona y las condiciones climatológicas de la zona a la hora de definir los materiales que formarán el sistema de drenaje. En cuanto a la geometría de los elementos, inicialmente se plantearán cunetas triangulares viales y badenes trapezoidales con unos taludes que permitan la correcta circulación de los vehículos estimados en el presente proyecto.

10.2.6. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Para el diseño del movimiento de tierras se ha de tener en cuenta que los seguidores sólo podrán ser instalados en terrenos con pendientes máximas de dirección norte y dirección sur del 15%, de manera que se permita el montaje y operativa adecuada de las estructuras, siempre que se mantenga alejado cualquier riesgo de erosión del terreno.

Se llevará a cabo un despeje y desbroce del terreno de 20 cm de profundidad de media únicamente en las superficies hormigonadas y viales internos, cuya superficie total supondrá menos del 25% de la superficie de la planta.

En un plazo máximo de 2 años desde el inicio del funcionamiento de la instalación, se garantiza la cobertura vegetal de, al menos, el 75% de las parcelas donde se instalarán los trackers.

La estructura del seguidor soporta una pendiente máxima del 15% en dirección norte y dirección sur, por lo que se tendrán que realizar los movimientos de tierra necesarios para no superar esa pendiente en la zona de implantación de módulos. De todas formas, como se ha indicado anteriormente, la implantación de los seguidores se ha realizado mayormente en zonas donde la pendiente es inferior al 15%, por lo que el movimiento de tierras en ese aspecto es mínimo.

El poste de la estructura se irá ajustando con la longitud de hincado en función de la topografía y de la longitud total del perfil seleccionado. En las zonas donde considerando la longitud mínima de empotramiento en el suelo y la longitud total del poste, no se cumplan las condiciones de altura máxima y mínima recomendadas, tendremos que ejecutar una pequeña nivelación del terreno, desmontando o rellenando en función de las necesidades del montaje y la orografía donde se ubican los postes.

Todo el volumen de tierras excavado en el desbroce, trabajos de movimiento de tierras, cimentaciones e implantación de los viales tendrá que ser transportado a un vertedero autorizado.

En el Documento Nº 2 Cálculos, Anexo VI – Movimiento de tierras, se detalla la metodología de cálculo y los resultados obtenidos para el movimiento de tierras de la planta fotovoltaica Zorreras.

10.2.7. VIALES

Se contemplan una serie de viales en el proyecto de la instalación fotovoltaica:

- Viales interiores.
- Viales de acceso.

Dentro de la instalación fotovoltaica se diseñarán una serie de caminos interiores cuya función es la de dar acceso hasta las Power Stations de la instalación fotovoltaica.

Los caminos interiores se han diseñado con una anchura de 4m, 8 m de radio de giro y 1 m de cuneta en cada lado.

El acabado de los caminos interiores se realizará con un firme granular que consistirá en una capa de zahorra y una mejora de suelo seleccionado compactados al 98% P.M.

El trazado de estos caminos se realiza sobre la superficie de la implantación desbrozada previamente.

Una vez desbrozada la superficie de la implantación se generan las rasantes de estos nuevos viales adaptadas lo máximo posible a esta nueva superficie de manera que queden siempre algo elevados para protegerse de las escorrentías que se redirigen por el sistema de drenaje a base de cunetas en los caminos que desaguaran a partir de badenes hormigonados diseñados en los puntos bajos de los caminos.

Los caminos se diseñan con taludes de terraplén 2H:1V de forma que sea un talud que facilite la permeabilidad del acceso al tráfico desde cualquier punto del camino al interior del parque.

Los de acceso serán caminos sin pavimentar de 5 m de ancho de capa de rodadura y 1 m de cuneta en cada lado.

En el Plano nº 09. "Sección tipo caminos" se muestran las secciones tipo de los viales a realizar en la instalación fotovoltaica.

10.2.8. CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS SOLARES

Este tipo de estructuras se caracteriza por estar sometida a poca intensidad de cargas gravitatorias comparativamente a los grandes niveles de cargas de viento a la que normalmente está sometida, de aquí que en este tipo de estructuras predominan los esfuerzos de succión y los esfuerzos horizontales debidos a la acción del viento frente a cualquier otra tipología de esfuerzo.

La cimentación habitual de este equipo consiste en una hinca directa sobre el terreno del perfil correspondiente a su propio soporte. Para ello el suelo debe presentar las características adecuadas que permitan esta hinca directa en la profundidad necesaria.

Al no contar con resultados de ensayos de tracción que nos indiquen la longitud de la hinca se considera una profundidad de hinca habitual en este tipo de proyectos de 1,5m.

Previo a la realización de las hincas deberá realizarse un Estudio de Pull Out, (corte y tracción), que sea capaz de identificar el terreno y las cimentaciones a emplear y así poder confirmar las consideraciones expuestas anteriormente.

10.2.9. CERRAMIENTO

Se realizará un cerramiento perimetral común para el conjunto de instalación fotovoltaica. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones.

El vallado perimetral cumplirá las especificaciones incluidas en el artículo 70 del Reglamento de Ordenación de la Caza (decreto 126/2017, de 25 de julio), siendo de tipo cinegético con pasos de fauna que permitan el libre acceso de la mesofauna, tendrá las siguientes características:

- Altura de 2 metros
- Pilares en T de 60x60x6mm de 2,8 metros de alturas con dos riostras cada 100 o cambios de dirección, hincados 80 cm en el terreno.
- Malla de alambre de acero galvanizado en caliente que rodea el perímetro.
- Sujetado por postes metálicos, perfiles en L (40x40x4mm de 2,6m de altura) intercalados con postes perfil en T.
- En caso de que el terreno sea incoherente, este se cimentará.

Detalles del vallado se muestra en las siguientes imágenes:

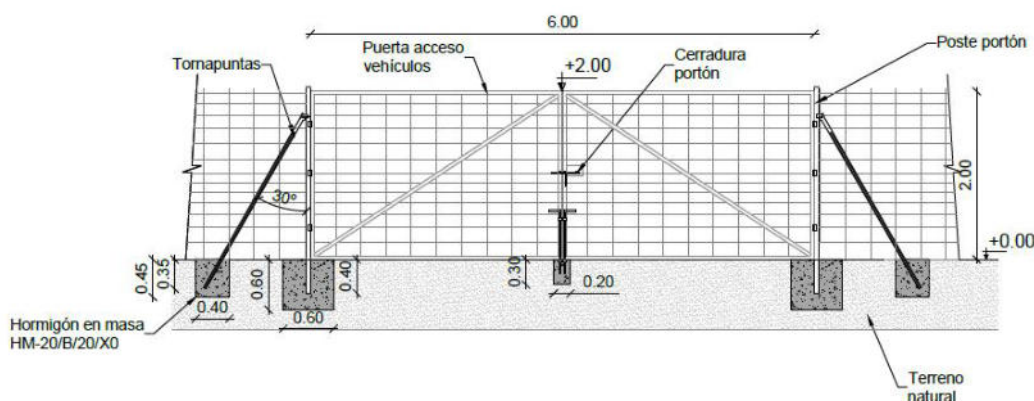


Imagen 29 *Detalle de la puerta de acceso*

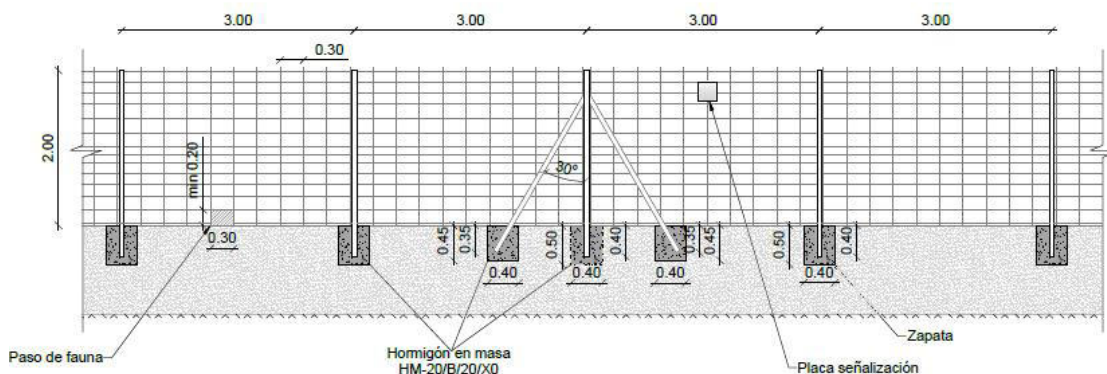


Imagen 30 *Detalle del vallado perimetral*

Los accesos a la instalación fotovoltaica se realizarán mediante caminos catastrales existentes en la zona, algunos de ellos denominados como "Colada Los Pedernales" y "Cañada La Jara". Los accesos se adecuarán convenientemente para dar acceso a la instalación fotovoltaica.

Estos accesos, se señalarán 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.
- 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 un equipo de protección adecuado.

En planimetría se muestra la planta del vallado de la implantación, cuyos vértices y coordenadas UTM ETRS89 Huso 30:

COORDENADAS VALLADO Nº1			COORDENADAS VALLADO Nº2		
Nº PUNTO	COORD.X	COORD.Y	Nº PUNTO	COORD.X	COORD.Y
1	246389.410	4002969.404	24	246833.366	4002495.361
2	246522.489	4002961.746	25	246862.359	4002493.314
3	246555.299	4002852.252	26	246833.988	4002392.145
4	246530.669	4002754.908	27	246832.142	4002321.061
5	246409.538	4002708.436	28	246816.097	4002245.706
6	246511.582	4002688.474	29	246802.758	4002167.087
7	246574.752	4002639.845	30	246788.018	4002117.849
8	246554.589	4002571.684	31	246754.940	4002102.843
9	246554.589	4002476.147	32	246745.840	4002121.610
10	246537.458	4002460.707	33	246754.164	4002148.825
11	246527.048	4002443.071	34	246745.380	4002196.056
12	246499.198	4002444.230			
13	246478.770	4002456.741			
14	246437.914	4002509.269			
15	246409.016	4002516.525			
16	246346.402	4002478.767			
17	246322.929	4002450.826			
18	246304.043	4002433.313			
19	246235.401	4002383.954			
20	246226.270	4002400.229			
21	246226.270	4002489.185			
22	246251.377	4002499.395			
23	246251.098	4002627.482			

COORDENADAS VALLADO N°3			COORDENADAS VALLADO N°4		
Nº PUNTO	COORD.X	COORD.Y	Nº PUNTO	COORD.X	COORD.Y
35	246882.693	4002665.418	73	247014.050	4001777.217
36	246994.516	4002588.594	74	247310.033	4001665.273
37	247058.812	4002588.594	75	247310.033	4001625.185
38	247103.595	4002610.311	76	247322.039	4001595.885
39	247139.278	4002638.582	77	247321.793	4001540.558
40	247223.858	4002613.635	78	247144.407	4001618.998
41	247275.676	4002566.998	79	247135.654	4001628.354
42	247260.154	4002521.592	80	247124.131	4001656.700
43	247260.154	4002461.988	81	247069.035	4001686.342
44	247300.832	4002397.806	82	247040.412	4001716.741
45	247270.351	4002337.031	83	247022.017	4001728.359
46	247276.009	4002249.525			
47	247310.848	4002207.847			
48	247267.889	4002125.916			
49	247296.916	4002020.784			
50	247355.014	4001980.188			
51	247346.520	4001916.456			
52	247269.275	4001766.352			
53	247243.659	4001750.488			
54	247137.643	4001797.477			
55	247039.309	4001815.923			
56	247108.394	4001973.629			
57	247138.282	4001982.454			
58	247160.531	4002046.416			
59	247195.373	4002152.302			
60	247181.794	4002152.548			
61	247110.007	4002130.269			
62	247073.430	4002187.676			
63	247111.990	4002210.559			
64	247135.100	4002249.525			
65	247147.604	4002317.116			
66	247131.916	4002372.041			
67	247057.055	4002435.724			
68	246978.258	4002435.724			
69	246916.418	4002398.023			
70	246897.294	4002398.040			
71	246893.956	4002512.402			
72	246867.062	4002611.530			

Tabla 15. Vértices con coordenadas del vallado perimetral

10.2.10. DESMANTELAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

El objetivo de las operaciones de desmantelamiento de una planta solar fotovoltaica una vez ha concluido su vida útil, es la restauración de los terrenos a las condiciones anteriores a la construcción del parque, minimizando así la afección al medio ambiente y recuperando el valor ecológico de la zona afectada.

Los principales trabajos de desmantelamiento y de restitución de los terrenos a la instalación fotovoltaica a realizar a la finalización de su vida útil serán:

- Desmontaje de la instalación fotovoltaica propiamente.
- Desmontaje de cableado.
- Desmontaje de soportes utilizados para el cableado.
- Desmontaje de paneles fotovoltaicos.
- Desmontaje de cuadros de agrupación.
- Desmontaje de estructuras sobre el que se instalan los paneles fotovoltaicos.
- Desconexión y desmontaje de los bloques de potencia.
- Demolición de solera de hormigón de los bloques de potencia.
- Desmontaje de líneas de distribución de Media Tensión.
- Retirada del cableado.
- Separación del aislamiento de los cables.
- Envío de restos plásticos a centros de reciclaje.
- Valoración y envío de los conductores (aluminio o cobre) a centro de recogida de residuos metálicos.
- Desconexión de la línea de evacuación.
- Desmontaje de equipos, cuadros, etc de BT.
- Desconexión de circuitos, cable de tierra...
- Adecuación de la superficie rústica o agrícola.
- Desbroce y limpieza del terreno por medios mecánicos, y carga de restos de demolición o cualesquiera otros del proceso de desmantelamiento a camión para traslado a centro de residuos.
- Homogeneizado por medios mecánicos de la superficie limpia existente en todas las zonas que han sido objeto de los trabajos de extracción de partes de la instalación.

11. INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN

La infraestructura de evacuación de la instalación fotovoltaica “Zorreras” estará compuesta por una línea subterránea 20 kV (con 2 conductores por fase) y el centro de seccionamiento ‘Zorreras’. Estas infraestructuras serán las encargadas de transportar la energía generada en la planta fotovoltaica hasta la SET Los Siglos 20/66 kV. Desde esta, se aprovechará la infraestructura existente para evacuar la energía hasta el punto de conexión ubicado en SET Facinas 66 kV.

La conexión de la instalación fotovoltaica se realizará en la sala de celdas ‘Tahuna-Zorreras’ de la SET Los Siglos 20/66 kV, realizando las labores de acondicionamiento necesarias. Será necesaria la instalación de una nueva celda de línea para la conexión de la planta fotovoltaica Zorreras.

En los siguientes apartados se describen cada una de las partes o elementos que forman parte de la infraestructura de evacuación.

11.1. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

11.1.1. CRITERIOS GENERALES

La línea de evacuación 20 kV tendrá su origen en el centro de seccionamiento ‘Zorreras’, ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica “Zorreras”, y discurrirá en subterráneo hasta la SET Los Siglos 20/66 kV, localizada en el término municipal de Tarifa (Cádiz).

El trazado de la línea de evacuación se puede observar en el documento adjunto nº7: Planos. Esta línea, en su recorrido, afectará a varios terrenos que se describen con mayor detalle en los siguientes puntos de este mismo documento, debiendo obtener previamente los oportunos permisos de paso. Las parcelas afectadas por la misma se recogen en el Anexo II: Relación de bienes y derechos afectados.

La línea de evacuación de 20 kV será subterránea y tendrá una longitud de 1,615 km aproximadamente hasta la SET Los Siglos 20/66 kV. A lo largo del trazado de la línea de evacuación, se compartirá zanja desde el punto X = 246.398,152; Y = 4.002.697,969 al punto X = 248.441,766; Y = 4.003.242,252 y 20 arquetas (4 arquetas A2 y 16 arquetas A1) con la planta fotovoltaica Tahuna. La línea de evacuación discurrirá, en su mayoría, paralela a las zanjas existentes de las líneas de evacuación de los PE Tahuna y PE Zorreras y por zonas agrarias, teniendo un recorrido lo más rectilíneo posible.

La potencia máxima a transportar por la línea será la suma de las potencias de los inversores instalados por lo que el cálculo del cableado se realizará tomando como referencia 17,61 MWn.

En el trazado de la línea subterránea se cumplirán las distancias reglamentarias establecidas en la ITC-LAT 06, así como las que puedan establecer otros organismos y/o empresas de servicios afectadas por el trazado que se pueda proyectar.

La tensión nominal de la línea subterránea vendrá determinada por la instalación de suministro, en este caso 20 kV. Así la definición de tensión más elevada y niveles de aislamiento del material a utilizar se establece de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Nivel de aislamiento del material

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tensión nominal cables y accesorios U_0/U (kV eficaces)	Tensión más elevada cable y accesorios U_m (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
$U \leq 20$	12/20	24	50	125
$20 < U \leq 30$	18/30	36	70	170

- U** Tensión asignada eficaz a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
- U_n** Tensión nominal eficaz a 50 Hz de la red.
- U_0** Tensión asignada eficaz a 50 Hz entre cada conductor y la pantalla de cable para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
- U_m** Tensión más elevada para el material a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera.

Tabla 16. Nivel de aislamiento del material en función de la tensión nominal

11.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

11.1.2.1. CONDUCTOR

Se utilizará conductor de campo radial aislado con polietileno reticulado (XLPE), formando un terno dentro del tubo de la canalización y, por consiguiente, los tres conductores en íntimo contacto. Este conductor se ajustará a las prescripciones de la Norma UNE-HD 620-10E, UNE 211620 y de la ITC-LAT-06 y se tomará como referencia la norma informativa DND001.

Esta línea eléctrica se realizará con cableado de sección nominal de 630 mm², con 2 conductores por fase, siendo sus principales características las siguientes:

- Denominación UNESA RHZ1 12/20 KV.
- Tensión nominal (kV) 12/20
- Tensión máxima de utilización (kV) 24
- Tensión de ensayo a 50 Hz (kV) 50
- Tensión ensayo con onda tipo rayo (kV) 125
- Límite térmico conductor (kA) 22,5 (T=250° C, 1s)
- Aislamiento XLPE
- Cubierta color rojo Poliolefina
- Radio mínimo curvatura (mm) 726
- Intensidad máxima admisible enterrado 575 A
- Resistencia a 20° (Ω/km) 0,046
- Capacitancia (μF/km) 0,510

11.1.2.2. TERMINACIONES

En el caso de las terminaciones se emplearán conectores separables, acordes a las normas UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

Terminales de interior. Conexión en centro de seccionamiento 'Zorreras' y en subestación SET Los Siglos 20/66 kV

Serán adaptables para un conductor 12/20 XLPE 630 mm² Al y cumplirán la Norma UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

11.1.2.3. EMPALMES

Se efectuarán por medio de Kits para la reconstrucción del aislante, con conos difusores del campo eléctrico y solución de continuidad, y no se pueda perforar el cable por un aumento del gradiente del campo eléctrico en el final del conductor.

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductor empleado y apto para la tensión de servicio, utilizándose empalmes contráctiles en frío, tomando como referencia las normas UNE211027, UNE-HD629-1 y UNE-EN61442.

11.1.2.4. CANALIZACIÓN

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán por terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, preferentemente bajo las primeras y se evitarán ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Se establecerá una canalización desde el centro de seccionamiento 'Zorreras' hasta la SET Los Siglos 20/66 kV, constituida por hasta cuatro tuberías de polietileno de doble capa 200 mm Ø, que discurrirán enterradas. El diámetro interior del tubo es superior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores.

La canalización de la línea de evacuación, en gran parte de su trazado, será compartida con la planta fotovoltaica Tahuna, ubicada en las proximidades. Además, será compartida en el tramo entre las islas 1 y 3 con el circuito de media tensión que conecta la PS-02 con el centro de seccionamiento 'Zorreras'. Por tanto, será necesario disponer de dos tipos de canalizaciones, en función del número circuitos que discurran por ella:

- Tipo 2: Canalización con 3 tubos.
- Tipo 3: Canalización con 4 tubos.

Esta canalización estará en su mayoría colocada bajo terrizo, y se ejecutará de acuerdo a los detalles recogidos en los planos nº 33, nº 34 adjuntos (detalles canalización línea evacuación).

Antes de proceder a la apertura de las zanjas, se consultará con la propiedad la existencia de otras instalaciones en la zona por donde discurre el trazado, así como se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto. Cuando se localicen instalaciones cercanas o que se deban cruzar, se deberán respetar las distancias y condiciones indicadas en la ITC-LAT-06, pudiéndose reducir las distancias si se añaden protecciones mecánicas suficientes según lo indicado en dicha instrucción.

Para los tramos de cables subterráneos, habrá de cumplirse todo lo estipulado en el apartado 4.2 de la ITC-06 del RD 223/2008 relativo a canalización enterrada y a las características, dimensiones y materiales de las zanjas a realizar.

Los tubos tendrán una resistencia suficiente a las solicitaciones a las que se ha de someter durante su instalación tomando como referencia la norma informativa CNL002 de la compañía distribuidora de la zona. El diámetro interior del tubo no será inferior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores.

Se dispondrá a lo largo del trazado de arquetas suficientes que faciliten la realización de los trabajos de tendido.

11.1.2.5. ARQUETAS DE REGISTRO

En los tramos subterráneos: en los cambios de dirección o de rasante, así como en alineaciones largas, en tramos rectos, se construirán arquetas-registro del tipo A-1 ó A-2.

Las arquetas a ejecutar serán prefabricadas de hormigón según norma informativa NNH001 de la compañía o se pueden construir de ladrillo, sin fondo para favorecer la filtración de agua, siendo sus dimensiones las indicadas en planos adjuntos. En registros que hayan de situarse en calzada, la tapa será de hierro fundido de suficiente resistencia para el paso de vehículos pesados.

El suelo de la arqueta lo constituirá el terreno, a fin de evacuar por filtración el agua que pudiera penetrar en la misma. En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura. Las dimensiones de las arquetas se pueden ver reflejadas en detalle en planos nº 36 y 37.

11.1.2.6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT-06 y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de AT/MT.

Cuando no puedan respetarse aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento. En la siguiente tabla se resumen las distancias entre servicios subterráneos para cruces, paralelismos y proximidades, que deberán respetarse en caso de que se detecte la existencia de alguna afección o cruzamiento con instalaciones existentes.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Calles y carreteras	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie será: $\geq 0,60 \text{ m}$ El cruce será perpendicular al vial, siempre que sea posible		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud.
Ferrocarriles	La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, respecto a la cara inferior de la traviesa, será: $\geq 1,10 \text{ m}$ El cruce será perpendicular a la vía, siempre que sea posible. La canalización rebasará la vía férrea en 1,5 m por cada extremo.		Los cables se colocaran en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud
Otros cables de energía eléctrica	Distancia entre cables: $\geq 0,25 \text{ m}$ La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.	Distancia entre cables de MT de una misma empresa: $\geq 0,20 \text{ m}$ Distancia entre cables de MT y BT o MT de diferentes empresas: $\geq 0,25 \text{ m}$	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Cables de telecomunicación	Distancia entre cables: $\geq 0,20 \text{ m}$ La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.	Distancia entre cables: $\geq 0,20 \text{ m}$	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Canalizaciones de agua	Distancia entre cables y canalización: $\geq 0,20 \text{ m}$ Se evitara el cruce por la vertical de las juntas de la canalización de agua. La distancia del punto de cruce a los empalmes o a las juntas será superior a 1 m.	Distancia entre cables y canalización: $\geq 0,20 \text{ m}$ En arterias importantes esta distancia será de 1 m como mínimo. Se procurará mantener dicha distancia en proyección horizontal y que la canalización del agua quede por debajo del nivel del cable. La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m.	Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Canalizaciones y acometida interior de gas	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria $AP \geq 0,40 \text{ m}$ $MP \text{ y } BP \geq 0,20 \text{ m}$ Con protección suplementaria $AP \geq 0,25 \text{ m}$ $MP \text{ y } BP \geq 0,10 \text{ m}$ La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo. AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar.	Distancia entre cables y canalización: Sin protección suplementaria $AP \geq 0,40 \text{ m}$ $MP \text{ y } BP \geq 0,20 \text{ m}$ Con protección suplementaria La distancia mínima entre empalmes y juntas será de 1 m. $AP \geq 0,25 \text{ m}$ $MP \text{ y } BP \geq 0,10 \text{ m}$ En caso de canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo. AP, Alta presión, > 4 bar. MP y BP, Media y baja presión, ≤ 4 bar.	
Conducciones de alcantarillado	Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.		Cuando no sea posible, el cable se pasará por debajo y se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Depósitos de carburante	La distancia de los tubos al depósito será: $\geq 1,20 \text{ m}$ La canalización rebasará al depósito en 2 m por cada extremo.		Los cables de MT se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia mecánica.

Instalaciones u obstáculos	Distancias		Condiciones
	Cruzamientos	Paralelismos	
Acometidas o Conexiones de servicio a un edificio	Distancia entre servicios: $\geq 0,30 \text{ m}$		Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. La entrada de las conexiones de servicio a los edificios, tanto de BT como de MT, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad perfecta

11.1.2.7. PUESTA A TIERRA

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

11.1.2.8. CONEXIÓN CON COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA

La conexión con la compañía suministradora, en este caso E-Distribucion Redes Digitales, se realizará en barras de la subestación SET Facinas 66 kV aprovechando la infraestructura de evacuación existente.

11.1.3. AFECCIONES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

La línea subterránea de evacuación 20 kV que tiene origen en el centro de seccionamiento 'Zorreras', ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica "Zorreras" y discurrirá en subterráneo hasta la SET Los Siglos 20/66 kV. A lo largo de su trazado requerirá el cruzamiento y ocupación de vías pecuarias, además de paralelismos y cruzamientos con líneas eléctricas de los parques eólicos existentes.

En los planos nº 30 y 31, se puede observar en detalle los servicios existentes.

11.1.3.1. CRUZAMIENTO Y OCUPACIÓN VÍAS PECUARIAS

A lo largo del trazado de la línea subterránea de evacuación 20 kV será necesario el cruzamiento con la vía pecuaria "Colada del Armachal al Moro". Se indica a continuación localización de este cruce:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
Colada del Armachal al Moro Traza deslindada	246.851,820	4.002.747,248
Colada del Armachal al Moro	247.691,880	4.002.852,461

Tabla 17. Coordenadas cruzamiento con vía pecuaria

Para la correcta conexión de la línea subterránea de evacuación 20 kV en la sala de celdas ‘Tahuna y Zorreras’ de la SET Los Siglos 20/66 kV, será necesaria la ocupación de la vía pecuaria “Colada del Armachal”, con una anchura legal de 50 m. Se indica a continuación localización de esta ocupación:

Ocupación	Coord. X	Coord. Y
Colada del Armachal	248.407,038	4.003.260,401
	248.449,689	4.003.239,602

Tabla 18. Coordenadas ocupación vía pecuaria

11.1.3.2. CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS EXISTENTES

A lo largo del trazado de la línea subterránea de evacuación 20 kV será necesario varios cruzamientos con las líneas eléctricas de media tensión de los parque eólicos existentes. También será necesario el cruzamiento con dos líneas eléctricas aéreas de 66 kV y de 20 kV. Se indica a continuación localización de estos cruces:

Cruce	Coord. X	Coord. Y
Línea M.T. PE Tahuna-Zorreras	246.644,391	4.002.693,765
Línea M.T. PE Tahuna-Zorreras	247.049,142	4.002.678,067
Línea M.T. PE Tahuna-Zorreras	247.402,392	4.002.681,436
Línea M.T. PE Tahuna-Zorreras	247.657,930	4.002.829,118
Línea Aérea 20 kV	246.888,241	4.002.738,389
Línea Aérea 66 kV	246.868,048	4.002.744,426

Tabla 19. Coordenadas cruzamiento con líneas eléctricas

11.1.3.3. PARALEISMOS CON LÍNEAS M.T. DE LOS PARQUES EÓLICOS EXISTENTES

Parte del trazado de la línea subterránea de evacuación 20 kV discurrirá paralelo con las líneas eléctricas de media tensión de los parques eólicos existentes. La distancia de estos paralelismos será como mínimo de 9 metros, salvo a la llegada a la subestación, que debido a la cercanía de la entrada del cableado, dicha distancia será de 3,20 metros.

11.2. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

11.2.1. CRITERIOS GENERALES

La energía producida por la instalación fotovoltaica se trasladará a través de los circuitos de Media Tensión hasta el Centro de Seccionamiento "Zorreras", ubicado al noreste de la implantación, siendo de esta manera accesible a los operarios de la compañía. Desde el centro de seccionamiento se dispondrá una línea subterránea de 20 kV, para conectar el mismo con la “SET Los Siglos 20/66 kV”.

El centro de seccionamiento ‘Zorreras’ estará compuesto por una pequeña caseta prefabricada tipo PFU 4 o similar la cual albergará, como mínimo, los siguientes equipos:

- Dos (2) celdas de líneas para la instalación fotovoltaica “PSFV Zorreras”.
- Dos (2) celdas de línea para reserva
- Una (1) celda de línea hacia la “PSFV Zorreras”.
- Una (1) celda de medida.
- Una (1) celda de protección con interruptor automático.
- Un (1) armario de medida y facturación.

11.2.2. UBICACIÓN Y ACCESOS

La parcela destinada al centro de seccionamiento se localiza en el polígono 11, parcela 48, en el paraje el Gamonal, dentro del municipio de Tarifa en la provincia de Cádiz.

El centro de seccionamiento está ubicado según las siguientes coordenadas en el sistema UTM ETRS89 (HUSO 30):

Coord. X	Coord. Y.
247.189,29	4.002.623,83

Tabla 20. . Coordenadas centro de seccionamiento

La ubicación del CS se ha determinado teniendo en cuenta el cumplimiento de las condiciones de seguridad, del mantenimiento de las instalaciones y de la garantía de servicio, siguiendo principalmente los siguientes aspectos:

- El emplazamiento elegido del CS permite el tendido, a partir de él, de todas las canalizaciones subterráneas previstas, de entrada y salida al CS, hasta las infraestructuras existentes a las que quede conectado.
- El nivel freático más alto se encuentra a más de 0,30 m por debajo del nivel inferior de la solera más profunda del CS.
- El acceso al CS es directo, desde la calle o vial público de modo que se garantiza la entrada de personas y de materiales, así como la adecuada señalización y delimitación ante eventuales trabajos en el CS.
- Las vías para los accesos de materiales permiten el transporte, en camión, de las celdas y demás elementos integrantes del CS, hasta el lugar de ubicación del mismo.
- Los espacios correspondientes a ventilaciones y accesos cumplen con las distancias reglamentarias y condiciones de la ITC-RAT 14 “Instalaciones Eléctricas de Interior” y lo establecido en el documento básico HS3 “Calidad de Aire Interior” del Código Técnico de la Edificación.
- No se trata de zonas inundables, y además se ha comprobado que el tramo del vial de acceso al local destinado a centro de seccionamiento, no se halla en un fondo o badén, que eventualmente pudiera resultar inundado por fallo de su sistema de drenaje.

11.2.3. DIMENSIONES

Las dimensiones del CS deberán permitir:

- El movimiento e instalación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación.
- Ejecutar las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen, según la ITC-RAT 14.
- El mantenimiento de material, así como la sustitución de cualquiera de los elementos que constituyen el mismo sin necesidad de proceder al desmontaje o desplazamiento del resto.
- La instalación de los equipos indicados en las normativas de envolventes referidas.

11.2.4. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

El CS objeto del presente proyecto se ajustará a las siguientes configuraciones:

Centro de seccionamiento dos entradas y una salida de línea, según esquema unifilar.

11.2.5. NIVEL DE AISLAMIENTO EN MT

Dependiendo de la tensión nominal de alimentación, excepto para los transformadores de potencia y los pararrayos, la tensión prevista más elevada del material y los niveles de aislamiento serán los fijados en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de aislamiento

Tensión nominal de la red U (kV)	Tensión más elevada para el material Um (kV eficaces)	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial Ud (kV eficaces)	Tensión de choque soportada a impulsos tipo rayo (kV de cresta)
$U \leq 20$	24	50	125
$20 < U \leq 30$	36	70	170

El aislamiento se dimensionará en función del nivel de tensión de la red proyectada y de los requerimientos indicados en la ITC-RAT 12 de acuerdo a lo señalado en la tabla 1. En nuestro caso, la tensión nominal de la red es de 20 kV, por lo que el material se ajustará a una tensión más elevada de 24 kV según la tabla anterior.

11.2.6. INTENSIDAD NOMINAL EN MT

La intensidad nominal del embarrado y la aparamenta de MT será, en general, de 630 A.

11.2.7. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Los materiales de MT instalados deberán ser capaces de soportar las solicitaciones debidas a las corrientes de cortocircuito y los tiempos de duración del defecto que se expresan en la tabla 4.

Tabla 4. Intensidades de cortocircuito admisibles

Intensidad asignada de corta duración 1s. (Límite térmico) (kA)	Valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada (Límite dinámico) (kA)
16	40
20 (*)	50 (*)

**Cuando las características de la red así lo requieran, se utilizarán celdas cuyas intensidades serán 20kA, con valor de cresta de 50 kA.

11.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL

Las envolventes prefabricadas de hormigón para alojar el CS tomarán como referencia las especificaciones técnicas del fabricante y la compañía Iberdrola.

11.2.9. CENTROS PREFABRICADOS DE SUPERFICIE.

Los edificios prefabricados para alojar el CS de superficie podrán ser de tipo monobloque o constituidos por varias piezas o paneles prefabricados de hormigón armado convenientemente ensamblados.

Estarán preparados para albergar toda la aparamenta y equipos con tensión máxima del material 24 ó 36 kV y potencia máxima de los transformadores de 1.000 kVA.

El edificio del centro de seccionamiento será prefabricado y del siguiente tipo:

- Centro de seccionamiento: CASETA PREFABRICADA DE ORMAZABAL PFU-4 ó similar.

Consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, la aparamenta de MT, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La ubicación se ha determinado considerando el Art. 47 del R.D. 1955/2000, así como los aspectos siguientes:

- Dispone de acceso directo desde la vía pública.
- Tendrá una acera exterior, preferentemente de al menos 1,10 m de anchura, para protección suplementaria frente a tensiones de contacto.
- Los viales para el acceso al Centro permiten al transporte, en camión, de las celdas y demás elementos integrantes, hasta el lugar de ubicación del mismo.
- El acceso estará situado en una zona que con el centro abierto, deje libre permanentemente el paso de bomberos, servicios de emergencia, salidas de urgencias o socorro.
- El local se encontrará a la misma cota que el vial de acceso.

11.2.10. CIMENTACIÓN DE LOS CT PREFABRICADOS

Se construirá una solera de hormigón capaz de soportar los esfuerzos verticales previstos en las siguientes características:

- Estará construida en hormigón armado de 15 cm de grosor con varillas de 4 mm y cuadro 20 x 20 cm.
- Tendrá unas dimensiones tales que abarquen la totalidad de la superficie del EP sobresaliendo 25 cm por cada lado.
- Incorporará la instalación de tubos de paso para las puestas a tierra.
- Sobre la solera, y para que el edificio se asiente correctamente, se dispondrá una capa de arena de 10 cm de grosor.

11.2.11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

11.2.11.1. LÍNEA DE ALIMENTACIÓN

Las líneas de 3ª Categoría (≤ 30 kV) de alimentación del CS podrán ser aéreas o subterráneas, diseñadas y construidas cumpliendo la reglamentación y normativa vigente que les sea de aplicación y de acuerdo a las correspondientes normas de EDE.

La entrada al CS de las líneas de alimentación se realizará, en todos los casos, mediante cables subterráneos unipolares aislados con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), tomando como referencia la norma informativa DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV, de las características siguientes:

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 ó 18/30 kV
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150/240/400/630 mm ²

La temperatura mínima ambiente para ejecutar el tendido del cable será siempre superior a 0°C. El radio de curvatura mínimo durante el tendido será de 20 x D, siendo D el diámetro exterior del cable, y una vez instalado, este radio de curvatura podrá ser como máximo de 15 x D.

11.2.11.2. CELDAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

Las celdas de distribución secundaria corresponderán al tipo de celdas bajo envolvente metálica referenciadas en la norma informativa GSM001 MV RMU with Switch-Disconector para celdas con corte y aislamiento en SF6.

11.2.11.3. TIPOS DE CELDAS

Las celdas de distribución corresponderán al tipo de celdas bajo envolvente metálica referenciadas en la norma informativa GSM001 de la compañía distribuidora, para celdas con corte y aislamiento en SF6. Estas celdas forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para AT, con aislamiento y corte en gas (GIS - *Gas Insulated Switchgear*), cuyos embarrados se conectan consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución,

salinidad, inundación, etc.). En función de su tipología, en ellas se ubicarán equipos de maniobra (interruptor, seccionador), medida (transformadores de tensión y corriente), protección y control (relés, fusibles); montados en uno o más compartimientos insertos en una estructura metálica externa, y que cumple la función de recibir y distribuir la energía eléctrica. Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso (para la altura de 1.740 mm), y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba

La cuba será de acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales).

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

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

- Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

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

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

- Mando

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

- Conexión de cables

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

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos es que:

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

Características eléctricas comunes:

- Tensión nominal 24 kV
- Intensidad Asignada 630 A
- Intensidad de Corta Duración (1s): 16 KA
- Nivel de aislamiento:
 - Frecuencia Industrial (1min) a tierra y entre fases: 50 kV
 - Frecuencia Industrial (1 min) a la distancia de seccionamiento: 60 kV
 - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
 - Impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento: 145 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 KA
- Capacidad de corte:
 - Corriente principalmente activa: 630 A

En los siguientes apartados se indican las características técnicas de cada una de las celdas que se instalarán en el centro de seccionamiento.

11.2.11.4. CELDAS DEL CS

Celda de protección general de la instalación

Se instalará una celda de protección general de la instalación mediante interruptor automático con envolvente metálica en la zona de cliente del CS, fabricada por ORMAZABAL formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgm.3-v de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede incorporar una alarma sonora de prevención de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:
 - Tensión asignada: 24 kV

- Intensidad asignada: 630 A
- Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min)
 - a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kV
- Capacidad de corte en cortocircuito: 21 kA.
- Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
 - Ancho: 600 mm
 - Fondo: 850 mm
 - Alto: 1745 mm
 - Peso: 240 kg
- Otras características constructivas:
 - Mando interruptor automático: Manual tipo AV
 - Relé de protección: ekor.rpg-2001B

Celda de medida

En la zona del CS del cliente se instalará una celda de medida, cuyo cometido será la medición, control y lectura de las magnitudes de la corriente que circule por ella. La celda se instalará con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgm.3-m de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La celda de medida de la instalación debe cumplir lo indicado en el apartado 6 de la norma NRZ102, debiendo comprobarse y adaptarse en caso necesario, que reúne las condiciones y características indicadas en los siguientes párrafos.

El equipo de medida estará constituido por los siguientes elementos:

- 3 Transformadores de intensidad.
- 3 Transformadores de tensión.
- 1 contador/registrador.
- 1 módem externo. Se aceptará interno si su sustitución, en caso de avería, no supone rotura de precintos ni afecta a la medida.

- 1 regleta de verificación que permita la verificación y/o sustitución del contador, sincronizar la alimentación del suministro.
- 1 armario de medida o módulos de doble aislamiento.
- 1 base Schuko, un interruptor magnetotérmico y un relé diferencial para la conexión de comunicaciones remotas.
- Conjunto de conductores de unión entre los secundarios de los transformadores de medida y el contador.

Transformadores de intensidad

La carga total a la que se somete el secundario de conteo no deberá exceder del 75% de la potencia de precisión nominal ni estar por debajo del 25%.

Los transformadores de intensidad para medida serán de las siguientes características:

Características comunes

- Intensidad primario: 600 A
- Potencia (VA): 10 VA
- Intensidad secundaria (Is): 5 A
- Clase (Cl): 0,5
- Gama extendida 150 % (Para $U > 36$ kV la gama extendida será 120%)
- Factor de Seguridad (F_s) ≤ 5
- Intensidad térmica de cortocircuito (I_{ter}) hasta 36 kV
 - para $I_{pn} \leq 25$ A: $I_{ter} = 200 I_{pn}$
 - para $I_{pn} > 25$ A: $I_{ter} = 80 I_{pn}$ (mínimo 5000 A)
- Intensidad dinámica de cortocircuito (I_{din}) hasta 36 kV: 2,5 I_{ter}

Conforme a lo indicado en la ITC-RAT 08 para transformadores de clase 0,5S, la relación de transformación de los transformadores de intensidad será tal que, para la potencia de diseño prevista, la intensidad secundaria se encuentre dentro del rango del 20% de la intensidad asignada y el 100% de la intensidad térmica permanente asignada (150 % de la intensidad asignada, gama extendida).

Características dependientes de la tensión nominal de la red

Los valores de tensión más elevada para el material (U_m), tensión soportada a frecuencia industrial (U_f) y tensión soportada a impulsos tipo rayo (U_I), serán los indicados a continuación:

	Tensión nominal de la red (kV)				
	10 ... 20	25 ... 32	45	55 ... 66	110 ... 132
Um (kV)	24	36	52	72,5	145
Uf (kV)	50	70	95	140	275
UI (kV)	125	170	250	325	650

Transformadores de tensión

Si la suma de los consumos de las bobinas de tensión de los aparatos conectados, incluidos los consumos propios de los conductores de unión, sobrepasase las potencias de precisión adoptadas para los transformadores de tensión, se adoptaría el correspondiente valor superior normalizado.

Los transformadores de tensión serán de las siguientes características:

Características comunes

- Tensión primaria: 22000 V
- Potencia: 10 VA
- Tensión secundaria: 110: $\sqrt{3}$ V
- Clase: 0,5

Características dependientes de la tensión primaria nominal de los transformadores de tensión

Los valores de tensión más elevada para el material (Um), tensión soportada a frecuencia industrial (Uf) y tensión soportada a impulsos tipo rayo (UI) serán los indicados a continuación:

	Tensión nominal de la red (kV)				
	10 ... 20	25 ... 32	45	55 ... 66	110 ... 132
Um (kV)	24	36	52	72,5	145
Uf (kV)	50	70	95	140	275
UI (kV)	125	170	250	325	650

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Características eléctricas:
 - Tensión asignada: 24 kV
 - Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
 - Ancho: 900 mm
 - Fondo: 1160 mm
 - Alto: 1950 mm
 - Peso: 290 kg

Celdas de línea

Estarán provistas de un interruptor-seccionador de corte en carga y un seccionador de puesta a tierra, ambos con dispositivos de señalización de posición que garanticen la ejecución de maniobra. Asimismo, dispondrán de pasapatas y de detectores de tensión que sirvan para comprobar la correspondencia entre fases y la presencia de tensión.

Esta celda a instalar con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgm.3-l de línea es una celda modular que está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

Esta celda se une mecánicamente a las adyacentes para evitar el acceso a los cables. En nuestro caso contamos con 4 celdas de línea de entrada.

- Características eléctricas:
 - Tensión asignada: 24 kV
 - Intensidad asignada: 630 A
 - Intensidad de corta duración (1s) eficaz: 21 kA.
 - Intensidad de corta duración (1s) cresta: 52,5 kA
 - Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial (1 min)
 - a tierra y entre fases: 50 kV
 - Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
 - Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
 - Ancho: 418 mm
 - Fondo: 850 mm
 - Alto: 1745 mm
 - Peso: 138 kg
- Otras características físicas:
 - Mando interruptor: motorizado tipo BM
- Otras características constructivas:
 - Mecanismo de maniobra interruptor: motorizado tipo BM

11.2.11.5. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

En nuestro caso se trata de un centro de seccionamiento sin transformador.

11.2.11.6. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

El CS estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en el propio CS.

En general la instalación de puesta a tierra estará formada por dos circuitos independientes: el correspondiente a la tierra general y el de neutro, que se diseñarán de forma que, ante un eventual defecto a tierra, la máxima diferencia de potencial que pueda aparecer en la tierra de neutro sea inferior a 1.000 V. La separación mínima entre los electrodos de los mencionados circuitos se calcula en el del documento Cálculos justificativos.

Se podrá prescindir de una red independiente de puesta a tierra de neutro en aquellos casos en los que la intensidad de defecto y la resistencia de puesta a tierra general sean tales que ante un posible defecto a tierra la elevación de potencial en la red de la instalación de puesta a tierra sea inferior a 1.000 V.

Se conectarán al circuito de puesta a tierra general las masas de AT y BT y más concretamente los siguientes elementos:

- Envolturas y pantallas metálicas de los cables.
- Envolvente metálica de las celdas de distribución secundaria y cuadros de BT.
- Bornas de tierra de los detectores de tensión.
- Bornas de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de BT.
- Pantallas o enrejados de protección.
- Mallazo equipotencial de la solera.
- Tapas y marco metálico de los canales de cables.

Las rejillas de ventilación y las puertas se instalarán de manera que no estén en contacto con la red de tierra general del CS.

11.2.11.6.1. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Para diseñar la instalación de puesta a tierra se ha utilizado el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” elaborado por UNESA.

El método UNESA establece el siguiente procedimiento a seguir para el diseño de la instalación de puesta a tierra de un CT:

1.- Investigación de las características del terreno. Se admite la estimación del valor de la resistividad del terreno, con los condicionantes especificados en la ITC-RAT 13, aunque resulta conveniente medirla in situ mediante el método de Wenner. Sin embargo, al tratarse de una instalación de tercera categoría según lo estipulado en el artículo 3 del RD 223/2008, bastará con una inspección visual del terreno para determinar el nivel de resistividad del mismo según la tabla 2 del apartado 4 de la ITC-RAT 13.

2.- Determinación de la intensidad de defecto a tierra y del tiempo máximo de eliminación del defecto. El cálculo de la intensidad de defecto tiene una formulación diferente según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro, pudiendo ser:

Neutro aislado.

Neutro unido a tierra.

Directamente.

Mediante impedancia.

3.- Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.

4.- Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

5.- Cálculo de las tensiones de paso en el exterior del CT.

6.- Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior del CT.

7.- Comprobación de que las tensiones de paso y contacto son inferiores a los valores máximos admisibles definidos en el ITC-RAT 13 "Instalaciones de puesta a tierra".

8.- Investigación de las tensiones transferidas al exterior.

9.- Corrección y ajuste del diseño inicial.

En el documento Cálculos Justificativos del presente Proyecto Tipo se desarrolla el procedimiento de cálculo y justificación de la instalación de puesta a tierra que se aplicará.

11.2.11.6.2. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Los elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra son los electrodos de puesta a tierra y las líneas de tierra.

11.2.11.6.3. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

La composición de los electrodos podrá estar formada por una combinación de:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, referenciadas en la norma informativa NNZ035 Picas cilíndricas para puesta a tierra.
- Conductores enterrados horizontalmente (cable de cobre C-50).

Las picas se hincarán verticalmente quedando su extremo superior a una profundidad no inferior a 0,5 m.

Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la del extremo superior de las picas.

Se utilizarán electrodos alojados en perforaciones profundas para instalaciones ubicadas en terrenos con una elevada resistividad, o por cualquier otra causa debidamente justificada.

11.2.11.6.4. LÍNEAS DE PUESTA A TIERRA

Las líneas de puesta a tierra se realizarán con conductores de cobre desnudo de una sección mínima de 50 mm² o con conductores de aluminio aislado de 95 mm². Cuando se empleen conductores de

aluminio, la unión entre conductores de aluminio y cobre deberá realizarse con los medios y materiales adecuados.

La línea de tierra del neutro estará aislada en todo su recorrido con un nivel de aislamiento de 0,6/1 kV, de 10 kV eficaces en ensayo de corta duración (1 minuto) a frecuencia industrial y de 20 kV a impulso tipo rayo 1,2/50 kV.

11.2.11.6.5. EJECUCIÓN DE PUESTA A TIERRA EN GENERAL

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de seccionamiento se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por el contrario, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

La puesta a tierra general del CS estará constituida por picas en hilera unidas entre sí mediante cable de cobre desnudo de 50 mm² y alojadas en una zanja, en el exterior del edificio, de una profundidad mínima de 0,5 m. La línea de tierra entre la caja de seccionamiento dispuesta para tal efecto en el interior del CS y la primera pica se realizará con cable aislado del tipo XZ1, aislamiento 0,6/1 kV y sección 50 mm² de cobre o 95 mm² de aluminio.

Con el objeto de facilitar la conexión de los distintos elementos se instalará, grapado a las paredes interiores del CS, ligeramente separado de éstas, y a unos 30 cm del nivel del suelo, un anillo perimetral con cable de cobre desnudo de 50 mm², o aluminio de 95 mm², al que se conectarán mediante cables del mismo material y piezas de conexión con apriete mecánico según UNE 21021, los distintos elementos a poner a tierra.

El mallazo equipotencial de la solera se conectará a la tierra general del CS y para ello se utilizarán al menos dos latiguillos de cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, o aluminio de 95 mm², dispuestos en al menos dos puntos diametralmente opuestos del CS.

El anillo perimetral se conectará al electrodo de puesta a tierra mediante, al menos, dos latiguillos de cable de cobre de 50 mm² de sección, o aluminio de 95 mm², situados en dos puntos opuestos.

Para el paso a través de la solera los latiguillos de conexión discurrirán por el interior de tubos de PVC.

En la instalación de la puesta a tierra general y en la conexión de elementos a la misma, se cumplirán las siguientes condiciones:

- El recorrido de la línea que constituye el circuito de protección será rectilíneo y paralelo o perpendicular al suelo del CS.
- La parte de la instalación de la puesta a tierra general que discurre por el interior del CS (líneas de puesta a tierra) será revisable visualmente en todo su recorrido.
- Se instalarán un borne de conexión y seccionamiento para la medida de la resistencia de tierra en los que será posible la inserción de una pinza amperimétrica para la medición de la corriente de fuga o la continuidad del bucle.
- Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.

- No se unirá a la instalación de puesta a tierra general ningún elemento metálico situado en los perímetros exteriores del CS, tales como puertas de acceso, rejillas de ventilación, etc.
- La pletina de puesta a tierra de las celdas de distribución secundaria se conectará al circuito de tierra general en sus dos extremos.

11.2.11.6.6. EJECUCIÓN DE PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

En nuestro caso no es necesario disponer de tierra de servicio, al no contar con sistema de neutro en BT o AT. En el caso de la alimentación de BT mediante la celda de servicios auxiliares, el secundario del transformador de tensión se conectará a la tierra de protección de la instalación.

11.2.11.6.7. MEDIDAS ADICIONALES

El valor de las resistencias de puesta a tierra general y de neutro será tal que, en caso de defecto a tierra, las tensiones máximas de paso y contacto no alcancen los valores peligrosos considerados en la ITC-RAT 13.

Si esto no fuera posible, se adoptarán medidas de seguridad adicionales tendentes a adecuar dichos valores de las tensiones de paso y contacto en el exterior del CS. En cualquier caso, la siguiente medida será de carácter obligatorio:

Construir exteriormente al CS una acera perimetral de 1 m de ancho por 10 cm de espesor, armada y localizada en la zona normalmente utilizada para acceder al mismo, que aporte una elevada resistividad superficial incluso después de haber llovido. El armado de la acera perimetral no se conectará a la tierra general.

11.2.11.7. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

En el CS se instalará un concentrador de telegestión, cuya función es el almacenamiento de las lecturas de los contadores de BT conectados en las redes de BT que se suministran desde el CS.

Con la finalidad de permitir la instalación de dicho concentrador, y para cada transformador MT/BT previsto en el CS, se dispondrá una base aislante anclada a la cara interior de uno de los cerramientos de forma que toda su superficie quede accesible en condiciones normales de explotación una vez estén instalados todos los equipos previstos en el CS, y de forma que no obstaculice las operaciones normales de operación y mantenimiento del centro.

Las dimensiones e instalación de la base se referencian en la norma informativa FNH001 Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie.

La instalación del concentrador le corresponderá a EDE.

11.2.11.8. SISTEMA DE MEDIDA

El conjunto consta de dos equipos de medida con contador tarifador electrónico multifunción, un registrador electrónico, caja de resistencias de carga, una regleta de verificación, etc. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

11.2.11.9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. PLAN DE SEGURIDAD

Durante la construcción e instalación del CS se deberán aplicar las prescripciones e instrucciones de seguridad descritos en la legislación vigente, así como los criterios de seguridad que se establezcan en el Estudio de Seguridad y Salud que la dirección de obra deberá formalizar para cada obra.

El Plan de Seguridad definirá la evaluación de los riesgos existentes en cada fase del proyecto y los medios dispuestos para velar por la prevención de riesgos.

11.2.11.10. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Según establece el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos magnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de dichas instalaciones.

El 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, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

La comprobación de que no se superan los valores establecidos en dicho Real Decreto se detalla en el documento Estudio de Campos Magnéticos del presente proyecto.

De este modo, si el proyecto real de CT se realiza conforme a la disposición y configuración del proyecto tipo aprobado por la compañía distribuidora, como es el caso que nos ocupa, los cálculos de campos magnéticos para la instalación real se pueden considerar idénticos a los del proyecto tipo, no siendo necesario incluir cálculos específicos adicionales.

Medidas de atenuación de campos magnéticos

Para minimizar el posible impacto de los campos magnéticos generados por el CS, se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las entradas y salidas al CS de la red de media tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán, preferentemente, la disposición en triángulo y formando ternas, o en atención a las circunstancias particulares del caso, aquella que el proyectista justifique que minimiza la generación de campos magnéticos.
- La red de baja tensión se diseñará con el criterio anterior.
- Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- En el caso que por razones constructivas no se pudieran cumplir alguno de estos condicionantes de diseño, se adoptarán medidas adicionales para minimizar dichos valores, como por ejemplo el apantallamiento.

Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control por la Administración

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de media tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados

o laboratorios acreditados en medidas magnéticas. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

En lo relativo a los métodos de medidas, tipos de instrumentación y otros requisitos se estará a lo recogido en las normas técnicas aplicables, con el orden de prelación que se indica:

- Las adoptadas por organismos europeos de normalización reconocidos: El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).
- Las internacionales adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional de Normalización (ISO) o la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). Las emanadas de organismos españoles de normalización y, en particular, de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Las especificaciones técnicas que cuenten con amplia aceptación en la industria y hayan sido elaboradas por los correspondientes organismos internacionales.

11.2.11.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En la construcción se tomarán las medidas de protección contra incendios de acuerdo a lo establecido en el apartado 5.1 del ITC-RAT 14, el Documento Básico DB-SI "Seguridad en caso de Incendio" del Código Técnico de la Edificación y las Ordenanzas Municipales aplicables en cada caso.

11.2.11.12. EXTINTORES MÓVILES

Dado que existe personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de esta tipología de instalaciones, este personal itinerante deberá llevar en sus vehículos, como mínimo, dos extintores de eficacia mínima 89B, y por lo tanto no será precisa la instalación de extintores en los CT.

11.2.11.13. VENTILACIÓN

La evacuación del calor generado en el interior del CS se efectuará según lo indicado en la ITC-RAT 14 apartado 4.4, utilizándose preferentemente el sistema de ventilación natural.

La posición y tamaño de las rejillas de ventilación estarán determinadas por la envolvente prefabricada elegida, referenciados a la norma informática FNH001 CC.TT. Prefabricados Hormigón Tipo Superficie.

11.2.11.14. INSONORIZACIÓN Y MEDIDAS ANTIVIBRACIONES

Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de media tensión, se han dimensionado 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. Además, se deberá cumplir con el Código Técnico de la Edificación, legislaciones de las comunidades autónomas y ordenanzas municipales.

Caso de sobrepasar esos límites, se tomarán medidas correctoras para minimizar y reducir la emisión de ruido y la transmisión de vibraciones producidas. El Real Decreto 1367/2007 regula, en las tablas B1 y B2 del anexo III, los valores límite de emisión de ruido al medio ambiente exterior y a los locales colindantes del CS, siendo estos valores función del tipo de área acústica. Estos niveles de ruido deben medirse de acuerdo a las indicaciones del anexo IV del RD 1367/2007.

En caso de ser necesario tomar medidas correctoras con el fin de reducir o eliminar la transmisión de vibraciones de los transformadores de distribución, se podrá instalar en cada punto de apoyo un amortiguador de baja frecuencia, hasta 5 Hz, especialmente diseñado para la suspensión de transformadores. Cada amortiguador estará formado por suelas de acero y muelles metálicos de alta resistencia. Los amortiguadores a instalar serán los adecuados en función de la carga estática a soportar, que será función del peso del transformador a instalar.

Este sistema proporcionará además el anclaje del transformador impidiendo su desplazamiento fortuito y/o paulatino a lo largo del tiempo, no autorizándose ningún otro sistema de anclaje que pudiera propiciar la transmisión mecánica de ruidos o vibraciones a otros elementos del local.

11.2.11.15. PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACION

Dado que el CS puede estar afectado por varios tipos de contaminación a la vez, en función de su ubicación, se tomarán las medidas adicionales que correspondan.

Para los CS afectados por alta contaminación salina o ambiental se tomarán las medidas siguientes:

- Las rejillas se colocarán preferentemente en la cara no afectada directamente por vientos dominantes procedentes de la contaminación, y cuando esto no sea posible se instalarán cortavientos adecuados.
- Los terminales de los cables de baja tensión, las bornas de BT del transformador y del cuadro de BT, irán protegidos mediante envoltentes aislantes.

11.2.11.16. SEÑALIZACIÓN Y MATERIAL DE SEGURIDAD

El CS estará dotado de los siguientes elementos de señalización y seguridad:

Las puertas de acceso llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo CE-14.

Las celdas de distribución secundaria y el cuadro de BT llevarán también la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico adhesiva.

La señal CR-14 C de Peligro Tensión de Retorno se instalará en el caso de que exista este riesgo.

En un lugar bien visible del interior se colocará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardíaco. Su tamaño será como mínimo UNE A-3.

11.3. ADECUACIÓN SALA DE CELDAS SET LOS SIGLOS 20/66 KV

La conexión del módulo fotovoltaico se realizará en la sala de celdas ‘Tahuna-Zorreras’ ubicada en la SET Los Siglos 20/66 kV, que actualmente alberga conexión en 20 kV de los parques eólicos Tahuna y Zorreras con la red, realizando las labores de acondicionamiento necesarias.

La adecuación se realizará en el sistema de 20 kV de la subestación, por lo que la disposición y los equipos de 66 kV no se verán afectados. Esta se realizará en el edificio de la subestación, concretamente en la sala de celdas y de control previstas para la conexión de los parques eólicos ‘Tahuna y Zorrera’s, por lo que el parque intemperie no se verá modificado.

La ampliación modificará únicamente la sala de celdas y la sala de control ‘Tahuna y Zorreras’ ya existentes en el edificio de la subestación.

A continuación, se describe el estado actual de la subestación y las modificaciones a realizar para la correcta conexión de instalación fotovoltaica Zorreras.

11.3.1. INSTALACIÓN ACTUAL

La SET Los Siglos 20/66 kV consta de las instalaciones que a continuación se describen, según puede verse en el esquema unifilar simplificado recogido en el documento nº 7 “Planos” del presente proyecto. En este esquema unifilar se han representado los transformadores de potencia y los niveles de tensión de 66 y 20 kV con los circuitos principales, figurando las conexiones existentes entre los diferentes niveles y los elementos principales de cada uno de ellos.

La subestación está conformada por los niveles de tensión de 66 y 20 kV. Los circuitos de media tensión provenientes del ‘PE Zorreras’ acometen a la subestación mediante cables subterráneos, para luego elevar su tensión mediante un transformador de potencia, a un nivel de tensión de 66 kV y exportar la potencia del parque eólico a través de una línea aérea hacia la SET Facinas 66 kV, propiedad de E-Distribución Redes Digitales. La SET Los Siglos 20/66 kV cuenta con las instalaciones que se describen en los apartados siguientes.

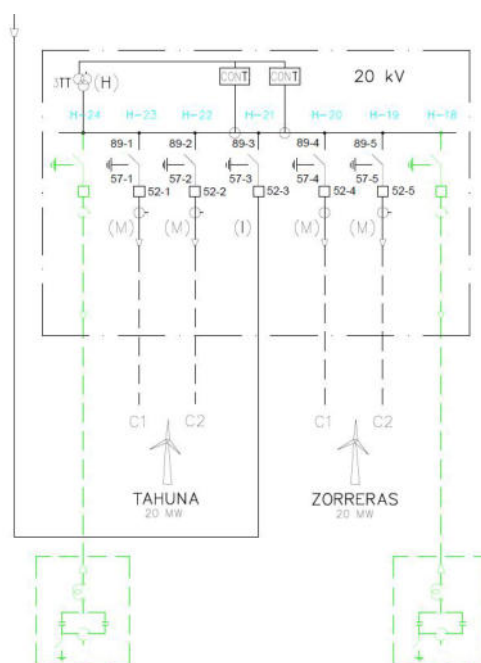


Imagen 31 Unifilar actual sala de celdas Tahuna y Zorreras

11.3.1.1. SISTEMA 20 KV INTERIOR

Los parques eólicos Tahuna y Zorreras exportan su potencia a través de dos circuitos de media tensión, cada uno, hacia la SET Los Siglos 20/66 kV. Para recibir esos circuitos y conducirlos hacia el transformador de potencia, se dispone de un sistema de 20 kV dentro del edificio de la subestación, concretamente en la sala de celdas 'Tahuna y Zorreras'. Este sistema está formado por una instalación blindada, interior, con envoltorio metálica y aislamiento para 20 kV en SF6, con configuración eléctrica de simple barra, compuesto por las siguientes celdas:

- Dos celdas de línea para el parque eólico Tahuna. (REF.-51083171MA).
- Dos celdas de línea para el parque eólico Zorreras. (REF.-51083171MA).
- Una celda de acometida de transformador de potencia. (REF.-51083197MA).

En la siguiente imagen podemos ver una vista del frontal de las celdas existentes y sus dimensiones.

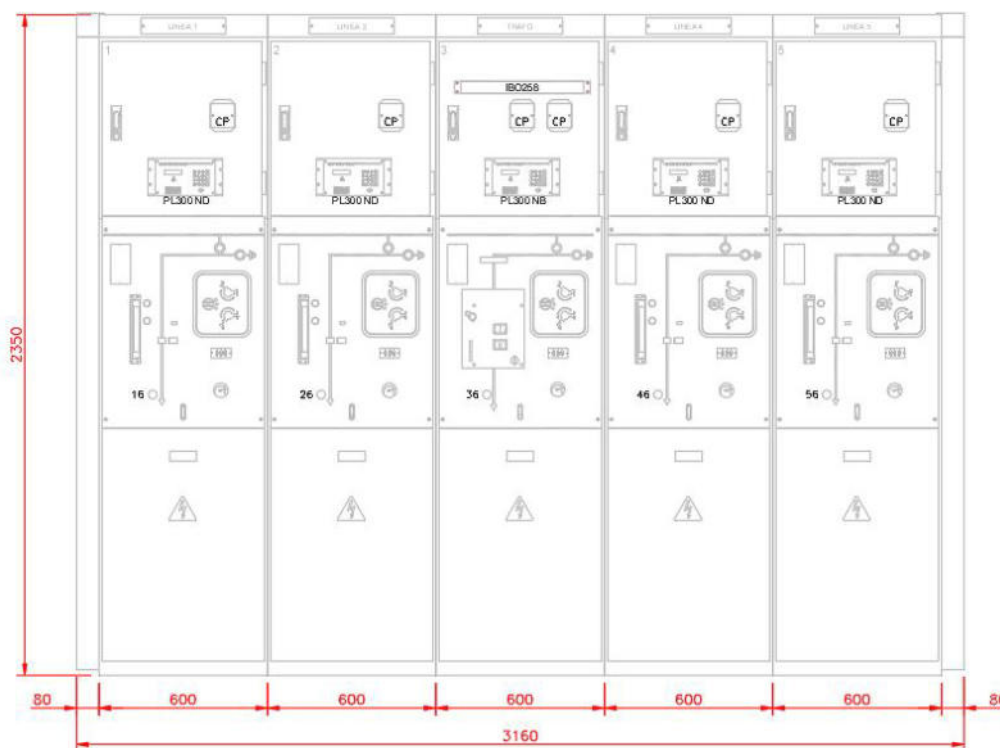


Imagen 32 Frontal de celdas existente

Las celdas de media tensión son MESA, modelo CBGS-0, de Schneider Electric. Sus características principales se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
Modelo	CBGS-0
Tensión de aislamiento asignada	24 kV
Tensión de servicio nominal	20 kV
Frecuencia	50 Hz

Nivel de aislamiento a frecuencia industrial 50 Hz	50 kV
Nivel de aislamiento a onda tipo rayo 1,2/50µS	125 kV
Intensidad nominal	630 A (celda de línea)
	1600 A (celda de trafo)
	1600 A (embarrado)
Intensidad nominal de corte	25 kA
Capacidad de cierre en cortocircuito (cresta)	63 kA

Tabla 21. Características principales de las celdas de media tensión existentes

El sistema de medida del parque eólico se encuentra en el lado de 20 kV, concretamente en la celda de transformador, existiendo dos contadores independientes, uno para el PE Tahuna y otro para el PE Zorreras. Ambos contadores se ubican en la sala de control 'Tahuna y Zorreras'.

Las características de los secundarios de los transformadores de tensión de medida incorporados en la celda de transformador son las siguientes:

Secundario I

- Potencia nominal: 25 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,2

Secundario II

- Potencia nominal: 25 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,5-3P

Secundario III

- Potencia nominal: 50 VA
- Clase de precisión: 3P

11.3.1.2. EDIFICIO

El edificio de la subestación está formado por las siguientes salas:

- Sala de equipos.
- Aseo.
- Vestuario.
- Sala de control Parque Eólico 'La Risa'.
- Sala de celdas Parques Eólicos 'Tahuna' y 'Zorreras'. (Objeto de este proyecto)
- Sala de control Parques Eólicos 'Tahuna' y 'Zorreras'. (Objeto de este proyecto)
- Sala de celdas Parque Eólico 'Hinojal'.
- Sala de control Parque Eólico 'Hinojal'.

- Sala de celdas Parques Eólicos ‘Los Siglos’ y ‘Bancal’.
- Sala de control Parques Eólicos ‘Los Siglos’ y ‘Bancal’.
- Sala de instalaciones comunes.

La disposición de equipos en las salas se puede ver en el documento nº7 “Planos” del presente proyecto.

El paso de cables de media y baja tensión dentro de la subestación se realiza a través de un hueco técnico o canal de instalaciones dispuesto entre las vigas estructurales, justo por debajo de las celdas y control mencionadas anteriormente. La altura útil del canal es de aproximadamente 700 mm y permite el paso y distribución de cables a lo largo de todas las salas de la subestación.

El acceso del cableado de media tensión proveniente de los parques eólico Tahuna y Zorreras a su correspondiente sala de celdas, se realiza mediante tres huecos existentes de 25 mm de diámetro en la pared lateral.

En la siguiente imagen se muestra el estado actual de la sala de celda y sala de control ‘Tahuna-Zorreras’:

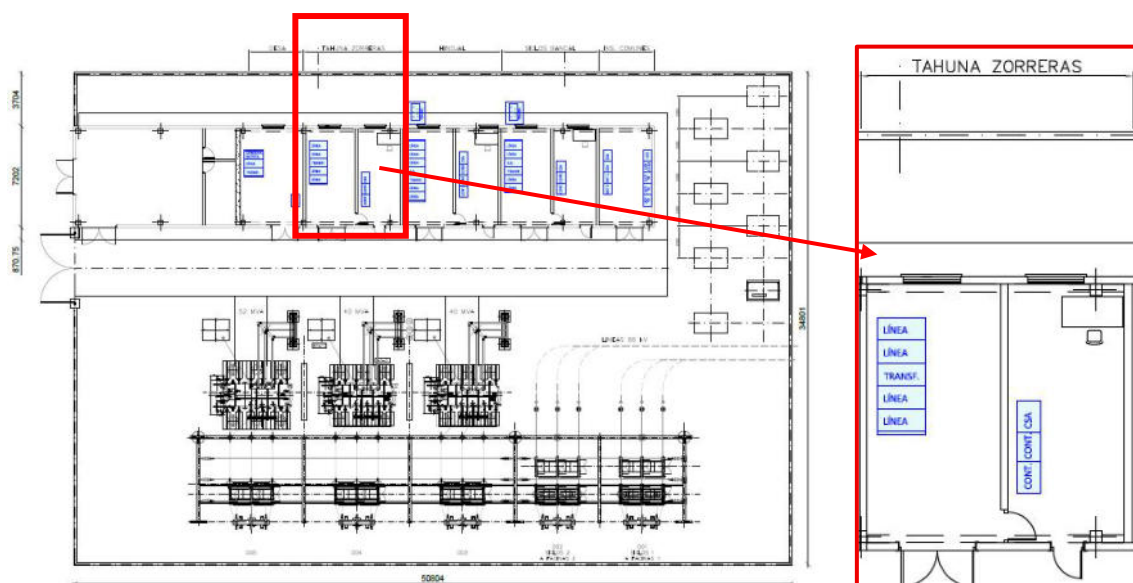


Imagen 33 Estado actual sala de celdas y control ‘Tahuna-Zorreras’ en la SET Los Siglos 20/66 kV

11.3.2. AMPLIACIÓN PREVISTA

La ampliación de la SET Los Siglos 20/66 kV consta de las instalaciones que a continuación se describen, según pueden verse en el esquema unifilar simplificado recogido en el documento nº7 “Planos” del presente proyecto.

En este esquema unifilar, se ha representado el transformador de potencia y los niveles de tensión de 66 kV y 20 kV con los circuitos principales.

La ampliación se realiza en el sistema de 20 kV de la subestación referente a los parques eólico de Tahuna y Zorreras, por lo que la disposición y los equipos de 66 kV no se verán afectados por la ampliación. Además, esta se realizará en el edificio de la subestación, por lo que el parque intemperie no se verá modificado.

La ampliación modificará la sala de celdas y la sala de control 'Tahuna y Zorreras' ya existentes en el edificio de la subestación.

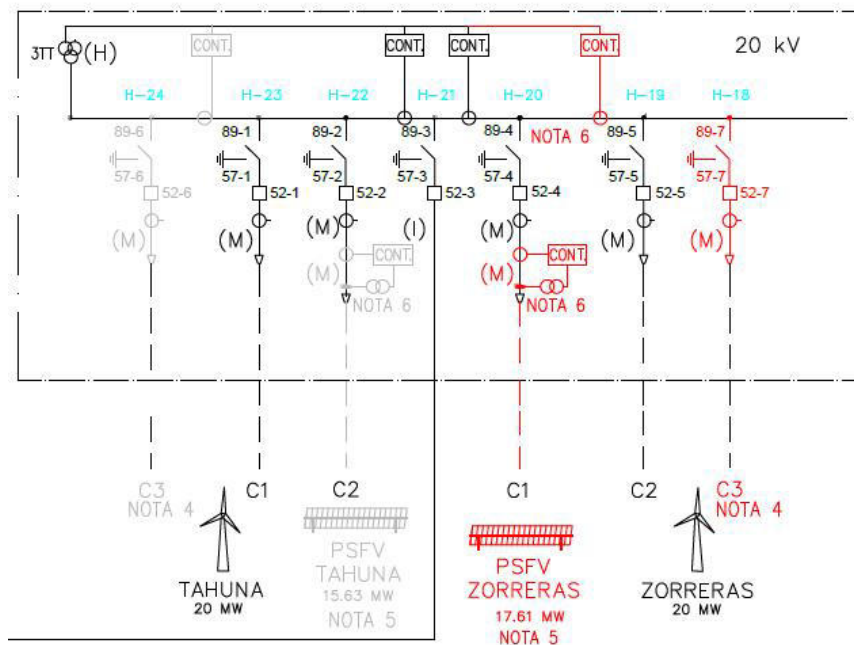


Imagen 34 Unifilar con la ampliación de la sala de celdas Tahuna y Zorreras

11.3.2.1. SISTEMA 20 KV INTERIOR

La modificación de la subestación se realiza en el sistema de 20 kV interior. El mismo posee una configuración en simple barra. Se ampliará el embarrado existente manteniendo la configuración en simple barra. Se agregará una celda de línea de media tensión, blindada, de interior, con envolvente metálica, con aislamiento en SF6, para poder exportar la potencia proveniente de la planta fotovoltaica Zorreras.

Para la Hibridación del parque eólico Zorreras se reubicará el circuito C1 en una nueva celda a instalar, el nuevo circuito proveniente de la planta fotovoltaica Zorreras se conectará en la celda donde está actualmente el circuito C1. La nueva celda se ubicará a la derecha de las celdas existentes, quedando a una distancia de 200 mm de la pared, tal y como se puede comprobar en planimetría. Esta celda estará integrada por un interruptor automático, un seccionador tripolar, un detector trifásico de presencia de tensión, tres transformadores de intensidad y terminales para cables.

Por tanto, el sistema de 20 kV quedará formado por una instalación blindada, interior, con envolvente metálica y aislamiento para 24 kV, en SF6, con una configuración eléctrica de simple barra, formada por un total de 7 celdas:

- Dos celdas de línea para el parque eólico Tahuna.
- Dos celdas de línea para el parque eólico Zorreras.
- Una celda de acometida de transformador de potencia.
- Una celda de línea para la planta fotovoltaica Zorreras. (Objeto de este proyecto).
- Una celda de línea para la planta fotovoltaica Tahuna. (Objeto de otro proyecto).

En la celda de transformador existente está incorporada la celda de medida.

La nueva celda de línea tendrá las características que se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
Tipo de celda	Blindada, SF6
Servicio	Continuo, interior
Tensión de aislamiento asignada	24 kV
Tensión de servicio nominal	20 kV
Frecuencia	50 Hz
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial 50 Hz	50 kV
Nivel de aislamiento a onda tipo rayo 1,2/50µS	125 kV
Intensidad nominal	630 A
Intensidad nominal de corte	25 kA
Capacidad de cierre en cortocircuito (cresta)	63 kA
Grado de protección (compartimiento AT)	IP65
Grado de protección (compartimiento BT)	IP3X-IP41

Tabla 22. Características principales de la nueva celda de línea a instalar

Esta celda estará integrada por los siguientes elementos:

- 1 interruptor automático de potencia de corte en SF6
- 1 seccionador tripolar de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra)
- 1 detector trifásico de presencia de tensión
- 3 transformadores de intensidad de fase con tres núcleos secundarios
- 1 transformador de intensidad toroidal
- Terminales para cables

El interruptor cumplirá con las características descriptas en el presente apartado y con lo establecido en la norma IEC 62271-100 para la clase M2, y también con los siguientes requisitos:

- Tendrá un indicador de apertura/cierre, así como un indicador del estado de tensado de muelles, y un contador de maniobras.
- La vigilancia de la densidad del gas SF6 será realizada a través del sistema de vigilancia del gas.

Este sistema debe indicar las alarmas de la siguiente forma:

- Eléctricamente, una disminución de densidad por debajo el valor nominal de presión de gas, pero por encima del nivel mínimo necesario para maniobras seguras, mediante contacto(s) normalmente cerrado(s) (alarma 1 o baja densidad de gas SF6).

- Eléctricamente, una disminución adicional de densidad hasta el nivel mínimo necesario para realizar una maniobra, mediante normalmente contacto(s) cerrado(s) (alarma 2 o inadmisible densidad de gas SF6).

Los seccionadores cumplirán con lo establecido en la norma IEC 62271-102 y con las características descriptas en el presente apartado, así como con los siguientes requisitos:

- Corriente de fuga en posición abierto < 0,5 mA
- Un conjunto de contactos auxiliares según esquemas eléctricos
- Dispondrá de un dispositivo que indique su apertura

Los transformadores de intensidad tendrán unas características eléctricas que cumplirán con la norma IEC 61869-2.

Tanto el parque eólico, como la planta fotovoltaica exportan la potencia generada a través de la celda de acometida de transformador existente.

11.3.2.2. EDIFICIO

Con la presente ampliación se ve modificada la sala de celdas y la sala de control 'Tahuna y Zorreras' del edificio. En la sala de celdas se agregará una celda de línea, mientras que en la sala de control se agregará un armario de medida para dos nuevos contadores.

Los circuitos provenientes de la planta fotovoltaica Zorreras acometerán al hueco técnico de la sala de celdas a través de dos 2 orificios de diámetro 25 mm a realizar en el lateral del edificio, junto a los existentes, tal como se ve en el documento nº 7 "Planos" del presente proyecto.

En la siguiente imagen se muestra el estado con la ampliación la sala de celda y sala de control 'Tahuna-Zorreras':

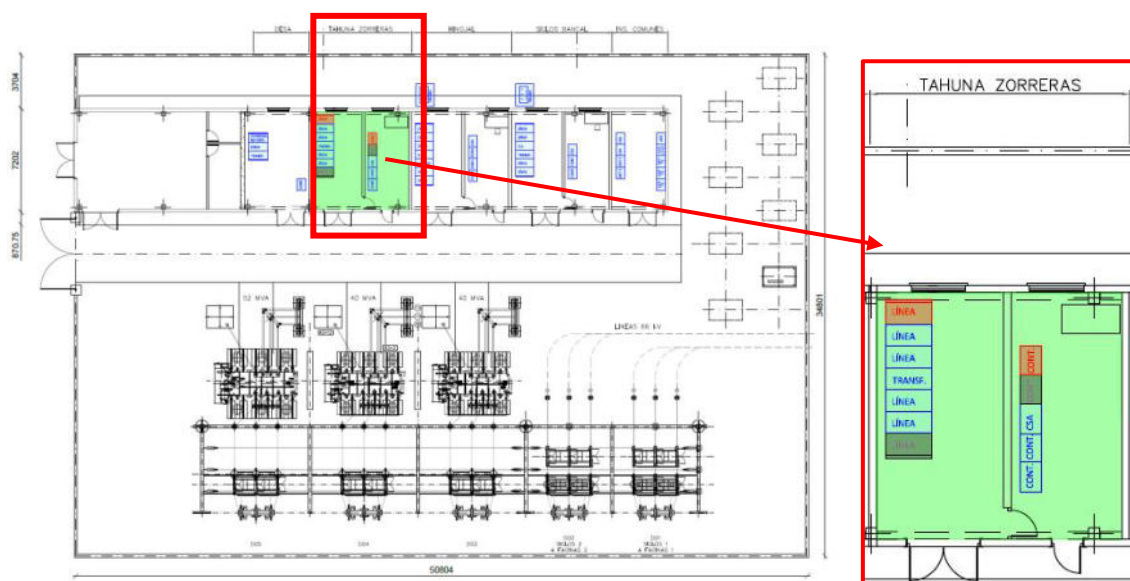
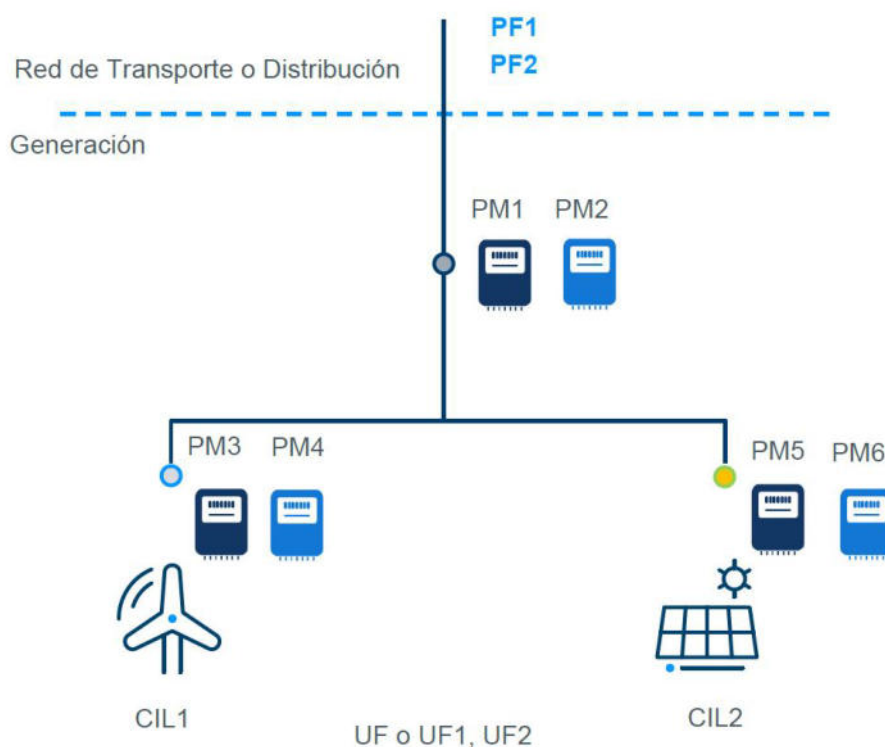


Imagen 35 Estado con la ampliación sala de celdas y control 'Tahuna-Zorreras' en la SET Los Siglos 20/66 kV

11.3.3. MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Actualmente, la medida de los parques eólicos Tahuna y Zorreras se encuentra en el lado de 20 kV y dispone de dos contadores para medida de la energía de cada parque.

Según la normativa de Red Eléctrica de España S.A., para una instalación híbrida con dos módulos de generación de distinta tecnología, sin almacenamiento y sin autoconsumo, se establecerá un punto de medida principal en el punto de conexión y en cada módulo de generación, según el siguiente esquema:



Cumpliendo con lo especificado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y más concretamente en las instrucciones técnicas complementarias, para puntos de medida de tipo 1 (potencia intercambiada anual igual o superior a 5 GWh) se instalarán contadores de energía activa de clase 0,2s y reactiva de clase 0,5 para medida principal y redundante.

Según el vigente Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, tanto para medida principal como para medida redundante, se utilizará:

- Contador de energías activa y reactiva, a cuatro hilos con clases de precisión mejores o iguales a 0,2S y 0,5 para activa y reactiva respectivamente, bidireccional, con emisor de impulsos.
- Registrador.
- Módem de comunicaciones.
- Tres módulos tarificadores de cuatro entradas con reloj interno incorporado y salida serie de comunicaciones.

Para medir la intensidad de la planta fotovoltaica Zorreras se modificará la celda de media tensión actual del circuito C1, instalando transformadores de intensidad y utilizando el secundario I:

Secundario I

- Potencia nominal: 10 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,2s

Para medir la intensidad del parque eólico Zorreras se utilizará el secundario I de los transformadores de intensidad a instalar en el embarrado 20 kV:

Secundario I

- Potencia nominal: 10 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,2s

Para medir la intensidad total de la hibridación del parque eólico y la planta fotovoltaica, se utilizará el secundario de los transformadores de intensidad existentes en el embarrado de 20 kV.

Secundario I

- Potencia nominal: 10 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,2s

Para medir la tensión de la hibridación y del parque eólico, se utilizará el secundario I de los transformadores de tensión existentes de la celda de transformador. Para la medida de la tensión de la planta fotovoltaica Zorreras, se modificará la celda de media tensión actual del circuito C1, instalando transformadores de tensión y utilizando el secundario I:

Secundario I

- Potencia nominal: 25 VA
- Clase de precisión: Cl. 0,2

Físicamente, se instalarán 2 (dos) nuevos contadores de medida en un nuevo armario, el cual se ubicará en sala de control del edificio. Uno de los contadores será para la PSFV Zorreras y otro para el PE Zorreras. El contador existente se utilizará para la medida totalizadora de conjunto del módulo fotovoltaico y del módulo eólico

El conjunto consta de tres equipos de medida con contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico, caja de resistencias de carga, una regleta de verificación, etc. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos, ubicado en el Centro de Control.

11.3.4. UNIDADES DE PROTECCIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL

Unidad de Control: RGDAT

Equipo detector de paso de falta, instalado en celdas GSM001, con las siguientes características:

- Funciones de protección.
 - Sobreintensidad de fase.
 - Sobreintensidad direccional de tierra.
 - Presencia de tensión.
- 2 Transformadores de intensidad de fase.
- 1 Transformador de intensidad homopolar.
- 1 Manguera de interconexión con la UP.

Unidad de Telecontrol: CM-UP

Armario sobrecelda tipo CM-UP (Ceiling-mounted indoor cabinet container) según norma GTRS001, conteniendo en su interior, debidamente montados y conexiados, los siguientes aparatos y materiales:

- 1 Cargador-batería con las siguientes características técnicas:
 - Tensión de alimentación: 230Vca monofásica.
 - Frecuencia: 50 Hz.
 - Tensión nominal de salida: 24Vcc.
 - Intensidad de salida: 5 A.
 - Capacidad nominal: 25 Ah.
 - Batería de Pb vida mínima de 10 años.
- 1 Unidad Remota de Telemando; RTU tipo UE8 para el control de las celdas y conexión con el Puesto de control.
- 1 Cajón de comunicaciones con bandeja extraíble, para la instalación de los elementos de comunicaciones.

Las celdas incorporarán los siguientes equipos:

Celdas de línea norma GSM001:

- Soporte para detector de paso de falta RGDAT.
- Enchufe para conexión del RGDAT, compatible con indicador de presencia de voltaje ekor.ivds.
- Control de circuito auxiliar, con botones de apertura y cierre.

Posición de fusibles norma GSM001:

Cable de conexión con la UP, para la señalización de Cerrado.

12. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN

12.1. OBJETO

La simulación energética a la instalación fotovoltaica tiene como objetivo conocer la energía generada por la instalación durante el tiempo de funcionamiento de ésta. La simulación ha sido realizada con el software PVSyst versión 7.3.

Las consideraciones realizadas y los resultados desglosados de la simulación se detallan en profundidad en el Documento Nº 2 Cálculos, Anexo VII - Cálculos energéticos.

12.2. SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La simulación energética en PVSyst se ha realizado para la instalación fotovoltaica.

Esta cuenta con una configuración de 26.883 módulos de 720 Wp, 927 strings totales de 29 módulos, 4 inversores de 2935 kVA y 3 inversores de 1955 kVA y factor de potencia 1.

12.3. RESUMEN DE DATOS METEOROLÓGICOS Y PRODUCCIONES

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	78.8	29.97	12.00	108.8	98.5	1953	1922	0.913
Febrero	96.0	40.14	12.65	127.1	118.1	2338	2299	0.935
Marzo	138.4	60.79	14.74	180.6	168.6	3299	3246	0.928
Abril	171.0	69.92	16.46	220.1	207.7	3996	3927	0.922
Mayo	211.9	76.03	19.46	277.2	262.5	4954	4869	0.907
Junio	230.7	73.75	22.33	300.8	286.6	5350	5256	0.903
Julio	237.7	68.91	24.68	314.4	299.1	5525	5430	0.892
Agosto	211.7	68.39	25.01	280.4	265.8	4948	4865	0.896
Septiembre	160.0	56.34	22.34	212.8	201.0	3801	3735	0.907
Octubre	124.0	47.46	19.73	166.2	154.6	2978	2930	0.911
Noviembre	87.0	33.29	15.30	120.1	110.2	2161	2126	0.915
Diciembre	72.1	28.69	13.14	100.0	90.2	1786	1759	0.909
Año	1819.3	653.67	18.19	2408.6	2263.0	43089	42364	0.909

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

DiffHor Irradiación difusa horizontal

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Global incidente plano receptor

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

EArray Energía efectiva a la salida del conjunto

E_Grid Energía inyectada en la red

PR Proporción de rendimiento

Tabla 23. Resultado de datos meteorológicos y producciones

12.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ENERGÉTICOS OBTENIDOS

A continuación, se muestra la tabla resumen con los resultados obtenidos de la simulación:

RESUMEN DE RESULTADOS	
Producción anual (POI)	42364 MWh/año
Horas equivalentes año	2.189 kWh/kWp/año
Performance Ratio (PR)	90,87 %

Tabla 24. Resumen de resultados de la simulación

12.5. DETALLE PÉRDIDAS ESTIMADAS

El valor de las producciones dadas incluye las siguientes pérdidas energéticas del sistema fotovoltaico:

- Pérdidas debidas a sombreado próximo.
- Pérdidas debidas a reflectancia angular y espectral.
- Pérdidas debidas a bajo nivel de Irradiancia.
- Pérdidas debidas a suciedad.
- Pérdidas debidas a la tolerancia del módulo.
- Pérdidas debidas a Temperatura.
- Pérdidas debidas a la no uniformidad y dispersión de parámetros (mismatch).
- Pérdidas asociadas a la salida del inversor (debidas a la conversión DC/AC y al no seguimiento del punto de máxima potencia MPP).
- Pérdidas óhmicas en el cableado de Baja Tensión (tanto en DC como en AC).
- Pérdidas en el Transformador de MT.
- Pérdidas por Servicios Auxiliares diurnos y nocturnos.
- Pérdidas óhmicas en el cableado de MT.
- Pérdidas por Indisponibilidad.
- Pérdidas debidas a la degradación del módulo para el primer año (incluida Degradación Inicial: LID).
- Pérdidas resistivas / inductivas.
- Pérdidas en el hierro.

A continuación, se muestran los valores de pérdidas estimadas para el primer año:

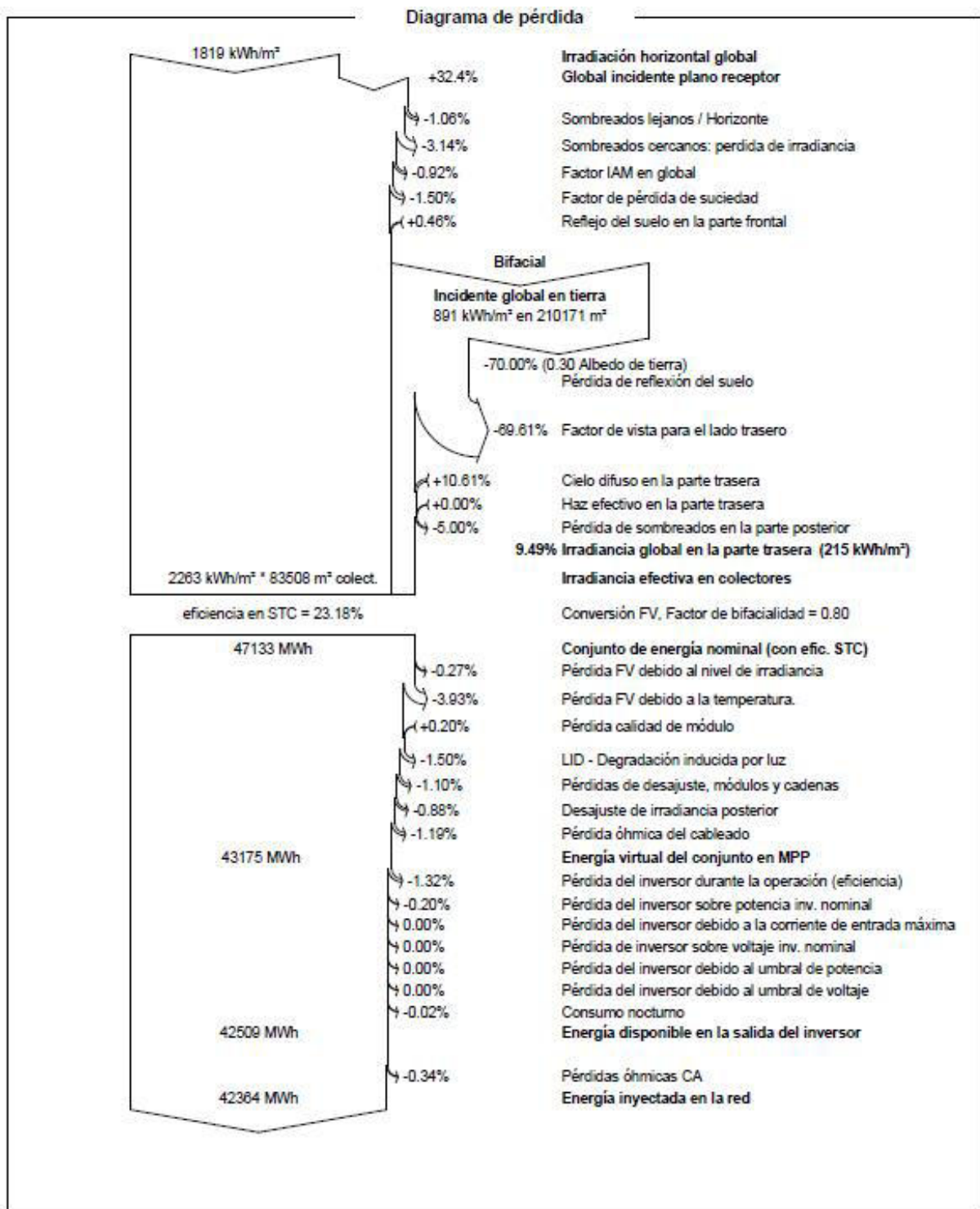


Imagen 36 Datos de pérdidas estimadas

El modelo que se ha utilizado para realizar la transposición al plano inclinado es el modelo de Perez-Ineichen.

Los resultados han sido obtenidos con el software de simulación PVSYST versión 7.3 y otras herramientas internas de cálculo, utilizadas para el dimensionamiento de plantas fotovoltaicas.

Las pérdidas por indisponibilidad consideradas son del 1,5%. El cálculo de las producciones se ha realizado a factor de potencia 1.

En cuanto al consumo de servicios auxiliares, sólo se han tenido en cuenta el de los equipos cuya alimentación se realiza a partir de los Centros de Transformación (inversores y transformadores), el resto de los servicios auxiliares generales de la planta (iluminación, etc.), no han sido incluidos como pérdida en los cálculos de producción.

En el Documento Nº 2 Cálculos, Anexo VII - Cálculos energéticos, se detalla cómo se han obtenido estos resultados mediante la utilización del software PVSyst.

13. CÁLCULOS

En el Documento Nº 2 Cálculos se adjuntan la justificación de los siguientes cálculos:

- Anexo I. Cálculos eléctricos en baja tensión.
- Anexo II. Cálculos eléctricos en media tensión.
- Anexo III. Cálculo de la red de tierras.
- Anexo IV. Límites de Ruido conforme RD 337/2014.
- Anexo V. Cálculo de campos magnéticos.
- Anexo VI. Movimiento de tierras.
- Anexo VII. Cálculos energéticos.

14. PRESUPUESTO

El resumen del presupuesto de ejecución de la obra se detalla en la siguiente tabla. En el Documento Nº 6 Presupuesto, se incluye el desglose por unidades de obra.

RESUMEN PRESUPUESTO		
Nº	CAPÍTULOS	TOTAL
1	EQUIPOS PRINCIPALES	6.216.767,20 €
2	OBRA CIVIL	1.164.184,23 €
3	SUMINISTRO CABLEADO	438.061,47 €
4	INSTALACION ELECTRICA	232.275,39 €
5	MONTAJE MECANICO	1.299.350,14 €
6	MONITORIZACION	161.329,29 €
7	INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN	379.025,25 €
8	ADECUACIÓN SALA CELDAS SET	73.344,00 €
9	SEGURIDAD	385.289,65 €
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		10.349.626,61 €
10	GESTIÓN DE RESIDUOS	35.799,88 €
11	SEGURIDAD Y SALUD	98.870,31 €
PRESUPUESTO EJECUCIÓN TOTAL (PET)		10.484.296,80 €

El presupuesto del presente proyecto asciende a la cantidad **DIEZ MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SERIS EUROS OCHENTA CÉNTIMOS (10.484.296,80€).**

15. PLANOS

Los planos recogidos en el Documento N°7, son los siguientes:

PLANOS DEL PROYECTO	
Numeración	Nombre
01	Situación
02	Situación sobre plano y normas urbanísticas
03	Emplazamiento parcelas afectadas por recinto fotovoltaico
04	Implantación PSFV
05	Implantación General
6.1	Afecciones. Vías pecuarias
6.2	Afecciones. Dominio Público Hidráulico
6.3	Afecciones. Aerogeneradores
6.4	Afecciones. Gaseoducto
6.5	Afecciones. Líneas eléctricas
6.6	Afecciones. Arqueología
6.7	Ocupación y distancias a linderos y edificaciones
07	Acceso a PSF
08	Parcelario de afecciones
09	Sección tipo caminos
10	Trazado media tensión
11	Detalle zanjas MT
12	Trazado zanjas BT
13.1	Detalle zanjas CC de seguidores a string box
13.2	Detalle zanjas CC de string box a inversores
14	Trazado zanjas PAT
15.1	Detalle de puesta a tierra
15.2	Detalle de puesta a tierra
15.3	Detalle de puesta a tierra
16	Disposición CCTV
17	Detalle CCTV

PLANOS DEL PROYECTO	
Numeración	Nombre
18.1	Cerramiento perimetral
18.2	Cerramiento perimetral
18.3	Cerramiento perimetral
19	Esquema unifilar MT
20	Esquema unifilar tipo inversor FS2935K
21	Esquema unifilar tipo inversor FS1955K
22	Esquema unifilar centro de seccionamiento
23	Esquema sistema de control y monitorización
24	Detalle Power Station simple
25	Detalle módulo fotovoltaico
26	Detalle de estructura seguidor
27	Detalle centro de control
28	Gestión de residuos
29	Implantación PSF y desmantelamiento
30	Infraestructura de evacuación
31	Cruzamientos y paralelismos con canalizaciones existentes
32	Esquema conexión infraestructura evacuación
33	Detalle centro de seccionamiento
34	Detalle canalización línea evacuación (Tipo 2)
35	Detalle canalización línea evacuación (Tipo 3)
36	Detalle tapas de arquetas registrables
37	Detalle arquetas tipo A1
38	Detalle arquetas tipo A2
39	Detalle puesta a tierra centro de seccionamiento
40	Esquema servicios auxiliares del centro de seccionamiento
41	Situación actual. Planta general eléctrica-SET
42	Adecuación. Planta general eléctrica-SET
43	Adecuación. Planta general acotada y disposición de equipos-SET

PLANOS DEL PROYECTO	
Numeración	Nombre
44	Adecuación. Secciones-SET
45	Situación actual. Esquema unifilar-SET
46	Adecuación. Esquema unifilar-SET
47.1	Movimiento de tierras
47.2	Movimiento de tierras

Tabla 25. Listado Planos Proyecto

16. CRONOGRAMA

El cronograma de la obra a la instalación fotovoltaica se indica a continuación.

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA ZORRERAS DE 17,61 MWn

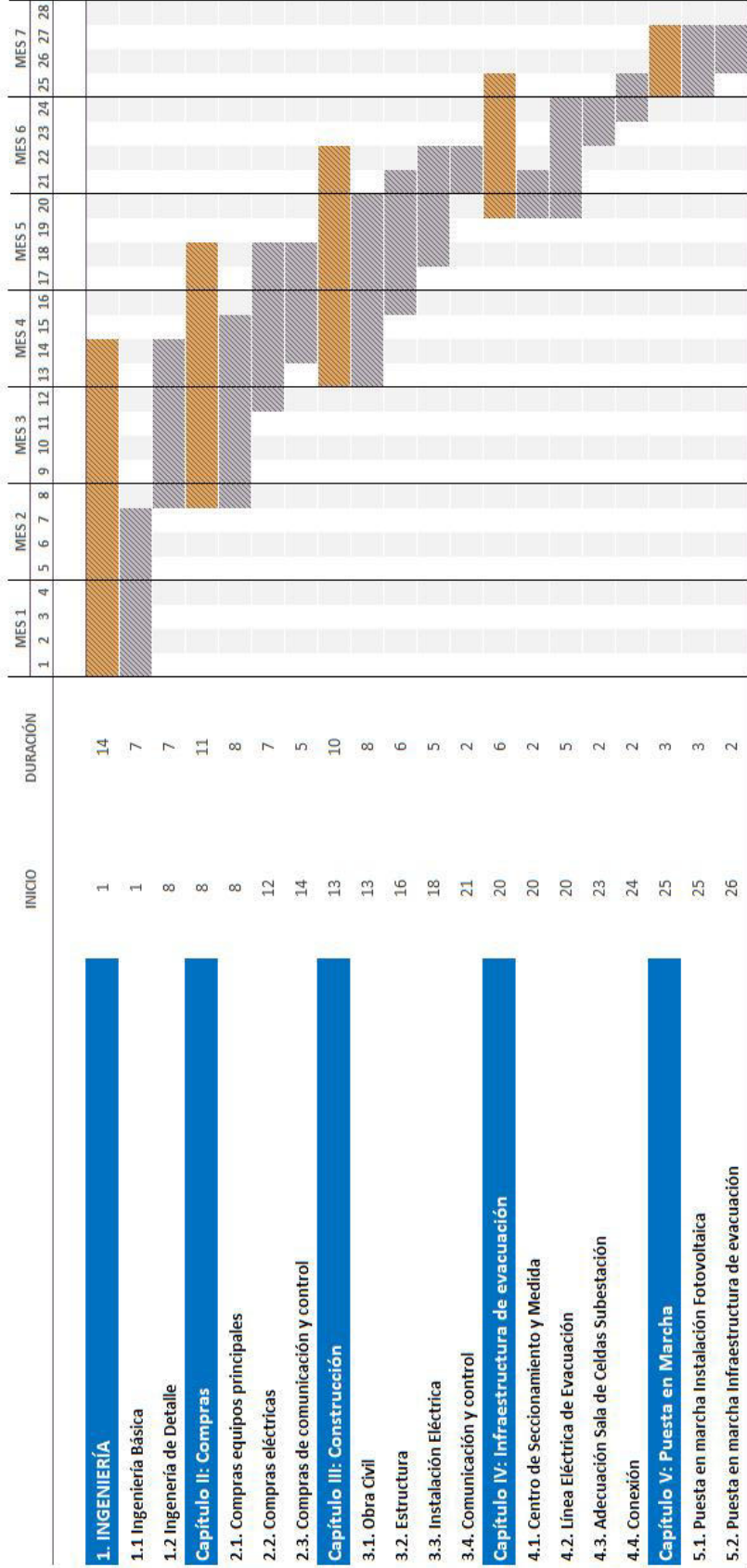


Imagen 37 Cronograma de obra

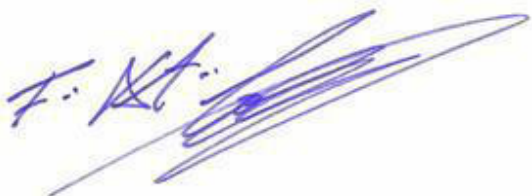
17. RELACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS AFECTADOS (RBDA)

En el anexo II Relación de bienes y derechos afectados se incluye la RBDA en la que aparece todas las parcelas afectadas por la instalación fotovoltaica “Zorreras” y su infraestructura de evacuación.

Cabe destacar que en este documento se distingue entre parcelas afectadas por la instalación fotovoltaica, en la que se incluye todo lo que está dentro del vallado (por ejemplo, área ocupada por los módulos o los centros de transformación), los caminos de acceso afectados y la infraestructura de evacuación hasta el SET Los Siglos 20/66 kV, que se encuentran fuera del vallado.

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial

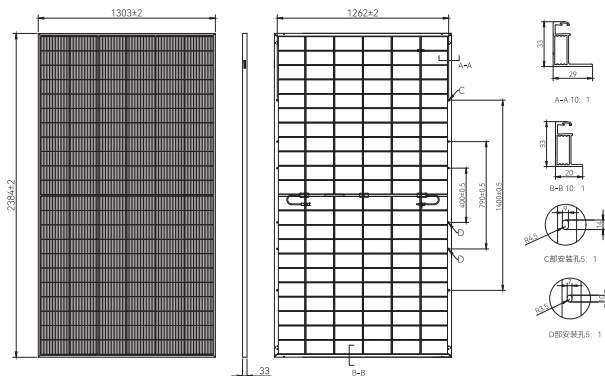


Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

ANEXO I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS PRINCIPALES

 DRAWINGS (Unit: mm) Electrical Characteristics (STC)

Moduel type: TWMNF-66HDXXX

Maximum Power: Pmax [W]	700	705	710	715	720
Open Circuit Voltage: Voc [V]	48.60	48.77	48.94	49.11	49.28
Short Circuit Current: Isc [A]	18.35	18.40	18.45	18.50	18.55
Voltage at Maximum Power: Vmp [V]	40.35	40.52	40.69	40.86	41.03
Current at Maximum Power: Imp [A]	17.35	17.40	17.45	17.50	17.55
Module Efficiency: η [%]	22.5	22.7	22.9	23.0	23.2

* STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5 Electrical Characteristics (NMOT)

Maximum Power: Pmax [W]	526	530	534	538	541
Open Circuit Voltage: Voc [V]	46.17	46.33	46.49	46.65	46.82
Short Circuit Current: Isc [A]	14.82	14.86	14.90	14.94	14.98
Voltage at Maximum Power: Vmp [V]	37.55	37.73	37.90	38.08	38.18
Current at Maximum Power: Imp [A]	14.01	14.05	14.09	14.13	14.17

* NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Rear Power Gain)

5%	Maximum Power: Pmax[W]	735	740	745	750	756
	Module Efficiency: η [%]	23.7	23.8	24.0	24.1	24.3
15%	Maximum Power: Pmax[W]	805	810	816	822	828
	Module Efficiency: η [%]	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7
25%	Maximum Power: Pmax[W]	875	881	887	893	900
	Module Efficiency: η [%]	28.2	28.4	28.6	28.7	29.0

 TEMPERATURE PARAMETERS

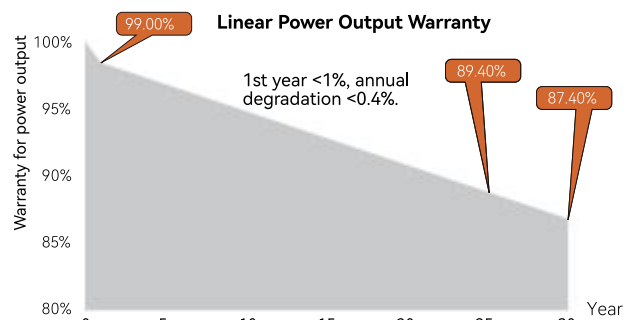
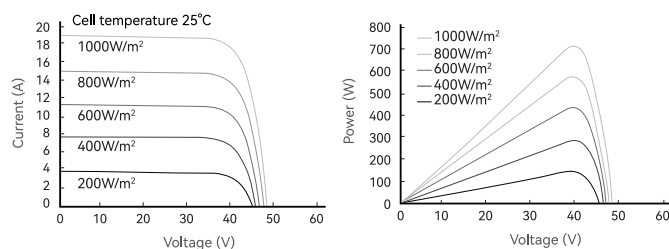
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.28%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.24%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	+0.046%/°C
NMOT	45±2°C

 MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Maximum Series Fuse Rating	35A
Power Output Tolerance	0~+3%
Bifaciality	80±5%

 MECHANICAL PARAMETERS

Cells	TNC(N Type Monocrystalline Cell)
Cell Orientation	132[6×22]
Dimension	2384±2×1303±2×33mm
Weight	37.9kg
Front Glass	2.0mm AR coated heat strengthened glass
Rear Glass	2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Junction Box	IP68, 3 diodes
Output Cable	4.0mm ²
Cable Length	+400mm, -200mm or±1400mm,length can be customized
Wind/Snow Load	2400Pa/5400Pa
Packaging	33pcs per pallet, 594pcs per 40'HC

 WARRANTY I-V CURVE CERTIFICATIONS

Quality Management System and Product Certification

ISO 9001: 2015/Quality management system
ISO 14001: 2015/Environmental management system
ISO 45001: 2018/Occupation health safety management system
ISO 50001: 2018/Energy management system
IEC 62941: 2019/Quality system for PV module manufacturing
IEC 61215/61730, IEC 62804(PID), IEC 61701(Salt),
IEC 62716 (Ammonia), IEC 60068-2-68(Sand)

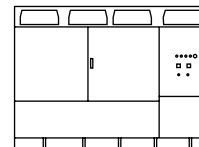


Email: sales@tongwei.com Website: en.tongwei.com.cn Add: No.588, Middle Section Tianfu Avenue, High-Tech Zone, Chengdu, China (Sichuan) Pilot Free Trade Zone Tel: +86 0286066455

Statement: With technological process and product update, there maybe deviation between the technical parameters of Tongwei's module products and the technical parameters contained in the specification, and Tongwei Solar has the right to adjust the technical parameters at any time without notifying the customer, the final interpretation of the technical specification is vested in Tongwei Solar. (Preview-20240703)

Freesun HEMK

615V

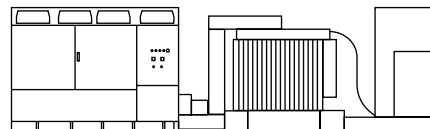


615V		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FS1955K	FS2935K	FS3915K
AC	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ^[1]	1955	2935	3915
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ^[1]	1815	2725	3635
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC)	615V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) ^[2]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive power injection at night		
DC	DC Voltage Range ^[3]	870V - 1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	Number of Inputs	Up to 20	Up to 30	Up to 40
	Max. DC Continuous Current (A) ^[4]	2295	3443	4590
	Max. DC Short Circuit Current (A) ^[4]	3470	5205	6940
EFFICIENCY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.76%	98.79%	98.84%
	Euroeta (η) (preliminary)	98.38%	98.41%	98.57%
	Number of Freemaq DC/DC ^[4]	Up to 4		
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.5 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs)	11465	11795	12125
	Weight (kg)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
ENVIROMENT	Degree of Protection	NEMA 3R / IP55		
	Operating Temperature Range ^[5]	From -25°C to +60°C, >50°C power derating		
	Operating Relative Humidity Range	From 4% to 100% non-condensing		
	Storage Temperature Range	From -15°C to +40°C		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		
CONTROL INTERFACE	Communication Protocol	Modbus TCP		
	Power Plant Controller	Optional		
	Keyed ON/OFF Switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	GFDI and isolation monitoring device		
	Humidity Control	Active heating		
	General AC Protection & Disconn.	Circuit breaker		
	General DC Protection & Disconn.	Fuses, DC switch-disconnectors		
	Overvoltage Protection	Type 2 protection for AC and DC		
CERTIFICATIONS & STANDARDS	Safety	UL 1741 / CSA 22.2 No.1071-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2		
	Installation	NEC 2020 / IEC		
	Utility Interconnect	UL 1741 SA & SB / RULE 21 / RULE 14H / IEEE 1547.1 2020 / IEC 62116:2014		

NOTES

- [1] Values at 1.00-Vac nom and cosφ=1. Consult Power Electronics for derating curves.
 [2] Consult P-Q charts available: $Q(kVar) = \sqrt{(S(kVA))^2 - P(kW)^2}$.
 [3] Consult Power Electronics for derating curves.
 [4] Consult Power Electronics for Freemaq DC/DC connection configurations.
 [5] Optional available for temperatures down to -35°C.

MV Skid Compact



RATINGS	Power range @ 40 °C	1910 kVA - 4390 kVA
	Power range @ 50 °C	1775 kVA - 4075 kVA
MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT	MV voltage range	6.6 kV / 11 kV / 13.2 kV / 13.8 kV / 15 kV / 20 kV / 22 kV / 23 kV / 25 kV / 30 kV / 33 kV / 34.5 kV
	LV voltage range	600 V / 615 V / 630 V / 645 V / 660 V / 690 V
	Transformer cooling	ONAN
	Transformer vector group	Dy11
	Transformer protection	Protection relay for pressure, temperature (two levels) and gassing
		Monitoring of dielectric level decrease
	Transformer index of protection	PT100 optional
		IP54
	Transformer losses	IEC standard or IEC Tier-2
	Oil retention tank	Galvanized steel. Integrated with hydrocarbon filter. Optional
	Switchgear configuration	Double feeder (2L)
	Switchgear protection	Circuit breaker (V)
	Switchgear short circuit rating ^[1]	16 kA 1 s (optionally 20 kA or 25 kA)
	Switchgear IAC [1]	A FLR 16 kA 1 s
CONNECTIONS	LV-MV connections	Close coupled solution (plug & play)
	LV protection	Motorized circuit breaker included in the inverter
	HV AC wiring	MV bridge between transformer and protection switchgear prewired
ENVIRONMENT	Ambient temperature range ^[2]	-25 °C... +50 °C (T > 50 °C power derating)
	Maximum altitude (above sea level) ^[1]	Up to 1000 m
	Relative humidity	4% to 95% non condensing
AUXILIARY SERVICES	User cabinet	Integrated in the inverter (by default). Optionally, LV cabinet in the skid
	UPS system ^[1]	1 kVA/1 kW (12 minutes). Optional
OTHER EQUIPMENT	Safety mechanism	Interlocking system
	Fire suppression system	Transformer oil tank retention accessory. Optional
STANDARDS	Compliance	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1

NOTES

[1] Consult with Power Electronics for other options.

[2] For lower temperatures, consult with Power Electronics.

GENERAL AND MECHANICAL

Architecture	Horizontal single-axis, independent row, independently balanced
Configuration	1x module in portrait
Tracking range of motion	Options for $\pm 60^\circ$ or $\pm 50^\circ$
Row Size	Configurable per module type, string length and site layout
Array Height	Rotation axis elevation, 1.3 to 1.8 m / 4'3" to 5'10"
Drive type	High accuracy slew gear
Modules supported	All utility-scale crystalline and thin-film modules
Bifacial optimization	High-rise mounting rails, bearing & driveline gaps, round torque tube
Structural connections	Engineered fastening system, vibration-proof
Materials	Galvanized steel; other coatings available
Foundations	Complete range of foundation solutions available
Slope	Up to 15% N-S and 15% E-W
Ground coverage ratio (GCR)	No specific limit Typical range 25-45%
Operating temperature range	SELF POWERED: -30°C to 55°C (-22°F to 131°F) AC POWERED: -40°C to 55°C (-40°F to 131°F)
Wind speed	Configurable up to 240 kph (150 mph) 10m, 3-second gust
Wind protection	Intelligent wind stowing with symmetric damping system

ELECTRONICS AND CONTROLS

Solar tracking method	Astronomical algorithm with backtracking standard. TrueCapture™ upgrades available for enhanced energy yield
Tracker controller	Self-Powered Controller (SPC) with integrated inclinometer and UPS
Motor	Brushless DC
Power supply	SELF POWERED: Standalone smart solar power AC POWERED: Customer-provided 120-277 VAC circuit
Communications	Network control units (NCUs) at inverter pads/skids, self-powered weather stations, centralized data hub, encrypted Zigbee wireless mesh communications
Defensive stowing functions	Wind, hail, hurricane, snow, flood, loss of grid power
Operator interface	NX Navigator advanced HMI available, with SCADA integration

SERVICE, WARRANTY, AND STANDARDS

Tracker engineering & PE stamped design package	Standard
Foundation engineering & PE stamped design package	Available
Onsite construction support & commissioning service	Available
Warranty	10-year structural, 5-year drive and controls standard; extended warranty available
Certifications	UL 2703, UL 3703, IEC 62817, CSA
Codes and standards	UL 3703 / UL 2703 / IEC 62817 / CSA



ANEXO II. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

1. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

A continuación, se muestra la tabla del RBDA realizado con las parcelas afectadas por la instalación fotovoltaica y su infraestructura de evacuación.

FINCA	DATOS CATASTRALES					PSFV	LINEA SUBTERRÁNEA					CAMINOS		NATURALEZA DEL TERRENO
ID	Ref. Catastral	Polígono	Parcela	Término Municipal	Provincia	Superficie Vallado (m2)	Longitud (m2)	Superficie Permanente Canalización (m2)	Superficie Temporal (m2)	Superficie permanente arqueta	Superficie temporal arqueta	Superficie Camino permanente	Superficie camino temporal	
1	11035A01100034	11	34	Tarifa	Cádiz	47.798,84								Labor o labrado seco/ Instalaciones edílicas
2	11035A01100032	11	32	Tarifa	Cádiz	71.965,11	159,90	159,88	443,16	16,31	34,52	10,34	8,27	Labor o labrado seco/ Pastos/ Instalaciones edílicas
3	11035A01100030	11	30	Tarifa	Cádiz	15.811,47	2,38	4,76	9,52			72,00	57,07	Pastos/ Instalaciones edílicas
4	11035A01100048	11	48	Tarifa	Cádiz	187.034,89	605,45	609,69	2.421,42	61,18	169,56	20,15	16,12	Labor o labrado seco
5	11035A01100028	11	28	Tarifa	Cádiz	28.536,97	35,20	70,40	138,10			200,99	160,80	Labor o labrado seco
6	11035A01100033	11	33	Tarifa	Cádiz		303,46	303,46	1.410,12	40,26	130,23			Labor o labrado seco
7	11035A01109005	11	9005	Tarifa	Cádiz		53,11	84,48	212,83			88,05	70,98	Vía de comunicación de dominio público
8	11035A01100047	11	47	Tarifa	Cádiz		507,44	507,42	2.029,46	25,98	79,98			Labor o labrado seco/ Improductivo
9	11035A01100087	11	87	Tarifa	Cádiz		139,64	139,64	558,56	8,66	26,66			Pastos
10	11035A01100086	11	86	Tarifa	Cádiz		368,42	368,42	1.473,69	17,32	53,32			Pastos
11	11035A01100085	11	85	Tarifa	Cádiz		206,51	206,51	825,97	13,27	31,49			Labor o labrado seco/ Pastos
12	11035A01100084	11	84	Tarifa	Cádiz		89,67	89,67	358,64	21,93	58,11			Pastos/ Improductivo
13	11035A01109018	11	9018	Tarifa	Cádiz		20,93	41,85	83,71			55,78	44,62	Vía de comunicación de dominio público
14	11035A01099007	10	9007	Tarifa	Cádiz							24,46	19,57	Vía de comunicación de dominio público

ANEXO III. PLAN DE DESMANTELAMIENTO

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto describir las actividades de desmantelamiento de la planta fotovoltaica Zorreras, así como la infraestructura de evacuación que conecta con la SET Los Siglos 20/66 kV, una vez haya finalizado su vida útil.

2. PLAN DE DESMANTELAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

El objetivo de las operaciones de desmantelamiento de una planta solar fotovoltaica una vez ha concluido su vida útil, es la restauración de los terrenos a las condiciones anteriores a la construcción del parque, minimizando así la afección al medio ambiente y recuperando el valor ecológico de la zona afectada.

2.1. VIALES DE ACCESO

Los accesos generales al parque fotovoltaico se realizarán a partir de la infraestructura viaria existente en la zona, por lo que no serán necesarias actuaciones de desmantelamiento. Respecto a los caminos de acceso existentes, se procederá a la retirada de la zahorra compactada, la cual se transportará al vertedero más cercano. Posteriormente, serán acondicionados mediante la aportación de tierra o zahorra natural y su posterior compactación.

2.2. RETIRADA DE CABLEADO SUBTERRÁNEO Y RESTAURACIÓN DE ZANJAS

Una vez concluida la explotación de la planta, se procederá a la retirada del cableado soterrado de la línea de media tensión que permite evacuar la energía generada por la misma. Para ello, se abrirán las zanjas, se extraerán los tendidos eléctricos de las mismas y, a continuación, se rellenarán con tierras de relleno.

En el caso de que la extracción de la red de media tensión pueda alterar la vegetación que, de forma natural, haya cubierto la capa superficial de los tendidos, se propone que los tendidos inutilizados permanezcan soterrados.

2.3. TRABAJOS DE DESMANTELAMIENTO Y RESTAURACIÓN

Una vez concluida la explotación de la planta fotovoltaica, se realizarán los trabajos de desmantelamiento y restauración que se indican a continuación.

2.3.1. FASE DE DESMONTAJE

- Retirada de los módulos: comprende la desconexión, desmontaje y transporte hasta un centro de reciclado de todos los módulos fotovoltaicos de la planta.
- Desmontaje de la estructura del seguidor: consiste en el desensamblaje de la estructura del seguidor y la extracción de los postes hincados y su posterior transporte hasta un centro de gestión autorizado.

- Desmontaje de Power Station: se procederá a la desconexión, desmontaje y retirada de los equipos instalados en la Power Station. En su caso, se realizará la demolición y/o transporte hasta un vertedero de las casetas prefabricadas donde se alojarán los equipos.
- Retirada de las cimentaciones: una vez desmontada la estructura, se procederá al desmantelamiento de las cimentaciones mediante una excavadora, que retirará cada pieza para transportarla posteriormente a una planta de tratamiento. Finalmente, los huecos resultantes de la retirada de las cimentaciones serán rellenados con tierra vegetal.
- Desmontaje de vallado perimetral: desmontaje de la malla metálica y transporte a planta de reciclaje. Picado de cimentación de los montantes y retirada de escombros.

2.3.2. FASE DE RESTAURACIÓN

Tras el desmontaje de los componentes de la planta, se procederá a la restauración de la parcela donde se ubica la planta.

- Remodelación del terreno: se rellenarán huecos y eliminarán ángulos con terreno vegetal.
- Descompactación del terreno: con la descompactación se persigue que los suelos recuperen una densidad equivalente a la que poseen capas similares en suelos no perturbados, de modo que el medio que encuentre la vegetación para su desarrollo sea el adecuado.
- En su caso, aporte de tierra vegetal: procedente de los montículos creados en la fase de construcción. Una vez remodelado y descompactado el terreno, se procederá al aporte y extendido de la tierra acopiada. La tierra vegetal acopiada se extenderá en las zonas que fueron desprovistas de ella durante la fase de obra. El espesor de la capa de tierra vegetal será variable según las necesidades concretas del terreno, estimándose un aporte medio de 20 cm de tierra vegetal.
- Despedregado del terreno: como último paso de la fase de restauración del terreno, se eliminará la pedregosidad superficial. Las piedras recogidas se depositarán en montones, que posteriormente serán trasladadas a canteras o vertederos cercanos.

3. VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se muestra el presupuesto del plan de desmantelamiento de las instalaciones, para ello se ha calculado un coste unitario de:

Part.	Actividad	Ud	Medición	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1.1	Desmontado de paneles fotovoltaicos y elementos de fijación, uniones, etc. Se incluye la carga y descarga en zona de acopio, con retirada de elementos recuperados y posterior transporte a planta de reciclado	Ud	26.883	0,42	11.290,86
1.2	Desmontado de estructura de seguidor solar 1P. Compuesto por 29 módulos cada fila, sin aprovechamiento del material y retirada del mismo, incluyendo transporte a planta de reciclado de chatarra férrea.	Ud	927	88,65	82.178,55
1.3	Desmontado de los perfiles hincados de acero galvanizado que sirven de parrilla y accesorios, sin aprovechamiento del material. Retirada del mismo, incluyendo transporte a planta de reciclado de chatarra férreas.	Ud	11.124	4,60	51.170,40
1.4	Desinstalado de la red eléctrica no enterrada de los módulos en las estructuras soporte con recuperación de elementos, tubos, cajas, etc. Retirada y almacenamiento para su posterior transporte a planta de tratamiento o valorización de residuos	Ud	1	18.758,00	18.758,00
1.5	Desinstalado de la red eléctrica enterrada, con recuperación de elementos, tubos, cajas, etc. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza. Retirada del terreno natural para su posterior uso en el relleno de la zanja	Ud	1	34.825,00	34.825,00
1.6	Desmontado del sistema de seguridad, vigilancia, medida y control de la planta solar. Retirada, carga y traslado a un gestor autorizado de residuos eléctricos y electrónicos para su reciclado	Ud	1	18.400,00	18.400,00
1.7	Demolición de edificio. Incluyendo la desconexión de los servicios, desmontaje y demolición selectiva. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza	Ud	1	23.500,00	23.500,00
1.8	Desmontaje de zona de operación y mantenimiento, incluyendo zonas de almacén, aparcamientos, cableado interior, etc. Retirada de residuos y acopio para posterior transporte a gestor de residuos autorizado según su naturaleza	Ud	1	1.500,00	1.500,00
1.9	Eliminación de viales. Retirada de capas de firme, relleno de cunetas. Retirada de materiales sobrantes a vertedero autorizado, incluso carga y transporte	m	1.652,45	5,97	9.865,13
1.10	Desmontaje y demolición de cerramiento perimetral. Retirada de materiales sobrantes a vertedero autorizado, incluso carga y transporte	m	6.491,94	1,97	12.789,12

Part.	Actividad	Ud	Medición	Precio Unitario (€)	Importe (€)
1.11	Aportación y extendido de tierra vegetal en una capa de 20 cm de espesor mínimo, incluso p/p de maquinaria y equipos auxiliares necesarios	ha	35,11	1.300,00	45.643,00
TOTAL					309.920,06

El presupuesto final del Plan de Desmantelamiento del proyecto de referencia asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS NUEVE MIL NOVECIENTOS VEINTE EUROS CON SEIS CÉNTIMOS (309.920,06€)**.

DOCUMENTO Nº 2. CÁLCULOS

1. CÁLCULOS

El objeto del presente documento es justificar las soluciones indicadas en el Documento Nº 1. Memoria.

ANEXO I. CÁLCULOS ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN

1. DIMENSIONADO DEL CAMPO SOLAR

La relación entre la potencia fotovoltaica instalada de módulos y la potencia nominal de los inversores de los diferentes bloques es de 1,10. La elección del factor de dimensionado viene determinada, principalmente, por las características de irradiancia y temperatura de la ubicación, la disposición de los módulos, las características de los equipos empleados, cumplimiento del código de Red y la retribución por la generación de energía.

Para seleccionar el factor de dimensionado que optimiza la captación de energía en relación a los metros cuadrados de captación instalados, se han considerado las características eléctricas de entrada del inversor seleccionado, así como las posibles pérdidas de energía que puedan aparecer en el tramo comprendido entre el generador fotovoltaico y el inversor (temperatura de operación, sombreados parciales, suciedad de los módulos, dispersión de parámetros, efecto Joule en el cableado de CC, etc.)

Se ha optado por una configuración centralizada a partir de inversores trifásicos de 2935 y 1955 kVA de potencia nominal. El rango de tensión de continua de trabajo del inversor seleccionados en máxima potencia es de 870-1500 V. Los inversores tienen una eficiencia es muy alta. No obstante, se deberá considerar la variación de las características de tensión del generador fotovoltaico con la temperatura ambiente y la irradiancia incidente.

1.1. NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS SERIE (STRING)

El número máximo de módulos conectados en serie viene limitado por la tensión máxima en vacío de entrada al inversor. Ésta se corresponde con la tensión de circuito abierto del generador FV cuando la temperatura del módulo es mínima, esto es, en condiciones de baja irradiancia y mínima temperatura ambiente (próxima a los 0°C), para nuestra instalación se considera una temperatura ambiente mínima (~11,80°C) medida en el mes de Enero, según datos climatológicos obtenidos mediante SolarGIS.

La expresión que calcula el número máximo de paneles por string es la siguiente:

$$Nm_{\max} = Um_{\max} \text{ inv} / U_{oc}$$

Siendo:

- $Nm_{\max}$: Número máximo de paneles por string.
- $Um_{\max} \text{ inv}$: Tensión de entrada máxima en el inversor (V).
- U_{oc} : tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos (V).

Teniendo en cuenta la corrección a la mínima temperatura, la cual se ha considerado de 11,80°C la tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos es la siguiente:

$$U_{oc}(T_{\min}) = U_{oc}(25^{\circ}\text{C}) \cdot \left(1 + \frac{V_{oc}}{100} \cdot (T_{cel\min} - 25) \right)$$

Siendo:

- $U_{oc} (T_{\min})$: Tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos a una temperatura determinada (V)
- $T_{cel \min}$: Temperatura mínima de la celda (°C)

- Voc: Coeficiente de temperatura de los paneles fotovoltaicos (V)

$$U_{oc}(11,80^{\circ}\text{C}) = 49,28 \cdot \left(1 + \frac{-0,24}{100} \cdot (11,80 - 25) \right) = 50,84 \text{ V}$$

Por lo tanto, atendiendo a la expresión para el cálculo del número máximo de paneles por string, se obtiene lo siguiente:

$$Nm_{\text{máx}} = 1.500 / 50,84 = 29,50 \text{ uds.}$$

Es posible configurar en serie un máximo de 29 módulos en estas condiciones.

1.2. NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS POR SERIE (STRING)

El número mínimo de módulos por serie está limitado por la tensión mínima de entrada al inversor en la que sigue la máxima potencia. El valor mínimo de la tensión de entrada al inversor debe ser menor o igual que la tensión de máxima potencia mínima del generador fotovoltaico; que corresponde cuando la temperatura ambiente es máxima ($\sim 24,60^{\circ}\text{C}$) y elevada irradiancia ($\sim 324,80 \text{ W/m}^2$), según datos climatológicos obtenidos mediante SolarGIS.

La expresión que calcula el número mínimo de paneles por string es la siguiente:

$$Nm_{\text{mín}} = \frac{U_{mp,inv,min}}{U_{mp}(T_{max})}$$

Siendo:

- $U_{mp,inv,min}$: Tensión mínima de entrada al inversor en la que sigue la máxima potencia (V)
- $U_{mp}(T_{max})$: Tensión de la célula en la que sigue la máxima potencia a la temperatura ambiente máxima ($24,60^{\circ}\text{C}$).

El cálculo de la tensión de la célula en la que sigue la máxima potencia a la temperatura ambiente máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$U_{mp}(T_{max}) = U_{oc} \cdot \frac{U_{mp}}{U_{oc}(T_{max})}$$

Siendo:

- U_{oc} : Tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos (V)
- U_{mp} : Tensión de la célula en la que sigue la máxima potencia (V)
- $U_{oc}(T_{max})$: Tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos a una temperatura máxima ambiente (V)

El cálculo de la tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos a la temperatura máxima del ambiente se obtiene de la siguiente manera:

$$U_{oc}(T_{max}) = U_{oc}(25^{\circ}\text{C}) \cdot \left(1 + \left(\frac{V_{oc}}{100} \right) \cdot (T_{celmax} - 25) \right)$$

Siendo:

- $U_{oc}(T)$: Tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos a una temperatura determinada (V)
- $T_{cel\ max}$: Temperatura máxima de la celda ($^{\circ}C$)
- V_{oc} : Coeficiente de temperatura de los paneles fotovoltaicos.

La corrección a la máxima temperatura de la célula se calcula de la siguiente manera:

$$T_{cel\ max} = T_{amb} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} \cdot Irradiancia$$

Siendo:

- T_{amb} : Temperatura ambiente considerada ($24,60^{\circ}C$)
- T_{ONC} : Temperatura de operación de la célula ($^{\circ}C$)

$$T_{cel\ max} = 24,60^{\circ}C + \frac{45^{\circ}C - 20}{800} \cdot 324,80 = 34,75^{\circ}C$$

La tensión en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos a la temperatura máxima del ambiente se obtiene de la siguiente manera:

$$U_{oc}(24,60^{\circ}C) = 49,28 \cdot \left(1 + \left(\frac{-0,24}{100} \right) \cdot (34,75 - 25) \right) = 48,13\ V$$

La tensión de la célula en la que sigue la máxima potencia a la temperatura ambiente máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$U_{mp}(24,60^{\circ}C) = 49,28 \cdot \frac{41,03}{48,13} = 42,01\ V$$

Por lo tanto, atendiendo a la expresión para el cálculo del número mínimo de paneles por string, se obtiene lo siguiente:

$$N = \frac{U_{mp,inv}}{U_{mp}(24,60^{\circ}C)} = \frac{870\ V}{42,01\ V} = 20,71\ uds.$$

De este modo, se obtiene que cada serie deba constar, con un mínimo de 21 módulos.

Por lo tanto, se han dimensionado strings de 29 módulos, cumpliendo así con ambas condiciones y optimizando la configuración de la planta.

Para comprobar si el número de paneles por string es correcto, se comprueba también que tanto con la tensión mínima de máxima potencia (U_{mp} a $24,60^{\circ}C$ de temperatura ambiente) y la tensión máxima de máxima potencia (U_{mp} a $11,80^{\circ}C$) se encuentran dentro del rango de tensiones de seguimiento del punto de máxima potencia del inversor:

$$U_{mp\ min\ i} < U_{mp\ min}(24,60^{\circ}C) \quad U_{mp\ max\ i} > U_{mp\ max}(11,80^{\circ}C)$$

$$870\ V < 1.395,68$$

$$1.500\ V > 1.474,39\ V$$

Siendo:

- Ump min / Ump max: Tensión en el punto de máxima potencia del string (V)
- Ump min i / Ump max i: Tensiones mínima y máxima del inversor para efectuar el seguimiento de máxima potencia (V)

1.3. AGRUPACIÓN EN PARALELO DE STRINGS PARA CONECTAR EN INVERSORES

El inversor admite una corriente máxima de cortocircuito 'Isc' y una corriente en el punto de máxima potencia 'Imp' según los datos del fabricante:

- Power Electronics FS2935K = 3443 A (corriente en el punto de máxima potencia Imp soportada).
- Power Electronics FS2935K= 5205 A (corriente máxima de cortocircuito Isc soportada).
- Power Electronics FS1955K = 2295 A (corriente en el punto de máxima potencia Imp soportada).
- Power Electronics FS1955K= 3470 A (corriente máxima de cortocircuito Isc soportada).

La intensidad de máxima potencia del módulo (considerando una ganancia de bifacial de +5%) según ficha técnica es la siguiente:

- $I_{MP} = 18,43 \text{ A}$

Se comprueba que el máximo número de strings admitidos en paralelo del inversor FS2935K en su entrada no supera la intensidad máxima de éste en régimen nominal:

$$\frac{\text{Máx. Imp}}{I_{MP}/\text{string}} = \frac{3443 \text{ A}}{18,43 \text{ A}} = 186,84 \text{ string} \rightarrow \text{máx. 186 strings}$$

La intensidad de cortocircuito del módulo (considerando una ganancia bifacial de +5%) según ficha técnica es la siguiente:

- $I_{SC} = 19,48 \text{ A}$

Se comprueba que el máximo número de strings admitidos en paralelo del inversor FS2935K en su entrada no supera la intensidad máxima de éste en cortocircuito:

$$\frac{\text{Máx. Isc}}{I_{SC}/\text{string}} = \frac{5205 \text{ A}}{19,48 \text{ A}} = 267,23 \text{ string} \rightarrow \text{máx. 267 strings}$$

El máximo nº de strings escogido para el inversor FS2935K ha sido de 153, menor a los valores máximos de string en intensidad máxima e intensidad de cortocircuito, por lo que el número de string asociado al inversor es válido

Se comprueba que el máximo número de strings admitidos en paralelo del inversor FS1955K en su entrada no supera la intensidad máxima de éste en régimen nominal:

$$\frac{\text{Máx. Imp}}{I_{MP}/\text{string}} = \frac{2295 \text{ A}}{18,43 \text{ A}} = 124,53 \text{ string} \rightarrow \text{máx. 124 strings}$$

Se comprueba que el máximo número de strings admitidos en paralelo del inversor FS1955K en su entrada no supera la intensidad máxima de éste en cortocircuito:

$$\frac{\text{Máx. Isc}}{\text{Isc/string}} = \frac{3470 \text{ A}}{19,48 \text{ A}} = 178,13 \text{ string} \rightarrow \text{máx. 178 strings}$$

El máximo nº de strings escogido para el inversor FS1955K ha sido de 111, menor a los valores máximos de string en intensidad máxima e intensidad de cortocircuito, por lo que el número de string asociado al inversor es válido.

Atendiendo a la intensidad máxima en régimen nominal:

- FS2935K- 153 strings x 18,43 A = 2819,79 < 3443 A
- FS1955K- 111 strings x 18,43 A = 2045,73 < 2295 A

Atendiendo a la intensidad de cortocircuito:

- FS2935K- 153 strings x 19,48 A = 2980,44 < 5205 A
- FS1955K- 111 strings x 19,48 A = 2162,28 < 3470 A

Por lo tanto, el nº de strings dimensionado para la entrada del inversor es válido.

2. CÁLCULO DE SECCIONES DE CABLEADO

La instalación, en cualquiera de las propuestas, cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el REBT y sus instrucciones técnicas complementarias.

La elección de la sección del cableado se realiza a partir de la aplicación de dos criterios: Criterio Térmico y Criterio de Caída de Tensión. Ambos casos se fundamentan en el Efecto Joule, de modo que la intensidad de circulación debe quedar siempre por debajo de la soportada por el cable. Se adoptará, en cada situación, la sección mayor de entre las obtenidas mediante los dos métodos citados.

CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE:

Se evaluará la corriente admisible que soporta el conductor cuando es instalado al aire y enterrado bajo tubo, con el fin de evaluar la situación más desfavorable. Para ello, se calcula la intensidad máxima admisible en las situaciones más desfavorables de la implantación. Se calcula de la siguiente manera:

$$I_Z = I_{Adm\ Conductor} \cdot FC_{total}$$

Siendo:

- $I_{admconductor}$: Intensidad admisible del conductor sin aplicar los factores de corrección (A)
- FC_{total} : Factores de corrección aplicados.

CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN:

En todo caso, se garantizará una caída de tensión del 0,75% para el tramo de corriente continua. Se calculará la sección adecuada en condiciones estándar de funcionamiento, esto es, para un nivel de irradiancia de 1.000 W/m² aprox. y temperatura del módulo de 25°C.

La expresión que calcula la sección teórica para líneas de corriente continua es la siguiente:

$$\varepsilon = \frac{L \times I \times \rho}{S} \cdot 2$$

Siendo:

- ε : Caída de tensión en corriente continua (V)
- S : Sección del conductor (mm²)
- ρ : Resistividad del conductor Cu a 90°C (Ω·mm²/m)
- I : Intensidad módulo en el punto de máxima potencia (A)
- L : Longitud del tramo de corriente continua (m)

CRITERIO TÉRMICO:

La intensidad máxima transportada en cada tramo corresponde a la máxima intensidad de cortocircuito del módulo condiciones de alta insolación y elevada temperatura exterior.

De acuerdo con lo especificado en la ITC-BT-40 para instalaciones generadoras, se adoptará un valor de intensidad un 25% superior a la citada, de tal manera que el valor resultante deberá ser inferior a la máxima admisible por el cable.

2.1. CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA

Corresponde al tramo de cableado comprendido entre los finales de rama de cada serie de módulos y el cuadro de nivel I correspondiente, y desde el cuadro de nivel I hasta el inversor.

El cableado entre los módulos que constituyen un mismo string y el tramo comprendido entre los finales de rama y el cuadro de nivel I será de mínimo 4 mm². El tramo comprendido entre el cuadro de nivel I y el inversor será de mínimo 150 mm². Los conectores serán tipo MC, Amphenol o similar y una longitud de hasta 280 mm para los ramales de los arneses prefabricados de unión entre series.

El montaje del cableado es de tipo aéreo apoyado en los perfiles bajo la estructura fija. (se considera tipo de instalación de cable unipolar sobre bandeja no perforada (Instalación tipo C) por similitud al tendido sobre la estructura al aire sin exposición directa al sol. Se usará montaje del cableado enterrado en zanja (Instalación tipo D1) desde la bajada en la estructura fija hasta los cuadros de nivel I e inversores. El cable a utilizar será de tipo solar de cobre y con temperatura máxima en el conductor de 90°C de 1,5/1,5 kVdc de tensión (H1Z2Z2-K) desde los módulos fotovoltaicos al cuadro de nivel I y se utilizará el cable RV AL 0,6/1kV con temperatura máxima del conductor de 90°C desde el cuadro de nivel I a los inversores.

2.1.1. CIRCUITO DESDE FINAL DE STRING HASTA CUADRO DE NIVEL I**2.1.1.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE**

Hasta su llegada a la entrada del cuadro de nivel I, el cable de string recorre fijado a la estructura (al aire) y enterrado en zanja.

El valor de la intensidad admisible del cable aplicando los factores de corrección correspondientes, en instalación directamente enterrado y al aire, se calcula de la siguiente manera:

$$I_z = I_{Adm\ Conductor} \cdot FC_{total}$$

Siendo:

- $I_{admconductor}$: Intensidad admisible del conductor sin aplicar los factores de corrección (A)
- FC_{total} : Factores de corrección aplicados.

AL AIRE

Se considera como caso el string más desfavorable, con los siguientes parámetros:

- Tipo de instalación: Bandeja no perforada
- Factores de corrección:
 - Agrupamiento: 11 circuitos en paralelo en el caso más desfavorable. (FCa=0,70 - Tabla B.52.17 "UNE-HD-60364-5-52")
 - Temperatura ambiente: 40°C. (FCtemp=1 - Tabla A.4 "EN-50618")
- Sección elegida: 10 mm².
- Intensidad admisible conductor: 79 A (Tabla A.3 "EN-50618")

Por lo tanto, el valor de la intensidad admisible del conductor aplicando los factores de corrección queda de la siguiente manera:

$$I_z = 79 \cdot 0,70 \cdot 1 = 55,30 \text{ A}$$

DIRECTAMENTE ENTERRADO

Se considera como caso el string más desfavorable, con los siguientes parámetros:

- Tipo de instalación: Directamente enterrado (Tipo D1- Tabla B.52.3).
- Factores de corrección:
 - Agrupamiento: 11 circuitos en paralelo en el caso más desfavorable. (FCa=0,43 - Tabla B.52.18 "UNE-HD-60364-5-52").
 - Resistividad del terreno: 2 K m/W (FCresist=1,05 - Tabla B.52.16 "UNE-HD-60364-5-52")
 - Profundidad: Circuitos enterrados 0,70 m enterrado. (FCinst=1,00 - Tabla 9 "REBT ITC-BT-07")
 - Temperatura del terreno: 25°C (FCtemp=0,96 - Tabla B.52.15 "UNE-HD-60364-5-52")
- Sección elegida: 10 mm².
- Intensidad admisible conductor: 77 A (Tabla B.52.3 "UNE-HD-60364-5-52")

Por lo tanto, el valor de la intensidad admisible del conductor aplicando los factores de corrección queda de la siguiente manera:

$$I_z = 77 \times 0,43 \times 1,05 \times 1,00 \times 0,96 = 33,37 \text{ A}$$

A continuación, se indica la tabla de la norma EN-50618, en la que se representan las intensidades admisibles utilizadas en los cálculos anteriores, para un método de instalación al aire sobre superficie.

Nominal cross sectional area mm ²	Current carrying capacity according to method of installation		
	Single cable free in air A	Single cable on a surface A	Two loaded cables touching, on a surface A
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620
Ambient temperature: 60 °C (see Table A.4 for other ambient temperatures) max. conductor temperature: 120 °C.			
NOTE The expected period of use at a max. conductor temperature of 120 °C and at a max. ambient temperature of 90 °C is limited to 20 000 h.			

Tabla 26. Tabla A.3-Current carrying capacity of PV cables

En la misma norma EN-50618, se extraen los factores de corrección por temperatura ambiente del aire, como puede observarse en la siguiente tabla:

Ambient temperature °C	Conversion factor
up to 60	1,00
70	0,92
80	0,84
90	0,75

Tabla 27. Tabla A.4-Current rating conversion factors for different ambient temperatures

Los siguientes factores de corrección e intensidades admisibles se toman de la norma UNE-HD 60364-5-52:

La corriente admisible en función del método de instalación se representa a continuación, para unos valores de temperatura del conductor de 90°C, temperatura ambiente en el aire de 30°C y temperatura en el terreno de 20°C. Para este caso, se obtiene el factor de corrección para método de instalación tipo D1 (directamente enterrado).

Sección nominal del conductor mm²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502
Aluminio							
2,5	20	19,5	25	23	26	26	
4	27	26	33	31	35	33	
6	35	33	43	40	45	42	
10	48	45	59	54	62	55	
16	64	60	79	72	84	71	76
25	84	78	105	94	101	90	98
35	103	96	130	115	126	108	117
50	125	115	157	138	154	128	139
70	158	145	200	175	198	158	170
95	191	175	242	210	241	186	204
120	220	201	281	242	280	211	233
150	253	230	307	261	324	238	261
185	288	262	351	300	371	267	296
240	338	307	412	358	439	307	343
300	387	352	471	415	508	346	386

NOTA En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Tabla 28. Tabla B.52.3 de corrientes admisibles en amperios. Temperatura ambiente 20°C en el terreno y 30°C en el aire

En función de la temperatura del terreno (en este caso 25°C), se aplica el factor de corrección correspondiente para cables con aislamiento XLPE.

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

Tabla 29. Tabla B.52.15 de factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el suelo

En función de la resistividad térmica del terreno (en este caso 2 K·m/W), para cables directamente enterrados se obtiene el factor de corrección correspondiente.

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

Tabla 30. Tabla B.52.16 – Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D

En función del número de circuitos agrupados, para cables unipolares en contacto según instalación en bandejas de cables sin perforar (Punto 2, Método C) se obtienen los siguientes factores de corrección.

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares												Para usarse con las corrientes admisibles, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F
2	Capa única sobre pared, suelo o sistemas de bandejas de cables sin perforar	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares			B.52.2 a B.52.7 Método C
3	Capa única fijada directamente bajo techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Capa única sobre sistemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F
5	Capa única sobre sistemas de bandejas de escalera, o bridas de amarre, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
NOTA 1	Estos factores se aplican a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.													
NOTA 2	Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro total, no es necesario ningún factor de reducción.													
NOTA 3	Los mismos factores de corrección se aplican: – a los grupos de dos o tres cables unipolares; – a los cables multipolares.													
NOTA 4	Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores aislados, se toma el número total de cables como el número de circuitos y se aplica el factor de corrección a las tablas para dos conductores cargados para los cables de dos conductores aislados y a las tablas para tres conductores cargados para los cables de tres conductores aislados.													
NOTA 5	Si un agrupamiento está formado por n cables unipolares, puede ser considerado como $n/2$ circuitos de dos conductores cargados o como $n/3$ circuitos de tres conductores cargados.													
NOTA 6	Los valores indicados son la media en el rango de las dimensiones de conductores y de los métodos de instalación de las tablas B.52.2 a B.52.13, la precisión general de los valores tabulados está en un $\pm 5\%$.													
NOTA 7	Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación no contemplados en esta tabla puede ser apropiado utilizar factores calculados para casos específicos, véase por ejemplo las tablas B.52.20 y B.52.21.													

Tabla 31. Tabla B.52.17 – Factores de corrección para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar para usarse con las corrientes admisibles de las tablas B.52.2 a B.52.13.

En función del número de circuitos agrupados, para cables unipolares en contacto en conductos se obtienen los siguientes factores de corrección.

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

^a Cables multipolares



^a Cables unipolares



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

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

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

Tabla 32. Tabla B.52.18 de factores de reducción para más de un circuito, cables directamente enterrados – Método de instalación D2 de las tablas B52.2 a B52.5.

El factor de corrección para cables enterrados en zanjas a diferentes profundidades se extrae del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-07):

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

Tabla 33. Tabla ITC-BT-07 de factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

La intensidad máxima absorbida o prevista en el cable se calculará de acuerdo a la ITC-BT-40, en la que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 1,25 % de la máxima intensidad del generador. Dicha intensidad máxima se corresponde con la corriente de cortocircuito de los módulos (considerando una ganancia bifacial +5%), que en este caso es de 19,48 A.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \times I_{sc}$$

$$I_{m\acute{a}x} \leq I_z$$

Donde:

- I_{sc} = La intensidad de cortocircuito dada por el fabricante del módulo fotovoltaico (A).
- I_z = La intensidad máxima admisible en el cable (A) con los factores de corrección por condiciones de uso.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \times 19,48 \text{ A}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 24,35 \text{ A}$$

$$24,35 \text{ A} \leq 33,37 \text{ A}$$

Se cumple por tanto la condición de que la corriente admisible corregida de los cables, aun en el caso más desfavorable, sea superior al 1,25 % de la corriente máxima del generador (33,37 A > 24,35 A).

Debe elegirse en principio un cable con una intensidad admisible superior al valor anterior, pero además el cable debe ir protegido. Al protegerse con un fusible debe cumplir una opción más restrictiva para la selección de su intensidad nominal I_n

La selección del fusible de protección debe ser $I_n \geq 1,56 \times I_{sc} = 30,39 \text{ A}$, con lo que $I_n = 32 \text{ A}$, el tipo de fusible será de curva gPV. Los fusibles se emplean en los polos positivos y negativos.

La intensidad máxima admisible del cable en las condiciones de temperatura, agrupamiento e instalación debe ser superior a los 32 A del fusible.

2.1.1.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el cálculo del criterio de caída de tensión se elige el string de longitud mayor, correspondiente al polo más alejado (más desfavorable).

$$\varepsilon = \frac{L \times I \times \rho}{S} \times 2$$

Siendo:

- S: Sección del conductor (mm²)
- ρ : Resistividad del conductor Cu a 90°C (Ω·mm²/m)
- I: Intensidad módulo en el punto de máxima potencia (A)
- L: Longitud del tramo de corriente continua (m)

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se tiene en cuenta que el incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por tanto:

$$\Delta T = T - T_0 = \text{Constante} \cdot I^2$$

$$\Delta T_{m\acute{a}x} = \text{Constante} \cdot I_{m\acute{a}x}^2$$

De esta manera,

$$\frac{\Delta T}{I^2} = \frac{\Delta T_{m\acute{a}x}}{I_{m\acute{a}x}^2}$$

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}} \right)^2$$

Siendo:

- T: Temperatura estimada del conductor (°C)
- T_0 : Temperatura ambiente del conductor considerada (°C)
- I: Intensidad prevista del conductor (A)
- $I_{\max}$: Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (A)
- ΔT : Incremento de temperatura del conductor (°C)
- $\Delta T_{\max}$: Incremento de temperatura máxima del conductor (°C)

Una vez calculada la temperatura de servicio se aplica la fórmula para obtener la resistencia del conductor:

$$R_{\theta cc} = R_{20cc} [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Siendo:

- $R_{\theta cc}$ = Resistencia del conductor en corriente continua a temperatura θ (Ω)
- R_{20cc} = Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C. (Ω)
- α = Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹.
- θ = Temperatura calculada con la fórmula anterior (°C)

Se considera el string más desfavorable, cuya longitud del tramo de corriente continua será 210,69 m.

La temperatura estimada del conductor resulta:

$$T = 25 + (90 - 25) \cdot \left(\frac{19,48}{33,37} \right)^2 = 47,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sabiendo como dato de partida que la conductividad del cable de cobre a 20°C es 58 m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$), se calcula la resistividad a esa misma temperatura. Además, se conoce el valor del coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor (para conductor de cobre) de 0,00392°C⁻¹ y de la resistencia del conductor a 20°C según ficha técnica "General Cable", por lo que se procede a calcular la resistencia del conductor a la temperatura estimada:

$$R_{Tcc} = 1,95 \cdot [1 + 0,00392 \cdot (47,14 - 20)] = 2,16 \text{ } \Omega$$

Número de conductores x sección (mm ²)	Diámetro máximo del conductor (mm) (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) (mm)	Radio mínimo de curvatura dinámico (mm)	Radio mínimo de curvatura estático (mm)	Peso kg/km (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible al aire (2) A	Intensidad máxima admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C (3)	Caída de tensión V/(A·km) (2)
1x1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	27,4
1x2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	16,42
1x4	3	6,6	26	20	61	5,09	46	55	10,18
1x6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	6,78
1x10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	3,90
1x16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	2,48
1x25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	1,59
1x35	9,2	14	70	56	390	0,565	182	218	1,13
1x50	11	16,3	82	65	542	0,393	220	276	0,786
1x70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	0,554
1x95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	0,42
1x120	17	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	0,328
1x150	19	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	0,264
1x185	21	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	0,216
1x240	24	32,1	193	128	2394	0,0817	617	775	0,1634

Tabla 34. Características físicas y eléctricas de cables BT DC

En los cálculos se ha considerado el caso más desfavorable de temperatura estimada como la máxima capaz de soportar el conductor (90°C):

$$R_{90cc} = 1,95 \cdot [1 + 0,00392 \cdot (90 - 20)] = 2,49 \Omega$$

Por lo tanto, el cálculo de la caída de tensión para el string más desfavorable resulta:

$$\varepsilon = \frac{210,69 \cdot 18,43 \cdot 0,025}{10} \cdot 2 = 19,30 \text{ V}$$

La caída de tensión en % se expresa a continuación:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\varepsilon(V)}{U_n(V)} \times 100$$

Siendo:

- ε : Caída de tensión del tramo considerado (V)
- U_n : Tensión máxima de salida del inversor (V)

$$\varepsilon\% = \frac{19,30 \text{ V}}{1.249,36 \text{ V}} \cdot 100 = 1,54 \%$$

2.1.1.3. CRITERIO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

Para el cálculo del criterio de pérdida de potencia se elige el string de longitud mayor, correspondiente al polo más alejado (más desfavorable).

$$\Delta P = \frac{2 \cdot L \cdot I^2}{S \cdot K}$$

Siendo:

- S: Sección del conductor (mm²)
- K: Conductividad del conductor Cu a 90°C (m/Ω mm²)
- I: Intensidad módulo en el punto de máxima potencia (A)
- L: Longitud del tramo de corriente continua (m)

Se considera el string más desfavorable, cuya longitud del tramo de corriente continua será 210,69 m.

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 210,69 \cdot 18,43^2}{10 \cdot 40,24} = 355,59 \text{ W}$$

La pérdida de potencia en % se expresa a continuación:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P \text{ (W)}}{P \text{ (W)}} \cdot 100$$

Siendo:

- ΔP : Pérdida de potencia del tramo considerado (W)
- P: Potencia del string (W)

$$\Delta P(\%) = \frac{355,59 \text{ W}}{21.924 \text{ W}} \cdot 100 = 1,62 \%$$

2.1.2. CIRCUITO DESDE CUADRO DE NIVEL I HASTA INVERSOR

2.1.2.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Hasta su llegada al inversor, el cable de string recorre enterrado en zanja.

El valor de la intensidad admisible del cable aplicando los factores de corrección correspondientes, en instalación directamente enterrado y al aire, se calcula de la siguiente manera:

$$I_Z = I_{Adm \text{ Conductor}} \cdot FC_{total}$$

Siendo:

- $I_{admconductor}$: Intensidad admisible del conductor sin aplicar los factores de corrección (A).
- FC_{total} : Factores de corrección aplicados.

DIRECTAMENTE ENTERRADO

Se considera como caso el string más desfavorable, con los siguientes parámetros:

- Tipo de instalación: Directamente enterrado (Tipo D1- Tabla B.52.3).
- Factores de corrección:
 - Agrupamiento: 11 circuitos en paralelo en el caso más desfavorable. (FCa=0,43 - Tabla B.52.18 "UNE-HD-60364-5-52").

- Resistividad del terreno: 2 K m/W (FCresist=1,05 - Tabla B.52.16 "UNE-HD-60364-5-52")
- Profundidad: Circuitos enterrados 0,70 m enterrado. (FCinst=1,00 - Tabla 9 "REBT ITC-BT-07")
- Temperatura del terreno: 25°C (FCtemp=0,96 - Tabla B.52.15 "UNE-HD-60364-5-52")
- Sección elegida: 2x240 mm².
- Intensidad admisible conductor: 448 A (Tabla B.52.3 "UNE-HD-60364-5-52")

Por lo tanto, el valor de la intensidad admisible del conductor aplicando los factores de corrección queda de la siguiente manera:

$$I_z = 2 \times 448 \times 0,43 \times 1,05 \times 1,00 \times 0,96 = 388,36 \text{ A}$$

La intensidad máxima absorbida o prevista en el cable se calculará de acuerdo a la ITC-BT-40, en la que los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 1,25 % de la máxima intensidad del generador. Dicha intensidad máxima se corresponde con la corriente de cortocircuito de los módulos (considerando una ganancia bifacial +5%), que en este caso es de 19,48 A.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \times I_{sc}$$

$$I_{m\acute{a}x} \leq I_z$$

Donde:

- I_{sc} = La intensidad de cortocircuito dada por el fabricante del módulo fotovoltaico (A).
- I_z = La intensidad máxima admisible en el cable (A) con los factores de corrección por condiciones de uso.

El cuadro de nivel I mayor en ese tramo está formado por 11 strings, por lo que:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \times 19,48 \text{ A} = 24,35 \text{ A}$$

$$I_{m\acute{a}x_{conjunto}} = 24,35 \times 11 = 267,85 \text{ A}$$

$$267,85 \text{ A} \leq 388,36 \text{ A}$$

Se cumple por tanto la condición de que la corriente admisible corregida de los cables, aun en el caso más desfavorable, sea superior al 1,25 % de la corriente máxima del generador (388,36 A > 267,85 A).

Según la norma IEC 60364-7-712.433.1.101.2, en las cadenas (Strings) de módulos fotovoltaicos se deben calcular las intensidades nominales de las protecciones para las líneas en instalaciones de generación de energía eléctrica atendiendo a su intensidad de cortocircuito:

$$1,56 \cdot I_{sc} \leq I_N \leq 2,4 \cdot I_{sc}$$

$$1,56 \cdot I_{sc} = 1,56 \cdot 11 \cdot 19,48 \text{ A} = 334,28 \text{ A}$$

$$2,4 \cdot I_{sc} = 2,4 \cdot 11 \cdot 19,48 \text{ A} = 514,27 \text{ A}$$

$$334,28 \text{ A} \leq \mathbf{350 \text{ A}} \leq 514,27 \text{ A}$$

el fusible seleccionado de $I_n = \mathbf{350 \text{ A}}$ situado en el inversor debe proteger el tramo subterráneo.

2.1.2.2. CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para el cálculo del criterio de caída de tensión se elige el tramo más desfavorable:

$$\varepsilon = \frac{L \times I \times \rho}{S} \times 2$$

Siendo:

- S: Sección del conductor (mm²)
- ρ: Resistividad del conductor Cu a 90°C (Ω·mm²/m)
- I: Intensidad módulo en el punto de máxima potencia (A)
- L: Longitud del tramo de corriente continua (m)

Por lo tanto, el cálculo de la caída de tensión para el string más desfavorable resulta:

$$\varepsilon = \frac{210,69 \cdot 18,43 \cdot 0,025}{240} \cdot 2 = 0,81 \text{ V}$$

La caída de tensión en % se expresa a continuación:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\varepsilon(V)}{Un(V)} \times 100$$

Siendo:

- ε: Caída de tensión del tramo considerado (V)
- Un: Tensión máxima de salida del inversor (V)

$$\varepsilon\% = \frac{0,81 \text{ V}}{1.249,36 \text{ V}} \cdot 100 = 0,065 \%$$

2.1.2.3. CRITERIO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

Para el cálculo del criterio de pérdida de potencia se elige el tramo más desfavorable:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot L \cdot I^2}{S \cdot K}$$

Siendo:

- S: Sección del conductor (mm²)
- K: Conductividad del conductor Cu a 90°C (m/Ω mm²)
- I: Intensidad módulo en el punto de máxima potencia (A)
- L: Longitud del tramo de corriente continua (m)

Por lo tanto:

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 210,69 \cdot 18,43^2}{240 \cdot 40,24} = 14,82 \text{ W}$$

La pérdida de potencia en % se expresa a continuación:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P (W)}{P (W)} \cdot 100$$

Siendo:

- ΔP : Pérdida de potencia del tramo considerado (W)
- P : Potencia del string (W)

$$\Delta P(\%) = \frac{14,82 \text{ W}}{21.924 \text{ W}} \cdot 100 = 0,068 \%$$

Estos datos de caída de tensión y pérdida de potencia se darán en el caso más desfavorable. La caída de tensión máxima en corriente continua será de 0,75%.

ANEXO II. CÁLCULOS ELÉCTRICOS EN MEDIA TENSIÓN

1. CÁLCULO EN MEDIA TENSIÓN PFV

Para la selección de las secciones más adecuadas, se ha tenido en consideración el cumplimiento de la normativa, así como las características eléctricas que deben cumplir.

El dimensionamiento del cable de Media Tensión consiste en calcular la sección mínima normalizada que cumpla simultáneamente las siguientes condiciones:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- Criterio de la caída de tensión.
- Criterio de la Intensidad máxima de cortocircuito.

El método de instalación de los circuitos será directamente enterrado, con una resistividad térmica del terreno de 2 K·m/W, temperatura del terreno de 25°C y enterrado a una profundidad de 0,8 m. En el caso de existir más de una terna por zanja, la separación entre ellas será de 25 cm y 40cm. El número máximo de ternas por zanja será de dos.

1.1. CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La intensidad máxima calculada para el diseño de la línea viene dada por la expresión:

$$I_{\text{cálculo}} = \frac{S}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi)}$$

Siendo:

- S: Potencia máxima a transportar (kVA)
- U: Tensión (kV)
- $\cos\varphi$: Factor de potencia

La corriente máxima admisible por los cables depende de una serie de factores, de sus características constructivas, así como de las características del terreno. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_{\text{max adm}} = F_t \cdot F_r \cdot F_{nt} \cdot F_p \cdot I_z$$

Donde:

- F_t : factor de corrección debido a la temperatura del terreno.
- F_r : factor de corrección debido a la resistividad térmica del terreno.
- F_{nt} : factor de corrección debido al número de ternas por circuito.
- F_p : factor de corrección debido a la profundidad de enterramiento de los circuitos.
- I_z : Intensidad máxima admisible que puede transportar el conductor antes de aplicar los factores de corrección, o en condiciones estándar.

Las secciones finales seleccionadas deben cumplir con el siguiente criterio:

$$I_{\text{cálculo}} < I_{\text{máx adm}}$$

Las condiciones para este cálculo son las siguientes:

Temperatura del terreno	25 °C
Resistividad térmica del terreno	2 K·m/W
Distancia entre ternas	25 cm
Método de instalación	Directamente enterrado y bajo tubo en caminos
Profundidad	0,80 m

Tabla 1. Condiciones de cálculo MT

Los cables empleados serán Al RHZ1 12/20 kV, de tipo unipolar, conductor de aluminio clase 2, de secciones 240mm², 400mm² y 630 mm², aislamiento XLPE y cubierta exterior de polietileno color rojo.

En la siguiente tabla que se muestra la intensidad admisible en condiciones estándar de los conductores atendiendo a su material de aislamiento (General Cable) y, posteriormente, los correspondientes factores de corrección a aplicar para las condiciones reales de la instalación objeto de este documento.

Cross section Sección del conductor	Diameter over insulation Diámetro sobre aislamiento	Outer diameter Diámetro exterior	Weight Peso	Current ratings in air ⁽¹⁾ Intensidad máxima admisible al aire ⁽¹⁾	Current ratings buried ⁽¹⁾ Intensidad máxima admisible soterrados ⁽¹⁾	DC conductor resistance at 20°C Resistencia conductor en CC a 20°C	AC conductor resistance at 90°C Resistencia conductor en CA a 90°C	Reactance at 50 Hz Reactancia a 50 Hz	Capacitance Capacitancia
(mm ²)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(A)	(A)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(μF/km)
1x50	25,0	35,0	1080	170	140	0,641	0,800	0,150	0,135
1x95	28,2	37,1	1325	255	205	0,320	0,403	0,134	0,166
1x150	30,9	40,2	1585	335	260	0,206	0,262	0,126	0,190
1x185 ⁽²⁾	32,5	41,9	1750	385	295	0,164	0,209	0,121	0,205
1x240	35,0	44,3	1990	455	345	0,125	0,161	0,116	0,227
1x300 ⁽²⁾	37,3	46,7	2270	520	390	0,100	0,128	0,112	0,248
1x400	40,0	49,6	2575	610	445	0,078	0,102	0,108	0,272
1x500 ⁽²⁾	43,5	53,1	3050	715	505	0,060	0,084	0,103	0,303
1x630	48,0	57,6	3600	830	575	0,046	0,063	0,100	0,343

Tabla 2. Características físicas y eléctricas de cables MT

Los siguientes factores de corrección se toman del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, de la ITC-LAT-06 "Líneas subterráneas con cables aislados".

1.1.1. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA DEL TERRENO

Dependerá de la temperatura del terreno considerada y de la naturaleza del aislamiento. Cuando la temperatura del terreno del proyecto de la planta solar es diferente a 25°C, la corriente admisible del cable se debe corregir según los valores que se recogen en la tabla 10 de la ITC-LAT-06:

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

Tabla 3. Factores de corrección para temperaturas de terreno diferentes de 25°C

1.1.2. FACTOR DE CORRECCIÓN POR RESISTIVIDAD TÉRMICA

Depende de la capacidad del terreno para disipar calor. Si el valor de la resistividad térmica del terreno donde se va a instalar la planta es diferente a 1,5 Km/W entonces su el valor de la corriente admisible del cable se ha de corregir con los valores que se recogen en la tabla 10 de la ITC-LAT-06:

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

Tabla 4. Factores de corrección para valores de resistividad térmica del terreno diferentes de 1,5 K.m/W

Para los conductores de 630 mm², el factor de corrección por resistividad del terreno de 2 Km/W es 0,88.

1.1.3. FACTOR DE AGRUPAMIENTO

Es debido al calentamiento mutuo que se produce entre los cables que coinciden en la misma canalización ya que crea más dificultades para la disipación de calor. Dependerá de la tipología de la canalización, número y tipo de cables que discurren por ella. Los valores se recogen en la tabla 10 de la ITC-LAT-06:

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

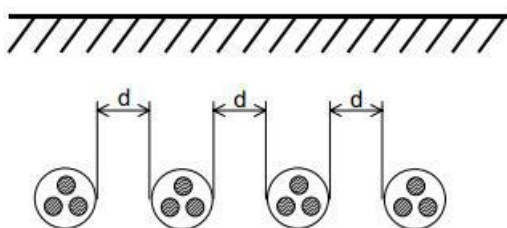


Tabla 5. Factores de corrección para más de una terna de cables por zanja

El número de ternos de las zanjas será de 2 circuitos.

1.1.4. FACTOR DE PROFUNDIDAD

Cuando la profundidad de instalación es diferente a 1 metro, la intensidad máxima admisible se debe corregir con los siguientes valores dependiendo del método de instalación y de la sección del cable. Los valores se recogen de la tabla 11 de la ITC-LAT-06:

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤185 mm²	>185 mm²	≤185 mm²	>185 mm²
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

Tabla 6. Factores de corrección para profundidades de instalación diferentes de 1 metro

1.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

La capacidad de corriente en condiciones de cortocircuito para los conductores seleccionados deberá ser superior al nivel de cortocircuito máximo acontecido en la planta. Esto deberá cumplirse para cada una de las secciones seleccionadas.

Las líneas subterráneas tendrán una tensión de funcionamiento de 20 kV, así que tanto el aislamiento del cable y accesorios como las restantes características eléctricas corresponderán a esta tensión para la red de distribución interna de la planta fotovoltaica en media tensión.

Con la sección del conductor se determinará la máxima intensidad de cortocircuito mediante las fórmulas pertenecientes a la norma IEC 60949:

$$I = I_{CC} \cdot \varepsilon$$

Siendo:

- I: corriente de cortocircuito máxima admisible (A)
- I_{CC}: corriente de cortocircuito adiabática (A)
- ε: factor que contempla las pérdidas de calor en los componentes adyacentes.

La corriente de cortocircuito adiabática se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_{CC} = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right) \right]}$$

Siendo:

- S: sección del conductor (mm²)
- T: tiempo de duración del cortocircuito (s)
- K: constante dependiente del material conductor. Al = 148 A·s^{1/2}/mm² y Cu = 226 A·s^{1/2}/mm² (según tabla I de la norma IEC 60949)
- θ_f: temperatura límite de cortocircuito (°C)
- θ_i: temperatura límite para servicio continuo (°C)
- β: inverso del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura del conductor. Al=228 K y Cu = 234,5 K (según tabla I de la norma IEC 60949)

El conductor es de aluminio, por lo que se tomarán las constantes propias de este material y un tiempo de cortocircuito de 0,5 segundos.

El factor debido a las pérdidas de calor en el conductor se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Siendo:

- X e Y: factores dependientes de los materiales adyacentes. $X = 0,44 \text{ (mm}^2/\text{s)}^{1/2}$ e $Y = 0,1 \text{ mm}^2/\text{s}$ para el aluminio.
- t: tiempo de duración de cortocircuito (s)
- S: sección del conductor (mm²)

1.3. CAÍDA DE TENSIÓN

Se establece una caída de tensión máxima de 1% entre el centro de seccionamiento 'Zorreras' y la celda de MT de la SET Los Siglos 20/66 kV.

El cálculo de la caída de tensión se realiza mediante la siguiente fórmula:

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

Siendo:

- I: Corriente nominal (A)
- R: Resistencia del conductor en corriente alterna (Ω/km)
- X: Reactancia media para el circuito (Ω/km)
- L: Longitud de la línea (km)
- $\cos \varphi$: Factor de potencia

La caída de tensión porcentual será:

$$\Delta U (\%) = \Delta U / U_{\text{nominal}}$$

Siendo:

- ΔU : Caída de tensión del tramo considerado (V)
- U_{nominal} : Tensión nominal de servicio (V)

C	INICIO	FIN	P TOTAL (W)	COS Φ	V (V)	L1 (m)	L2 (m)	SOMBREAD	L TOTAL (m)	I (A)	TIPO	Tº COND (°C)	TIPO CABLE	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ANGULO	SEN α	COND. (m/g vermas)	VERMAS	CALIBRE (mm²)	DISTRIBUCIÓN	Nº CIRCUITOS	ESPACIO ENTRE CIRCUITOS	PROF ENTERR CONDUCTOR	IMAX ADM. UNIT (A)	COEF. RESIST. TER.	COEF. RESIST. TER.	COEF. Fº TER.	COEF. MINOR.	I CALC.	CUMPLE	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔP (W)	ΔP (%)	ΔV (%)	
C	P501	P502	2.915.000,00	0,9	20000	266,54	5	13,58	285,12	94	12/20 KV XLPE	34,29	Al	0,12	0,110	0,45	0,44	33,75	1	240	trefoil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	7,4	0,04%	985,95	0,03%	0,04%
	P502	CS	5.870.000,00	0,9	20000	984,47	5	49,47	1086,94	188	12/20 KV XLPE	62,18	Al	0,14	0,110	0,45	0,44	30,48	1	240	trefoil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	58,0	0,29%	15105,19	0,26%	0,29%
	P507	P506	2.915.000,00	0,9	20000	118,52	5	6,18	129,70	94	12/20 KV XLPE	34,30	Al	0,12	0,110	0,45	0,44	33,75	1	240	trefoil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	3,4	0,02%	425,28	0,01%	0,02%
	P506	P505	4.890.000,00	0,9	20000	118,60	5	6,18	129,78	157	12/20 KV XLPE	50,80	Al	0,13	0,110	0,45	0,44	31,73	1	240	trefoil	2	200 mm	1	345	0,82	1	0,88	1	0,72	248,95	SI	5,9	0,03%	1257,76	0,03%	0,03%
	P505	P503	6.845.000,00	0,9	20000	553,92	5	27,95	586,87	220	12/20 KV XLPE	55,39	Al	0,08	0,102	0,45	0,44	31,21	1	400	trefoil	2	200 mm	1	445	0,82	1	0,88	1	0,72	321,11	SI	36,0	0,13%	6797,58	0,10%	0,13%
C	P503	P504	9.780.000,00	0,9	20000	245,25	5	12,51	262,76	314	12/20 KV XLPE	62,18	Al	0,05	0,093	0,45	0,44	30,48	1	630	trefoil	2	200 mm	1	575	0,82	1	0,88	1	0,72	414,92	SI	12,5	0,06%	4693,80	0,04%	0,06%
	P504	CS	11.735.000,00	0,9	20000	155,05	5	8,00	168,05	376	12/20 KV XLPE	78,49	Al	0,06	0,093	0,45	0,44	28,84	1	630	trefoil	2	200 mm	1	575	0,82	1	0,88	1	0,72	414,92	SI	9,9	0,05%	3931,04	0,03%	0,05%
																				Σ TOTAL (W)										Σ TOTAL (W)					0,56%		0,02%

Tabla 7. Resumen Cálculos Secciones Circuitos MT (Planta FV)

2. CÁLCULO EN MEDIA TENSIÓN LINEA DE EVACUACIÓN

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veamos a continuación las características principales de la línea de Media Tensión que estamos proyectando, con el fin de comprobar si es capaz de soportar la demanda de potencia de 17,61 MVA que se instalará.

La instalación eléctrica en estudio está compuesta un tramo subterráneo de 1.615 m con cableado de 3x(2x630) mm².

En el presente apartado realizaremos los cálculos correspondientes al tramo subterráneo de la instalación:

- Longitud de la línea: 1.615 m
- Potencia a transportar: 17.605 kW.
- Tensión de servicio: 20 kV
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0,90$
- Sección del conductor: 630 mm²
- Resistencia: 0,05 Ω /km
- Reactancia: 0,093 Ω /km

2.2. INTENSIDAD ADMISIBLE DEL CONDUCTOR

El Reglamento de Líneas de Alta Tensión fija como estándares para tendidos subterráneos de Media Tensión bajo tubo las siguientes condiciones:

- Terno de cables unipolares enterrados bajo tubo.
- Temperatura del terreno: 25°C.
- Resistividad térmica del terreno: 2 K m/W.
- Circuito único (sin influencia térmica de otros cables en el entorno).
- Profundidad de la instalación: 1 m.

En el caso de nuestra línea, podemos decir que las condiciones se asemejan a los estándares establecidos en el RLAT, a excepción del circuito único, que, aunque inicialmente se contará con un solo circuito, dado que la canalización se compartirá con la evacuación de la planta fotovoltaica “Tahuna”, consideraremos que por la zanja discurrirán dos circuitos.

Así, teniendo en cuenta lo anterior, deberemos aplicar los factores de corrección establecidos en la tabla 8 “coeficientes por resistividad térmica del terreno”, en la tabla 10 “coeficientes por agrupamiento” y en la tabla 11 “coeficientes por profundidad”.

Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

Tipo de instalación	Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados.	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
	400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73
	630	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	630	1,12	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83

La resistividad térmica del terreno se considera de 2 K m/W, por lo que para cables en interior de tubos enterrados, para una sección de 630mm², se considera un factor de corrección de 0,92 por resistividad térmica del terreno.

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

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

En nuestra canalización discurrirá, en el caso más desfavorable, 2 circuitos (1 circuito con 2 conductores por fase para PSFV Tahuna y 1 circuito con 2 conductores por fase para PSFV Zorreras). A efectos de cálculo, se considerará agrupación de 4 circuitos, separados en cuatro ternas, instaladas bajo tubo a una distancia de separación de 0m (en contacto), por lo que habrá que aplicar un factor de corrección de 0,64 por agrupamiento.

En el caso de la profundidad los conductores discurrirán a una distancia de 1 metro, por lo que aplicaremos un factor de corrección de 1 de acuerdo a la siguiente tabla.

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

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

De esta forma, teniendo en cuenta la intensidad nominal del cableado utilizado (575 A según ficha de fabricante), y los factores de corrección a aplicar, además de considerar 2 conductores por fase, se obtiene una intensidad máxima admisible de:

$$I_{\text{max. Adm. del conductor}} = 2 \times 575 \times 0,64 \times 1 \times 0,92 = 677,12 \text{ A.}$$

2.3. INTENSIDAD DE CORRIENTE

Por ser la potencia máxima 17.605 kW, la tensión de servicio de 20 kV la intensidad de corriente será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{17605}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,90} = 564,68 \text{ A}$$

Puede comprobarse por tanto que la intensidad de corriente de la línea (564,68 A), es inferior a la intensidad máxima admisible del conductor (677,12 A), por lo que la sección elegida del conductor es correcta.

2.4. CÁLCULO CORRIENTES CORTOCIRCUITO DE TENSIÓN

2.4.1. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE

Según especificación técnica NRZ104, con carácter general, se fija el valor de la intensidad asignada de corta duración (1 s) en 16/20 kA para la red de Media Tensión.

Este valor puede ser conocido directamente o bien proporcionado indirectamente a partir de la potencia máxima de cortocircuito de la red, calculada a partir de la siguiente expresión:

$$I_{cc3} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

- I_{cc3} = Intensidad de cortocircuito trifásica, en kA.
- S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red, en MVA.
- U = tensión de línea, en kV.

A continuación, se indican las intensidades de cortocircuito para algunas redes de distribución:

U (kV)	Scc (MVA)	Icc3 (kA)
25	500	11,547
20	500	14,433
15	500	19,245
11	500	26,243

En nuestro caso, tendríamos una intensidad de cortocircuito de 14,43 kA para una tensión nominal de 20 kV. No obstante, por situarnos del lado de la seguridad, elegiremos la opción más desfavorable, que este caso será la intensidad de cortocircuito máxima indicada en la especificación técnica NRZ104 de la compañía distribuidora, es decir 20 kA.

2.4.2. INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE EN EL CONDUCTOR

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor se realiza según la norma UNE 21192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

donde

- I: es la intensidad de cortocircuito admisible;
- IAD: es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática;
- ε : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes.

2.4.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADIABÁTICO

La fórmula del calentamiento adiabático se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Donde:

- IAD: es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática (A);
- t: es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s.
- K: es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.
 - Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 148 A·s^{1/2}/mm²
 - Para conductores de cobre se utilizará el valor de 226 A·s^{1/2}/mm²
- S: es la sección geométrica del componente conductor de corriente; para los conductores se tomará la sección nominal, y para las pantallas la sección de 1 alambre

- θ_f : es la temperatura final ($^{\circ}\text{C}$). En el conductor se utilizarán 90°C y en la pantalla se utilizarán 80°C .
- θ_i : es la temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$). En el conductor se utilizarán 250°C y en la pantalla se utilizarán 210°C .
- β : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a $^{\circ}\text{C}$ (K);
 - Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K
 - Para conductores de cobre se utilizará el valor de 234,5 K

Como se refleja en la tabla 26 correspondiente al apartado 6.2 de la ITC-LAT 06, la densidad admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 , para conductores de aluminio y un $A_0 = 160^{\circ}\text{C}$, es de $94 \text{ A}/\text{mm}^2$.

Por tanto, en nuestro caso, para una sección de 630 mm^2 el conductor será capaz de soportar una corriente de cortocircuito de $59,60 \text{ kA}$.

A continuación, realizamos una comprobación para ver que el conductor elegido en la línea subterránea cumple con la intensidad de cortocircuito de la red.

A continuación, se indican los valores de cortocircuito máximo admisibles de los conductores especificados en el presente proyecto:

Tabla comparativa entre la Icc del conductor y la Icc de la red				
Conductor	Icc de la red (kA)	<	Icc del conductor (kA) a duración del cortocircuito 1 s	Condición
RHZ1 12/20 kV XLPE 630 mm ²	14,43	<	59,60	CUMPLE

2.4.4. CÁLCULO DEL FACTOR NO ADIBÁTICO

La fórmula general de una ecuación empírica para el factor no adiabático es la siguiente:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F \cdot A \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} \cdot F^2 \cdot B \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Donde:

- F: es el factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales metálicos no adyacentes. Se tomará F=0,7 para los conductores y F=0,5 para las pantallas.
- A, B: son las constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes.

$$A = \frac{C_1}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} \text{ (mm}^2/\text{s)}^{1/2} \text{ donde } C_1 = 2,464 \text{ mm/}$$

$$B = \frac{C_2}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} \text{ (mm}^2/\text{s)} \text{ donde } C_2 = 1,22 \text{ K}\cdot\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{J}$$

donde:

- σ_c : es el calor específico volumétrico del componente conductor de corriente
 - Para el cobre se tomará el valor de $3,45 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$
 - Para el aluminio se tomará el valor de $2,5 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$
- σ_i : es el calor específico volumétrico de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $2,4 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$ (correspondiente al XLPE)
- ρ_i : es la resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $3,5 \text{ K}\cdot\text{m/w}$ (correspondiente al XLPE)

A continuación, sustituyendo valores tenemos:

$$A = \frac{2464}{2,5 \cdot 10^6} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 10^6}{3,5}} = 0,816 \text{ (mm}^2/\text{s)}^{1/2}$$

$$B = \frac{1,22}{2,5 \cdot 10^6} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 10^6}{3,5}} = 0,334 \text{ (mm}^2/\text{s)}^{1/2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{1 + 0,7 \cdot 0,816 \cdot \sqrt{\frac{1}{240}} \cdot 0,7^2 \cdot 0,334 \cdot \left(\frac{1}{240}\right)} = 1,000012597$$

Este resultado para el factor E no adiabático es muy aproximado a 1.

2.5. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla se realiza según la norma UNE 21192, “Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático”. El dimensionamiento mínimo será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante 1 segundo.

No se considera la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales dispuestos helicoidalmente. Se calculará para un alambre tomado individualmente y se multiplicará después por el número de alambres para obtener el valor total de la intensidad de cortocircuito. Por tanto, se utilizará en todas las fórmulas la sección de un alambre tomado individualmente.

Para nuestro conductor, la pantalla metálica está compuesta por cinta longitudinal de aluminio termosoldada y adherida a la cubierta.

Atendiendo a la información facilitada por el fabricante del cableado “HERSATENE CLASS RHZ1-OL H16 12/20 kV, tenemos que las corrientes de cortocircuito máximo soportables por las pantallas de los cables para 1 segundo son:

- $I_{cc_m\acute{a}x. \text{ pantalla } [630 \text{ mm}^2]} = 2,4 \text{ kA}$

Para una sección de 630 mm^2 y un tiempo de duración del cortocircuito de 1 segundo, obtenemos que la intensidad de cortocircuito admisible en la pantalla será de 2400 A, superior a los 1000 A exigidos por el apartado 6.3 de la ITC-LAT-06.

2.6. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión causada por la resistencia y reactancia de un conductor (despreciando la influencia de la capacidad) viene dada por la siguiente expresión:

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

Siendo:

- ΔV = Caída de tensión simple en V.
- I = Intensidad de la línea.
- R = Resistencia 0,05 Ohm/Km.
- X = Reactancia 0,093 Ohm/Km.
- L = Longitud de la línea en Km.
- φ = Angulo de fase.
- V = Venas (Conductores por fase).

Sustituyendo los valores:

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

$$\Delta V = (\sqrt{3} \cdot 564,68 \cdot (0,05 \cdot 0,9 + 0,093 \cdot 0,44) \cdot 1,615) / 2 = 70,24V$$

Lo que constituye un 0,35% inferior al 5% máximo.

2.7. PÉRDIDA DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia por efecto Joule viene dada por:

$$\Delta P = (3 \cdot R \cdot L \cdot I^2) / V \text{ (vatios)}$$

Donde:

- ΔP = Pérdidas de potencia en vatios.
- I = Intensidad de línea.
- R = Resistencia.
- L = Longitud de la línea.
- V = Venas (Conductores por fase).

Sustituyendo los valores

$$\Delta P = (3 \cdot (0,05) \cdot 1,615 \cdot 564,68^2) / 2 = 41352,07 \text{ W}$$

Por tanto, las pérdidas de potencia serán del 0,23%.

INICIO	FIN	P TOTAL (W)	CDS ϕ	V (V)	L1 (m)	L2 (m)	SORREDIM	L TOTAL (m)	I (A)	TIPO	T $\circ$ COND. (°C)	TIPO CABLE (EC)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ANGULO SER. ϕ	COND. (m ² /mm ²)	VENAS	CALEBRE (mm ²)	DISPOSICIÓN	N $^{\circ}$ CIRCUITOS	ESPACIO ENTRE CIRCUITOS	PROF ENTERR CONDUCTOR	I MAX. ADM. (A/UNIT)	COEF. ABSOR. PROPI.	COEF. RESIST. T $\circ$ T $\circ$	COEF. RESIST. T $\circ$ T $\circ$	COEF. T $\circ$ MINOR	I CALC	CUMPLE	AV (V)	AV (%)	AP (W)	AP (%)	AV (%)					
CS	SET	17.605.000,00	0,9	20000	1563	5	47	1615	564,68	12/20 KV XLPE	70,21	Al	0,05	0,093	0,45	0,44	29,65	2	630	trebol	4	En contacto (el-dom)	1	1150	0,64	1	0,92	1	0,59	677,12	SI	70,24	0,35%	41352,07	0,23%	41352,07	0,35%		
																																				AP total (W)	41352,07	0,23%	0,35%

Tabla 8. Resumen Cálculos Secciones Circuitos MT (Evacuación)

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial



Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

ANEXO III. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

1. DATOS DE ENTRADA

Los datos necesarios para el cálculo de la red de tierra son los siguientes:

Resistividad media del terreno	ρ	250 Ω m
Tensión soportada a frecuencia industrial por la instalación de B.T	U_{BT}	10.000 V
Tensión compuesta de servicio	U	20.000 V
Intensidad de arranque en el primario	I'_a	60 A
Corriente de cortocircuito unipolar fase-tierra en la Subestación	I_{dm}	500 A

Tabla 1. Datos de entrada para cálculo de red de tierras

Dimensiones en planta de los CTs: en el presente proyecto las Power Stations (Power Stations) tienen unas dimensiones en planta de 6,058x2,896x2,438 m.

Coeficientes K y t del punto de conexión: estos coeficientes vienen dados por la capacidad de corte de la subestación, donde t es la duración máxima de la falta en segundos y K es una constante en función del tiempo. Estos coeficientes pueden sustituirse por U_{ca} o tensión de contacto aplicada, la cual puede obtenerse a través de la ITC-RAT-13

- L= longitud del electrodo de P.A.T. Se ha estimado una longitud total de 10.627,23 m en zanjas.

Para la realización de los cálculos relativos al diseño de la malla de P.A.T. se aplicarán fórmulas propuestas en el documento “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Power Stations conectados a redes de tercera categoría”, elaborado por UNESA. Este documento de cálculo detalla analíticamente lo expuesto en la ITC-RAT 13 “Instalaciones de puesta a tierra” del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”. Además, se hace referencia a lo expuesto en la ITC-BT-18 “Instalaciones de puesta a tierra” del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE P.A.T. DE CTS

2.1. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO MÁXIMA (ID) Y LA RESISTENCIA MÁXIMA DE LAS MASAS DEL CT (RT)

Para el cálculo de ambas variables se aplicarán las siguientes ecuaciones, de cuya iteración obtendremos ambos valores:

$$U_d = R_T \cdot I_d \leq U_{BT}$$

Siendo:

- U_d : Tensión de defecto (V)
- R_T : Resistencia del electrodo (Ω)
- I_d : Intensidad de defecto (A)
- U_{BT} : Tensión soportada a frecuencia industrial por la instalación de baja tensión (V)

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

Siendo:

- I_d : Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado (A)
- U : Tensión compuesta de servicio de la red (V)
- R_n : Resistencia de la puesta a tierra del neutro a la red (Ω)
- R_t : Resistencia de la puesta a tierra de protección del centro (Ω)
- X_n : Reactancia de la puesta a tierra del neutro a la red (Ω)

$$X_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{dm}}$$

Siendo:

- X_n : Reactancia de la puesta a tierra del neutro a la red (Ω)
- U_n : Tensión de la red (V)
- I_{dm} : Corriente de defecto monofásico (A)

Para la resolución de estas ecuaciones se tomará la hipótesis conservadora de $R_n=0$, debido a que su valor es generalmente despreciable frente a la reactancia de la P.A.T. del neutro de la red.

2.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO TIPO Y CÁLCULO DE SU RESISTENCIA

Para definir el electrodo a aplicar debemos calcular en primer lugar el coeficiente K_r mínimo del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho}$$

Siendo:

- K_r : Coeficiente de la resistencia de puesta a tierra del electrodo
- R_t : Resistencia de la puesta a tierra de protección del electrodo (Ω)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

Una vez obtenido el K_r mínimo, se procede a escoger la configuración de malla perimetral y características de las picas necesarias para superar este K_r (cálculo realizado en el apartado 3.2 Cálculo de la intensidad de defecto máxima (I_d) y la resistencia máxima de las masas del CT (R_t)). Para ello se utilizan las configuraciones propuestas en el documento “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Power Stations conectados a redes de tercera categoría”, elaborado por UNESA, de las que obtendremos un nuevo K_r inmediatamente inferior al K_r calculado.

Una vez escogido el electrodo según el K_r mínimo y las dimensiones de nuestra caseta, calculamos su resistencia R'_t mediante la siguiente fórmula:

$$R'_t = K_r \cdot \rho$$

Siendo:

- Kr: Coeficiente de la resistencia de puesta a tierra del electrodo a partir de tablas
- R't: Resistencia de la puesta a tierra de protección del electrodo en función de nueva Kr(Ω)
- ρ: Resistividad del terreno (Ω·m)

Además de esto tendremos en cuenta los valores de los coeficientes K_p y k_c del electrodo seleccionado, necesarios para el cálculo de la tensión de paso y la tensión de paso en el acceso al CT.

2.3. CALCULO DE LA NUEVA INTENSIDAD DE DEFECTO (I'd), TENSIONES DE PASO Y CONTACTO (U'p Y U'p-ACC) DEL ELECTRODO SELECCIONADO

A partir de los valores que nos proporciona la configuración del electrodo (K'_r , K_p y k_c) calculamos la nueva intensidad de defecto mediante la misma fórmula utilizada y el nuevo valor de R't.

$$I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R'_t)^2 + X_n^2}}$$

Siendo:

- I'd: Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado (A)
- U: Tensión compuesta de servicio de la red (V)
- R't: Resistencia de la puesta a tierra de protección del centro (Ω)
- Xn: Reactancia de la puesta a tierra del neutro a la red (Ω)

$$X_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{dm}}$$

Siendo:

- Xn: Reactancia de la puesta a tierra del neutro a la red (Ω)
- Un: Tensión de la red (V)
- Idm: Corriente de defecto monofásico (A)

Para el cálculo de la tensión de paso en el exterior y tensión de paso en el acceso al CT utilizamos la siguiente fórmula:

$$U'_p = K_p \cdot I'_d \cdot \rho$$

Siendo:

- U'p: Tensión de paso en el exterior (V)
- I'd: Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado (A)
- ρ: Resistividad del terreno (Ω·m)
- Kp: Coeficiente de tensión de paso máxima

$$U'_{p(acc)} = K_c \cdot I'_d \cdot \rho$$

Siendo:

- $U'p(acc)$: Tensión de paso en el acceso al CT (V)
- $I'd$: Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado (A)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- Kc : Coeficiente de tensión de contacto exterior máxima

Una vez calculadas comprobamos que sus valores son menores que los valores de tensión de defecto, la tensión de paso y contacto y la tensión de contacto exterior o acceso del CT, calculadas a partir de las siguientes fórmulas:

$$U_{p-CT} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

Siendo:

- U_{p-CT} : Tensión de paso en el exterior (V)
- K y n : Constantes en función del tiempo
 - $0,9 \geq t \geq 0,1$ segundos, $K=72$ y $n=1$
 - $3 \geq t \geq 0,9$ segundos, $U_{ca}=64$ V
 - $t > 5$ segundos, $U_{ca}=64$ V
- t : Duración de la falta (s)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- U_{ca} : Tensión aplicada (V)

$$U_{p-acc-CT} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho'}{1000} \right) = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho'}{1000} \right)$$

Siendo:

- $U_{p-acc-CT}$: Tensión de paso en el acceso al CT (V)
- K y n : Constantes en función del tiempo
 - $0,9 \geq t \geq 0,1$ segundos, $K=72$ y $n=1$
 - $3 \geq t \geq 0,9$ segundos, $U_{ca}=64$ V
 - $t > 5$ segundos, $U_{ca}=64$ V
- t : Duración de la falta (s)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- ρ' : Resistividad del hormigón ($\Omega \cdot m$) (aprox. 3000 ohm.m)
- U_{ca} : Tensión aplicada (V)

El reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión en su ITC RAT 13 nos grafica la tensión de contacto aplicada en función del tiempo máximo de la falta, ante de que se produzca el corte en la subestación.

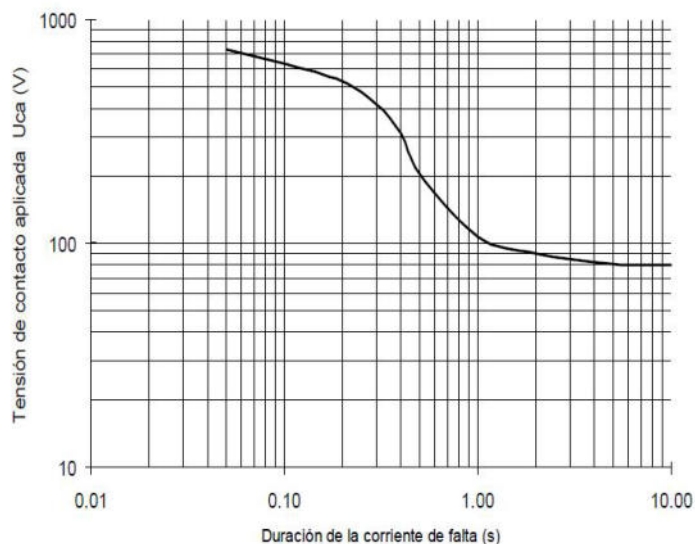


Imagen 1 Valores *Uca* en función de la duración de la corriente de falta

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Tabla 2. *Uca* en función de la duración de la corriente de falta

En nuestro caso consideramos que el máximo tiempo que se mantendrá la falta será de 1 segundo al que le corresponde una U_{ca} de 107 V.

2.4. COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN DE DEFECTO

Además de conseguir que los valores de las tensiones de paso y contacto admisibles no sean superados, existen otros aspectos que deben tenerse en cuenta al diseñar los electrodos de puesta a tierra, para evitar que las sobretensiones que se puedan presentar en el caso de defecto o avería superen los límites considerados.

Por lo tanto, la tensión de defecto debe cumplir:

$$U_d \leq U_{BT}$$

Siendo:

- U_d : Tensión de defecto (V)
- U_{BT} : Tensión soportada a frecuencia industrial por la instalación de baja tensión (V)

2.5. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE TIERRAS

Si la opción es la de P.A.T.-s reunidas en un sistema único de protección y de servicio, esto significa que el neutro de BT de los transformadores queda conectado al electrodo de protección, lo cual exige que la tensión de defecto que pueda aparecer en el mismo no supere la U_d calculada a partir de las características de corte de la subestación, como requiere el reglamento: Según el capítulo 11 de la ITC-BT-18, "sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización y la puesta a tierra de protección de la Power Station, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en la Power Station, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada definida en el punto 1.1 de la ITC-RAT-13".

Para dicha comprobación deberemos calcular de antemano la R_t total resultante de la unión de todas las tierras, es decir incluyendo mallas de CTs y electrodo horizontal de la red de BT y en paralelo las picas utilizadas en la instalación:

$$R_{\text{malla}} = \frac{\rho}{4 * r} + \frac{\rho}{L + L'}$$

Siendo:

- R_{malla} : Resistencia de la malla de puesta a tierra (Ω)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- r : Radio de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla (m)
- L : Longitud total de los cables existentes en la malla cubierta conductora (m)
- L' : Longitud total de las picas verticales incluidas en la malla (m)

$$R_{\text{picas}} = \frac{\rho}{N_{\text{picas}}^o \cdot L_{\text{pica}}}$$

Siendo:

- R_{picas} : Resistencia de la pica de puesta a tierra (Ω)
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- N_{picas}^o : Número de picas
- L : Longitud total de la pica de puesta a tierra (m)

Una vez calculada esta resistencia comprobaremos que la tensión resultante es menor que la máxima tensión de defecto permitida por el sistema.

$$U_d = \frac{K}{t^n} \geq R_T \cdot I_d$$

Siendo:

- U_d : Tensión de defecto (V)
- R_T : Resistencia del electrodo (Ω)
- I_d : Intensidad de defecto (A)
- K y n: Constantes en función del tiempo
 - o $0,9 \geq t \geq 0,1$ segundos, $K=72$ y $n=1$
 - o $3 \geq t \geq 0,9$ segundos, $U_{ca}=64$ V
 - o $t > 5$ segundos, $U_{ca}=64$ V
- t: Duración de la falta (s)

3. DATOS DE SALIDA (RESULTADOS)

3.1. CÁLCULO DE P.A.T. DE CTS

Dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{dmaxcal.} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

donde:

U_n : Tensión de servicio [kV]

R_n : Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n : Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{dmaxcal.}$: Intensidad máxima calculada [A]

La I_d máx en este caso será 500 A.

3.2. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE DEFECTO MÁXIMA (ID) Y LA RESISTENCIA MÁXIMA DE LAS MASAS DEL CT (RT)

A partir del dato de intensidad de defecto máxima fase-tierra (I_{dm}) de 500 A se determina que la resistencia de puesta a tierra máxima es 20 Ω .

Selección del electrodo tipo y cálculo de su resistencia:

Calculamos en primer lugar el coeficiente K_r mínimo, y a continuación escogemos la configuración idónea adaptada a nuestro CT.

Se supone que la tipología del terreno se corresponde a margas y arcillas compactas y arena arcillosa, según la ITC-RAT 13 tiene una resistividad comprendida entre 100 y 200 $\Omega \cdot m$ y 50 a 500 $\Omega \cdot m$ respectivamente. Por lo que se ha establecido un valor de 250 $\Omega \cdot m$.

Al existir zonas de valor de resistividad alto (250 $\Omega \cdot m$) supondremos la planta con dicha resistividad para no generar diferencias en obra.

A continuación, se calcula el valor de K_r :

$$K_r = \frac{20}{250} = 0,08$$

Rectángulo de 6.0 m x 3.5 m.

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.
 L_p = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'8 m

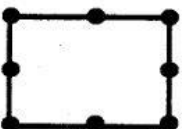
CONFIGURACION	L_p (m)	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_p(\text{acc})$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.102	0.0149	0.0608	60-35/8/00
4 picas 	2	0.080	0.0127	0.0394	60-35/8/42
	4	0.067	0.0103	0.0291	60-35/8/44
	6	0.058	0.0085	0.0229	60-35/8/46
	8	0.051	0.0073	0.0187	60-35/8/48
8 picas 	2	0.072	0.0114	0.0322	60-35/8/82
	4	0.057	0.0086	0.0213	60-35/8/84
	6	0.048	0.0068	0.0156	60-35/8/86
	8	0.041	0.0057	0.0122	60-35/8/88

Tabla 3. Parámetros característicos de electrodos de puesta a tierra

Observando la tabla adjunta anteriormente buscamos una configuración de 6 x 3,5 m adaptada al CT, con los valores de K_r , K_p y K_c representados en la misma para longitudes de picas de 2m, profundidad de 0,8m y 4 picas.

A continuación, tomamos los coeficientes K'_r , K_p y k_c de dicha configuración:

- $K'_r=0,08$
- $R'_t= 20,00 \Omega$
- $K'_c= K'_{p-acc}=0,0394$
- $K_p=0,02$

Cuando los centros estén cercanos se compartirá red asegurándose que la geometría es similar. El número de picas es la suma del total y el electrodo de 50 mm² de cobre tiene la longitud de la suma.

3.3. CÁLCULO DE LA NUEVA INTENSIDAD DE DEFECTO (I'D), TENSIONES DE PASO Y CONTACTO (U'P Y U'P-ACC) DEL ELECTRODO SELECCIONADO:

Los cálculos de las tierras de las Power Stations se realizarán con el valor máximo de resistividad de 250 $\Omega.m$.

Una vez tomados los coeficientes de la configuración escogida y aplicando las fórmulas detalladas en el punto 2.2 y 2.3 obtenemos los siguientes resultados:

$$X_n = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 500} = 23,09 \text{ A}$$

$$I'd = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{20^2 + 23,09^2}} = 377,96 \text{ A}$$

$$U_d = 20 \cdot 377,96 = 7.559,29 \text{ V}$$

$$U'_p = 0,02 \cdot 377,96 \cdot 250 = 1.200,04 \text{ V}$$

$$U'_{p-acc} = 0,0394 \cdot 377,96 \cdot 250 = 3.722,95 \text{ V}$$

A continuación, calculamos los valores máximos admisibles por el CT, según las fórmulas indicadas en el apartado 2.3. para un tiempo máximo de duración de la falta de 1 segundo para comprobar que el electrodo escogido cumple las condiciones necesarias.

Se obtienen los siguientes resultados:

$$U_{p-CT} = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 250}{1000}\right) = 2.675 \text{ V}$$

$$U_{p-acc-CT} = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 250 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) = 11.502,5 \text{ V}$$

Comprobamos que cumple:

Concepto	Valor Calculado	Condición	Valor Admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_{p-} = 1.200,04 \text{ V}$	$\leq$	$U_{p-CT} = 2.675 \text{ V}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_{p-acc} = 3.722,95 \text{ V}$	$\leq$	$U_{p-acc-CT} = 11.502,5 \text{ V}$
Aumento del potencial de tierra	$U'_d = 1.200,04 \text{ V}$	$\leq$	$U_{BT} = 10.000 \text{ V}$

Tabla 4. Comprobación tensiones para tiempo de falla de 1s

Finalmente calculamos los valores máximos admisibles por el CT, según las fórmulas indicadas en el apartado 1.4.2.3. para un tiempo máximo de duración de la falta de 0,5 segundos para comprobar que nuestro electrodo cumple las condiciones necesarias.

En este caso consideramos 0,5 segundos le corresponde una U_{ca} de 204 V.

$$U_{p-CT} = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 250}{1000}\right) = 5.100 \text{ V}$$

$$U_{p-acc-CT} = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 250 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) = 21.930 \text{ V}$$

Comprobamos que cumple:

Concepto	Valor Calculado	Condición	Valor Admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_{p-} = 1.200,04 \text{ V}$	$\leq$	$U_{p-CT} = 5.100 \text{ V}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_{p-acc} = 3.722,95 \text{ V}$	$\leq$	$U_{p-acc-CT} = 21.930 \text{ V}$

Tabla 5. Comprobación tensiones para tiempo de falla de 0,5s

3.4. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIÓN DE TIERRAS

Tal y como se ha explicado anteriormente la justificación de la unión de las tierras se realiza a partir del cálculo de la Resistencia total resultante de dicha unión.

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la malla se ha empleado el valor promedio de la resistividad del terreno. Estos cálculos deberán ser verificados en el futuro.

Teniendo en cuenta las fórmulas detalladas anteriormente y los datos de ambos electrodos, resolviendo las ecuaciones:

$$R_{CT} = 20,00 \, \Omega$$

El paralelo de los 2 CTs resulta en un equivalente de:

$$R_{CTs} = \frac{20,00}{2} = 10,00 \, \Omega$$

Y la resistencia de la malla de tierra

$$R_{malla} = \frac{250}{4 \times r} + \frac{250}{L + L'}$$

Siendo:

- r: Radio de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla (m)
- L: Longitud total de los cables existentes en la malla cubierta conductora (m)
- L': Longitud total de las picas verticales incluidas en la malla (m)

$$R_{malla} = \frac{250}{4 \times 1.784,12} + \frac{250}{10.627,23} = 0,06 \, \Omega$$

Si calculamos la resistencia total como el paralelo equivalente de las resistencias de la malla y de los CTs:

$$R_{TOTAL} = \frac{R_{electrodoCT} \cdot R_{malla}}{R_{electrodoCT} + R_{malla}}$$

Siendo:

- R_{malla} : Resistencia de malla de puesta a tierra (Ω)
- $R_{electrodoCT}$: Resistencia de picas verticales incluidas en la malla (Ω)

$$R_{TOTAL} = \frac{R_{electrodoCT} \cdot R_{malla}}{R_{electrodoCT} + R_{malla}} = 0,06 \, \Omega$$

Finalmente comprobamos que la tensión de defecto resultante para dicha resistencia es inferior a la máxima admisible por el sistema:

$$U_d = R_T \cdot I_d \leq U_c$$

Siendo:

- U_d : Tensión de defecto (V)
- R_T : Resistencia del electrodo (Ω)
- I_d : Intensidad de defecto (A)

- U_c : Tensión de contacto admisible para la resistividad del terreno ($250 \Omega \cdot m$) y para el tiempo de actuación máximo de las protecciones (1000 ms)

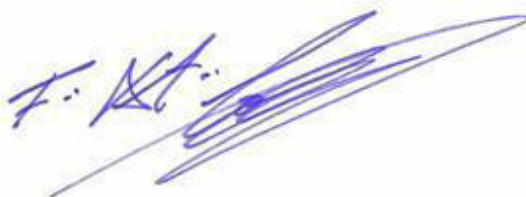
$$U_d = 0,06 \cdot 377,96 = 22,00 \text{ V} \leq 107 \text{ V} \rightarrow \text{CORRECTO}$$

Automáticamente por ser esta $U_d < 1.000 \text{ V}$ se podrán unir la tierra de CT y la del neutro del CT.

Por lo tanto, quedarán todas las tierras unidas: la del neutro de transformación, la de masas del CT y la de Baja Tensión, formando una única tierra.

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial



Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

ANEXO IV.

LÍMITES DE RUIDO CONFORME RD 337/2014

1. DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES ACÚSTICAS

De acuerdo a lo indicado en el punto 3.16 de la ITC-RAT-15, del RD 337/2014 por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, las instalaciones se dimensionaran y diseñaran de forma que los índices de ruido medidos en el exterior se ajusten a los niveles de calidad acústica establecida en el RD 1367/2007.

Con objeto de 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.

Cuando el recinto donde se ubica la instalación de alta tensión se encuentre dentro de edificios de viviendas y no se pueda demostrar el cumplimiento de los límites mediante cálculos, se adoptarán medidas adicionales para cumplir dichos niveles.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá realizar, por control estadístico o a petición de parte interesada, inspecciones con sus propios medios o delegar dichas mediciones en organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas de ruido.

Se comprueba por tanto los requerimientos indicados 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; el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

En la planta solar fotovoltaica Zorreras no se generarán emisiones acústicas a la atmósfera. La generación de energía de la planta fotovoltaica propuesta ahorrará anualmente el consumo de recursos naturales en forma de combustibles fósiles.

El funcionamiento y mantenimiento de la planta incluye como fuentes sonoras únicamente los transformadores incluidos en las Power Stations debidas a tres clases de fuentes: procedentes del núcleo por efecto de la magnetostricción, que es el cambio dimensional de las láminas durante el ciclo de histéresis, por efecto de la corriente que circula por los devanados y por los accesorios como son los ventiladores.

A continuación, se marcan los niveles de emisión acústica de las Power Stations de la planta solar fotovoltaica Zorreras:

- Nivel de emisión acústica ≤ 79 dB (A) a 1m de distancia de la Power Station.

El límite máximo de cada instalación, maquinaria o actividad no podrá superar los 90 dB medidos a 5 metros de distancia, por lo que las Power Stations cumplen con el requerimiento.

Además, establece que ninguna instalación, establecimiento, maquinaria, actividad o comportamiento podrán transmitir al medio ambiente exterior, niveles sonoros superiores a los indicados en la siguiente tabla:

	DIA LAeq 5s	NOCHE LAeq 5s
Area de silencio	45	35
Area levemente ruidosa	55	45
Area tolerablemente ruidosa	65	55
Area ruidosa	70	60

Imagen 2 Valores límite de ruido acústico

Los niveles sonoros deberán ser medidos en conformidad con el artículo 5 de la resolución mencionada.

En el caso específico de la Planta Solar Fotovoltaica Zorreras, todas las Power Stations de la planta fotovoltaica se encuentran a una distancia superior a 100 metros de edificaciones.

Teniendo en cuenta que el sonido se atenúa con la distancia y que el transformador de las Power Stations se encuentra a más de 10 m del límite de la parcela, en aplicación de la siguiente expresión se obtiene que el nivel de emisión a los límites de propiedad será de <50 dB(A).

$$L_p = L_w + 10 \log \Phi / 4\pi^2$$

Siendo :

L_p : Nivel de presión sonora en dB(A)

L_w : Nivel de potencia sonora de la fuente en dB(A)

Φ : Directividad de la fuente sonora (esférica 1, semi esférica 4)

r : Distancia de la fuente en metros

d (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atenuación dB(A)	11	17	20	23	25	26	28	29	30

Imagen 3 Atenuación de la emisión acústica

En consecuencia, al tratarse de una actividad que no es susceptible de causar molestias por ruidos en la zona no se considera necesario incluir en el EsIA de la planta solar un proyecto acústico.

En fase obra, habrá que verificar que los valores de ruido proporcionados por la planta fotovoltaica a las viviendas cercanas no superen los valores establecidos en la tabla anterior.

ANEXO V. CÁLCULO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

1. NORMATIVA VIGENTE

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” (RAT). Este Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de las instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 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 radio eléctricas”, adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas.

En España, los valores máximos de campo de inducción magnética generados a frecuencia industrial (50 Hz en el presente caso) son los que se muestran en la Tabla 1:

Público en general	Exposición ocupacional
100 μ T	500 μ T

Tabla 1. Valores máximos del campo de inducción magnética

Se entiende como público general a todo espacio público donde cualquier persona pueda ingresar sin la necesidad de estar informado sobre las exposiciones a campos magnéticos.

Por el contrario, el resto de los espacios privados donde se ejerzan actividades que generen campos magnéticos podrían clasificarse como exposición ocupacional.

Es importante destacar que los valores de campo magnético, según la normativa vigente, se deben calcular y/o medir a un metro sobre el nivel del suelo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

2.1. SISTEMA DE 20 KV

En la planta fotovoltaica existirán un total de 7 Power Stations, (4 con una potencia de 2935 kVA y 3 con una potencia de 1955 kVA), y su correspondiente línea de evacuación dirigida fuera de la parcela en cuestión. Esto nos da en el caso más desfavorable una intensidad de corriente de:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2935}{\sqrt{3} \cdot 20} = 84,73 \text{ A}$$

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación (vallado perimetral), permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos. Entre ellas se han considerado:

- El transformador de potencia se encuentra separado por una distancia prudencial al cerramiento (siempre a más de 10 metros) a modo de reducir las emisiones al exterior de la planta fotovoltaica.
- Las acometidas de cables AT/MT se encuentran distribuidas en diferentes puntos como medida para limitar el valor máximo de campo magnético.

2.2. MÉTODO DE CÁLCULO

Para calcular el valor eficaz del campo magnético en un punto cuando no existe ningún apantallamiento magnético, se puede emplear la tradicional ley de Biot-Savart. Si se mantiene la misma geometría e intensidad de corriente que en los cálculos, el valor obtenido aplicado de esta ley será idéntica al que se mediría con un gausímetro.

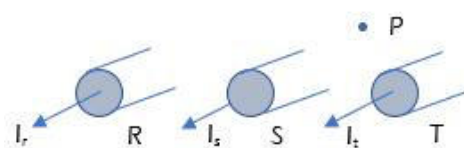
Así, el valor eficaz del campo magnético (B) en un punto P (x,y), creado por la corriente I (valor eficaz de una corriente sinusoidal a la frecuencia de 50 Hz), que circula por un conductor situado a una distancia r del punto P, puede ser determinada mediante la expresión:

$$B = \mu \cdot H = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Siendo:

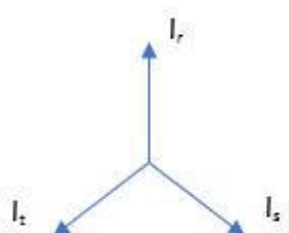
- I: intensidad de corriente por fase
- r: distancia al punto donde se quiere calcular el campo magnético.
- B: valor de campo magnético en Teslas

El campo magnético en el punto P, será el resultado del sumatorio vectorial de los campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:



$$B_P = B_{PR} + B_{PS} + B_{PT}$$

Si tenemos en cuenta un circuito trifásico (desfasado 120° entre fases) equilibrado, aplicaríamos la siguiente transformación:



$$I_s = I_t = -I_r \cdot \sin 30^\circ = -\frac{I_r}{2}$$

Con lo cual, las fórmulas serían las siguientes:

$$B_{PR} = \frac{\mu_0 \cdot I_r}{2\pi r}$$

$$B_{PS} = \frac{\mu_0 \cdot I_s}{2\pi d} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r}$$

$$B_{PT} = \frac{\mu_0 \cdot I_T}{2\pi d} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r}$$

Siendo:

- I_r : intensidad de corriente en la fase R.
- r : distancia al punto donde se quiere calcular el campo magnético.
- B : valor de campo magnético en Teslas.
- μ_0 : Permeabilidad magnética.

2.3. CÁLCULO DE LA POWER STATION TIPO

Para calcular el valor eficaz de campo magnético en el punto de conexión del cableado de MT con el transformador, se empleará la Ley de Biot-Savart:

$$B = \mu \cdot H = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Siendo:

- I : intensidad de corriente por fase
- r : distancia al punto donde se quiere calcular el campo magnético.
- B : valor de campo magnético en Teslas

En el Real Decreto expuesto anteriormente, se establece el límite de campo magnético que se calculará como $5/f$, siendo f la frecuencia en kHz. Así, el límite del campo magnético será de $100 \mu T$.

Conociendo el valor máximo del campo magnético, se procede a calcular la distancia r a la que el campo magnético alcanza los valores adecuados:

$$r = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot B_{max}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 84,73}{2 \cdot \pi \cdot 100 \mu T} = 0,17 \text{ m}$$

Es decir, en nuestro caso, los conductores sin apantallamiento son los bornes de los transformadores, en los que ya de por sí se debe respetar por seguridad una distancia muy superior a los 0,17 m mínimos calculados.

2.4. CÁLCULO DE LA POWER STATION MÁS DESFAVORABLE

A continuación, se muestran los resultados para el caso de estudio de la Power Station más desfavorable. Para ello, se debe identificar cuál es el circuito que transporta mayor potencia y posteriormente, seleccionar la Power Station a la que se conecta.

Para el análisis del campo magnético total, se realiza el estudio del PS04, del cual sale una potencia de hasta 11.735 kVA, según la Tabla 7 "Resumen cálculo secciones circuitos MT (Planta FV)" (Anexo II – Cálculos Eléctricos en Media Tensión).

Circuito que entra al PS-04:

$$B_{PR} = \frac{\mu_0 \cdot I_r}{2\pi r} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 313,70}{2 \cdot \pi \cdot 0,378} = 5,28 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_{PS} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r} = \frac{-4 \cdot 10^{-7} \cdot 313,70}{4 \cdot \pi \cdot 0,423} = -2,36 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_{PT} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r} = \frac{-4 \cdot 10^{-7} \cdot 313,70}{4 \cdot \pi \cdot 0,423} = -2,36 \cdot 10^{-5} T$$

Circuito que sale del PS-04:

$$B_{PR} = \frac{\mu_0 \cdot I_r}{2\pi r} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 376,41}{2 \cdot \pi \cdot 0,378} = 6,34 \cdot 10^{-5} T$$

$$B_{PS} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r} = \frac{-4 \cdot 10^{-7} \cdot 376,41}{4 \cdot \pi \cdot 0,423} = -2,83 \cdot 10^{-5} T$$

$$B_{PT} = \frac{-\mu_0 \cdot I_r}{4\pi r} = \frac{-4 \cdot 10^{-7} \cdot 376,41}{4 \cdot \pi \cdot 0,423} = -2,83 \cdot 10^{-5} T$$

	TERNA	FASE	DISTANCIA (m)	Intensidad (A)	Campo B (T)
PS04	LLEGA	R	0,378	313,69	5,28E-05
		S	0,423	313,69	-2,36E-05
		T	0,423	313,69	-2,36E-05
	SALE	R	0,378	376,40	6,34E-05
		S	0,423	376,40	-2,83E-05
		T	0,423	376,40	-2,83E-05
TOTAL					1,24E-05

Tabla 2. Resultados campos magnéticos PS

Del estudio de la Power Station más desfavorable, se obtiene una generación de campo magnético de valor 0,124 μ T, muy inferior al límite del campo magnético (100 μ T) establecido según el Real Decreto 1066/2001.

Conociendo el valor máximo del campo magnético, se procede a calcular la distancia r a la que el campo magnético alcanza los valores adecuados:

$$r = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot B_{\max}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 376,40}{2 \cdot \pi \cdot 100 \mu T} = 0,753 m$$

Es decir, en nuestro caso, los conductores sin apantallamiento son los bornes de los transformadores, en los que ya de por sí se debe respetar por seguridad una distancia muy superior a 0,753 m mínimo calculado.

3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Los valores máximos de campo de inducción magnética generados a frecuencia industrial son:

- 100 μ T para el público en general.
- 500 μ T para la exposición ocupacional.

Se entiende como público general a todo espacio público donde cualquier persona pueda ingresar sin la necesidad de estar informado sobre las exposiciones a campos magnéticos.

Por el contrario, el resto de los espacios privados donde se ejerzan actividades que generen campos magnéticos podrían clasificarse como exposición ocupacional.

Por lo tanto, dentro de la planta fotovoltaica es posible generar valores de campo de inducción magnética de hasta 500 μ T, mientras que en el perímetro y en las afueras de la misma, este valor no puede superar los 100 μ T.

Tal como se muestra en el apartado anterior, la distancia donde se puede alcanzar el valor máximo de 100 μ T en la Power Station tipo es de 0,753 m, muy inferior a la distancia de 10 m donde se sitúa el cerramiento de la parcela, y por tanto el lugar más cercado donde puede situarse público en general. Por tanto, se puede asegurar que el campo magnético generado en el perímetro de la planta fotovoltaica es bastante menor a los 100 μ T, de valor prácticamente nulo en las distancias a los cerramientos de las parcelas.

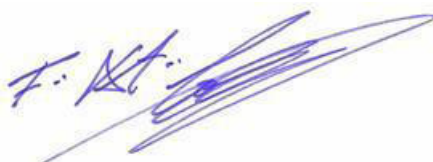
4. CONCLUSIONES

Como conclusión de los cálculos realizados del campo magnético generado por la actividad de la planta fotovoltaica, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima), se obtiene que los valores de radiación emitidos en el perímetro y el interior de la planta fotovoltaica se encuentran por debajo de los valores límites exigidos.

Si durante la fase de construcción se cambiase el diseño, dicha verificación deberá repetirse. En caso de no cumplir esta verificación mediante cálculos o mediante medida en campo (una vez sea construido), se deberán tomar las acciones necesarias para reducir el valor de campo magnético a valores admisibles. Por ejemplo, disponer los equipos de manera diferente o añadir apantallamiento.

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial



Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

ANEXO VI. MOVIMIENTO DE TIERRAS

1. OBJETO

El objetivo de esta sección es presentar el balance de movimiento de tierras, que se obtiene a partir de los volúmenes de excavación y relleno necesarios para la instalación de los seguidores fotovoltaicos, de acuerdo con las limitaciones de instalación del seguidor monofila.

Para el diseño del movimiento de tierras se realiza un análisis de pendientes en base a la topografía del terreno existente y la implantación de estructuras, la cual permite una pendiente de terreno máxima del 15 % para su instalación.

Se realiza un mallado sobre el modelo digital, y se identifican las zonas en las que no se cumple la limitación de pendiente previamente fijada. A partir de este mallado, se genera una topografía modificada que se adapta a los condicionantes descritos. La discretización del mallado se ha realizado utilizando el software PVCase.

2. CRITERIOS DE DISEÑO

Para el presente estudio en primer lugar se han tenido en consideración las limitaciones de instalación definidas por NEXTRACKER:

- Inclinación máxima de plataformas Norte – Sur: 15 %. Una única alineación.

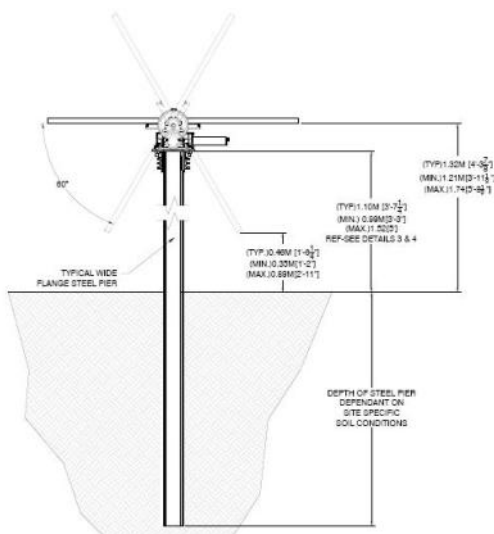


Imagen 1 Cimentación seguidor

En aquellos seguidores donde no se cumpla la limitación de pendiente especificada, se realizará movimiento de tierras para adecuar la plataforma a los criterios de diseño establecidos, donde existan varios seguidores con necesidad de movimiento de tierras se realizará una plataforma única que englobe a todos los afectados.

En algunas zonas concretas (pequeñas vaguadas o montículos) se permiten movimientos de tierras locales para conseguir que toda la longitud de un seguidor esté a la distancia adecuada del terreno resultante. En caso de que haya un solo poste de las estructuras fotovoltaicas que no cumpla con las especificaciones de pendiente se realizará un tratamiento individual. La diferencia de cota entre la cota real y la calculada se multiplicará por un cuadrado de 3x3 metros para estimar el volumen necesario.

3. METODOLOGIA DE CALCULO

En primer lugar, se parte de la implantación de las plantas fotovoltaicas y se han obtenido las coordenadas para cada uno de los postes de los seguidores, para ello se han realizado los siguientes pasos:

- Se realiza un análisis de pendientes con PV Case para identificar las áreas que requieren movimiento de tierras debido a la limitación de pendiente máxima. Se utilizará Civil 3D para confirmar que las áreas identificadas en el mallado generado en PV Case han sido correctamente representadas.
- Se colocan los postes en coordenadas para así verificar si están dentro de los límites previamente indicados e identificar aquellos que requieran algún movimiento de tierras para su implantación.
- Se diseñan las plataformas dependiendo de los casos particulares a considerar, es decir, si son plataformas individuales para un único poste o plataformas que engloben varios postes.
- Se genera la superficie modificada la cual será comparada con la superficie existente para obtener el volumen de movimiento de tierras necesario.

En total se han evaluado 927 seguidores.

Además, se considera para el cálculo:

- Plataformas de tamaño variable en función de la topografía
- Postes aislados tratados individualmente para ajuste del seguidor
- Los taludes de desmonte y terraplén tienen una inclinación 3H-2V.

4. RESULTADOS

Tras el proceso de análisis descrito en apartados anteriores se estima que sería necesario realizar los siguientes movimientos de tierras.

	TERRAPLÉN	DESMONTE	NETO
VOLUMEN (m3)	4.305,992	4.569,234	263,242
VOLUMEN (%)	48,52	51,48	2,97

Tabla 1. Resultados movimientos de tierras

En la imagen adjunta se muestran las zonas dónde ha sido necesario realizar movimiento de tierras, desmonte en color rojo y terraplén en las zonas marcadas en verde.



Imagen 2 Plano de Movimiento de tierras

Como se puede observar en la tabla superior, el objetivo ha sido transformar o acondicionar el terreno de tal forma que, cumpliendo los requisitos marcados, se compense la cantidad de m^3 de terraplén y desmonte, obteniendo un resultado final lo más próximo a 0,00 m^3 . En este caso, la diferencia de volúmenes entre desmonte y terraplén representa un 2,97 % del volumen de movimiento de tierras total.

Una vez se disponga de la ingeniería de detalle de los seguidores y la topografía catastral de la parcela se deberá volver a realizar el estudio de movimiento de tierras en detalle.

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial



Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

ANEXO VII. CÁLCULOS ENERGÉTICOS

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Zorreras Esc_2_Sombras_con aeros_v0

Variante: Nueva variante de simulación

Sistema de rastreo, con retroceso

Potencia del sistema: 19.36 MWp

Zahara de los Atunes - España



Proyecto: Zorreras Esc_2_Sombras_con aeros_v0

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:

18/03/25 12:54

con v7.3.1

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Zahara de los Atunes

España

Situación

Latitud 36.14 °N

Longitud -5.83 °W

Altitud 12 m

Zona horaria UTC+1

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Zahara de los Atunes

Meteonorm 8.0 (1996-2015), Sat=100% - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación

Plano de rastreo, eje inclinado

Inclin.media del eje 1.4 °

Azimet del eje medio 0 °

Sistema de rastreo, con retroceso

Algoritmo de rastreo

Cálculo astronómico

Retroceso activado

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Información del sistema

Generador FV

Núm. de módulos

26883 unidades

Pnom total

19.36 MWp

Inversores

Núm. de unidades

7 unidades

Pnom total

17.61 MWca

Proporción Pnom

1.099

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Resumen de resultados

Energía producida 42364 MWh/año Producción específica 2189 kWh/kWp/año Proporción rend. PR 90.87 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del horizonte	5
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	6
Resultados principales	7
Diagrama de pérdida	8
Gráficos predefinidos	9
Diagrama unifilar	10



PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:
18/03/25 12:54
con v7.3.1

Parámetros generales

Sistema conectado a la red

Orientación campo FV

Orientación

Plano de rastreo, eje inclinado
Inclin.media del eje 1.4 °
Azimut del eje medio 0 °

Sistema de rastreo, con retroceso

Algoritmo de rastreo

Cálculo astronómico
Retroceso activado

Conjunto de retroceso

Núm. de rastreadores 927 unidades

Tamaños

Espaciado de rastreador 6.00 m
Ancho de colector 2.38 m
Proporc. cob. suelo (GCR) 39.7 %
Phi mín/máx. -/+ 55.0 °

Estrategia de retroceso

Límites de phi para BT -/+ 79.9 °
Paso de retroceso 6.00 m
Ancho de retroceso 2.38 m

Modelos usados

Transposición Perez
Difuso Perez, Meteonorm
Circunsolar separado

Horizonte

Altura promedio 4.8 °

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Necesidades del usuario

Carga ilimitada (red)

Sistema bifacial

Modelo Cálculo 2D
rastreadores ilimitados

Geometría del modelo bifacial

Espaciado de rastreador 6.00 m
Ancho de rastreador 2.38 m
GCR 39.7 %
Altura del eje sobre el suelo 2.10 m

Definiciones del modelo bifacial

Albedo de tierra 0.30
Factor de bifacialidad 80 %
Fact. sombreado trasero 5.0 %
Fact. desajuste trasero 10.0 %
Fracción transparente de cobertizo 0.0 %

Características del generador FV

Conjunto #1 - Conjunto FV 2935

Módulo FV

Fabricante Tongwei Co., Ltd.
Modelo TWMNF-66HD720
(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 720 Wp
Número de módulos FV 17574 unidades
Nominal (STC) 12.65 MWp
Módulos 606 Cadenas x 29 En series

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 11.77 MWp
U mpp 1098 V
I mpp 10717 A

Inversor

Fabricante Power Electronics
Modelo FS2935K_615V_20210528_Preliminary
(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 2935 kWca
Número de inversores 4 unidades
Potencia total 11740 kWca
Voltaje de funcionamiento 870-1500 V
Proporción Pnom (CC:CA) 1.08



PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:
18/03/25 12:54
con v7.3.1

Características del generador FV

Conjunto #2 - Conjunto FV 1955

Módulo FV

Fabricante Tongwei Co., Ltd.
Modelo TWMNF-66HD720

(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 720 Wp
Número de módulos FV 9309 unidades
Nominal (STC) 6702 kWp
Módulos 321 Cadenas x 29 En series

En cond. de funcionam. (50°C)

Pmpp 6232 kWp
U mpp 1098 V
I mpp 5677 A

Potencia FV total

Nominal (STC) 19356 kWp
Total 26883 módulos
Área del módulo 83508 m²

Inversor

Fabricante Power Electronics
Modelo FS1955K_615V_20210625_Preliminary

(Definición de parámetros personalizados)

Unidad Nom. Potencia 1955 kWca
Número de inversores 3 unidades
Potencia total 5865 kWca
Voltaje de funcionamiento 870-1500 V
Proporción Pnom (CC:CA) 1.14

Potencia total del inversor

Potencia total 17605 kWca
Número de inversores 7 unidades
Proporción Pnom 1.10

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida 1.5 %

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia
Uc (const) 29.0 W/m²K
Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida 1.5 %

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida -0.2 %

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida 1.0 % en MPP

Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida 0.1 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Pérdidas de cableado CC

Res. de cableado global 1.1 mΩ
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

Conjunto #1 - Conjunto FV 2935

Res. conjunto global 1.7 mΩ
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

Conjunto #2 - Conjunto FV 1955

Res. conjunto global 3.1 mΩ
Frac. de pérdida 1.5 % en STC

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del inv. hasta el punto de inyección

Voltaje inversor 615 Vca tri
Frac. de pérdida 0.50 % en STC

Inversores: FS2935K_615V_20210528_Preliminary, FS1955K_615V_20210625_Preliminary

Sección cables (7 Inv.) Cobre 7 x 3 x 2000 mm²
Longitud media de los cables 76 m



PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:

18/03/25 12:54

con v7.3.1

Definición del horizonte

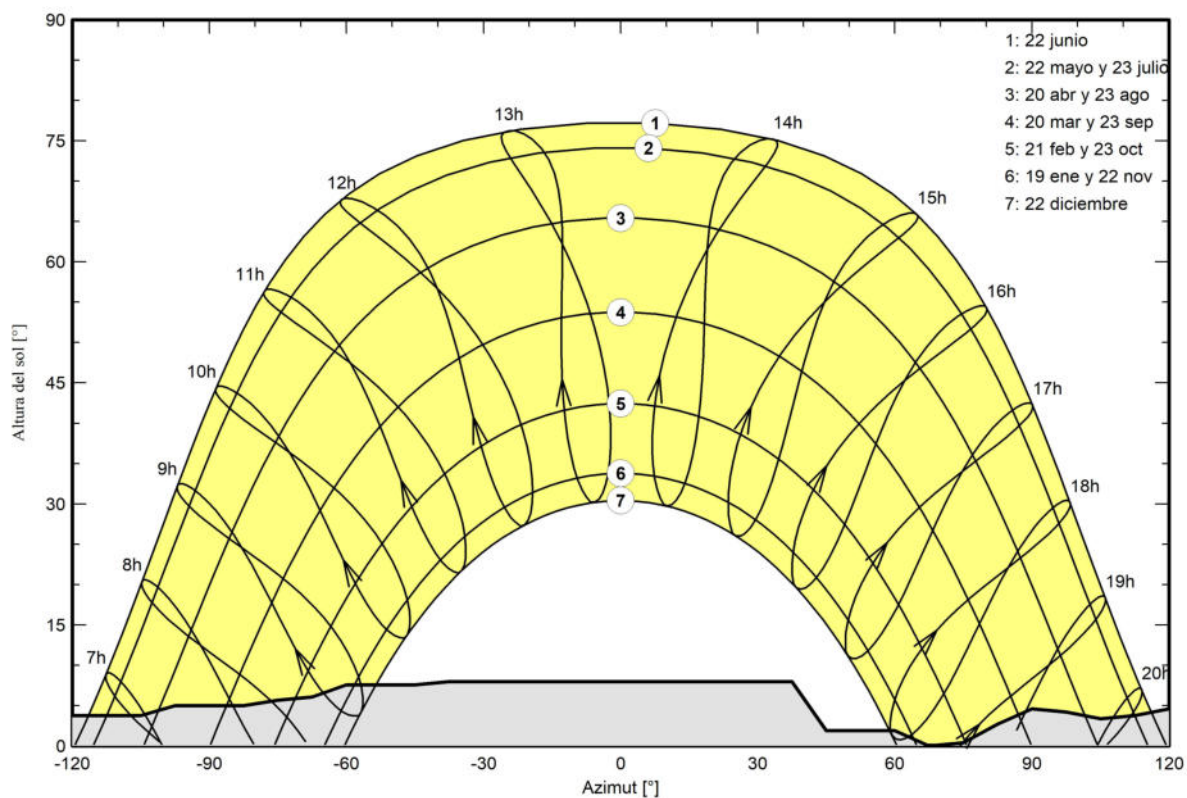
Horizon from PVGIS website API, Lat=36°8'39', Long=-5°49'38', Alt=12m

Altura promedio	4.8 °	Factor Albedo	0.82
Factor difuso	0.95	Fracción de albedo	100 %

Perfil del horizonte

Azimut [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-105	-98	-83
Altura [°]	2.7	2.3	1.9	0.8	1.5	1.5	3.1	3.4	3.8	3.8	5.0	5.0
Azimut [°]	-75	-68	-60	-45	-38	38	45	60	68	75	83	90
Altura [°]	5.7	6.1	7.6	7.6	8.0	8.0	1.9	1.9	0.0	0.4	2.7	4.6
Azimut [°]	98	105	113	120	128	135	143	150	158	165	173	180
Altura [°]	4.2	3.4	3.8	4.6	4.2	5.0	5.3	5.3	5.0	4.2	3.8	2.7

Recorridos solares (diagrama de altura / azimut)





PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:

18/03/25 12:54

con v7.3.1

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

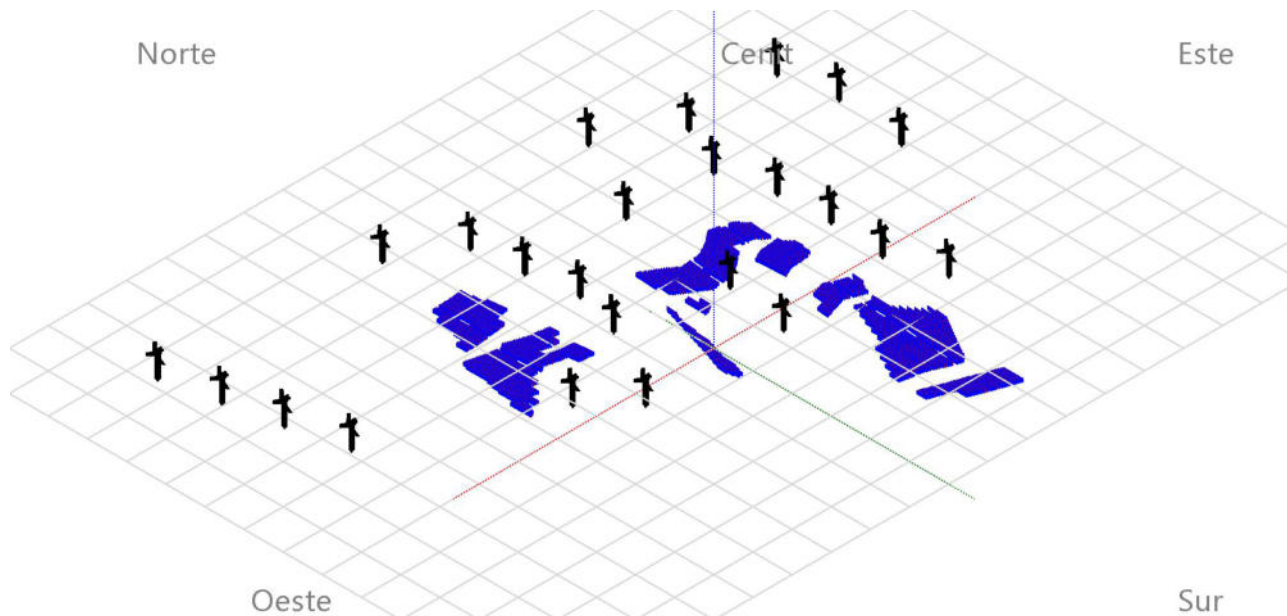
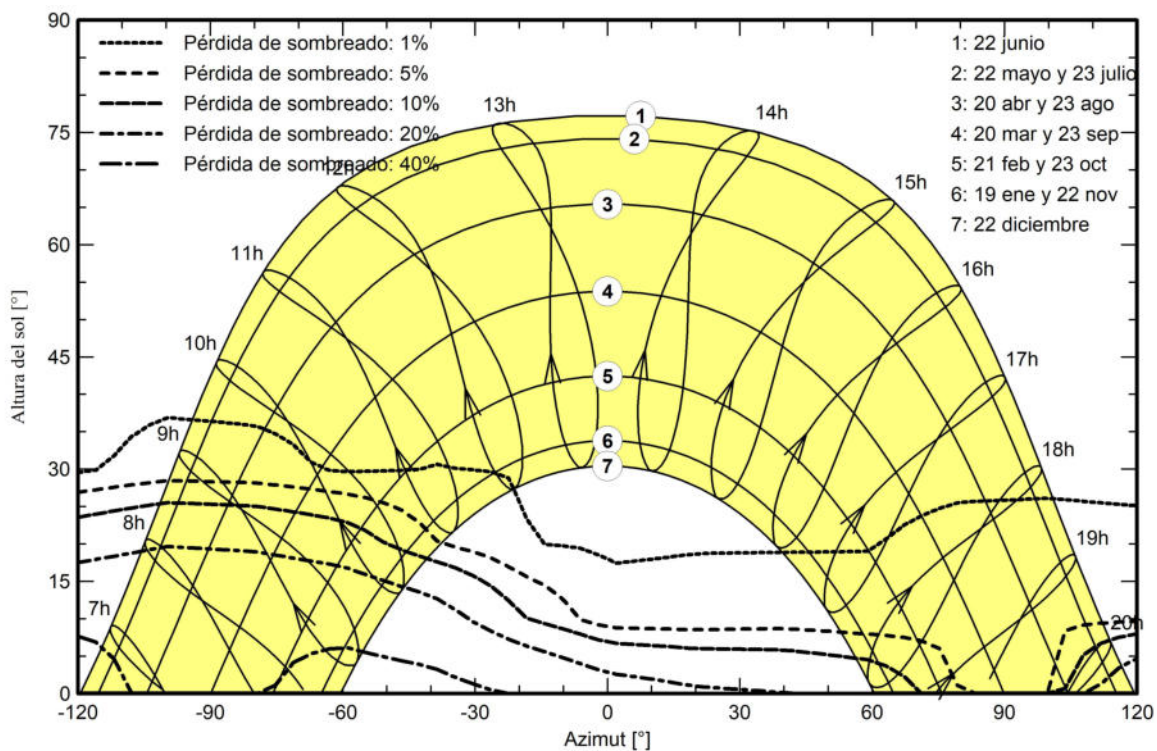


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1





Proyecto: Zorreras Esc_2_Sombras_con aeros_v0

Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:

18/03/25 12:54

con v7.3.1

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida

42364 MWh/año

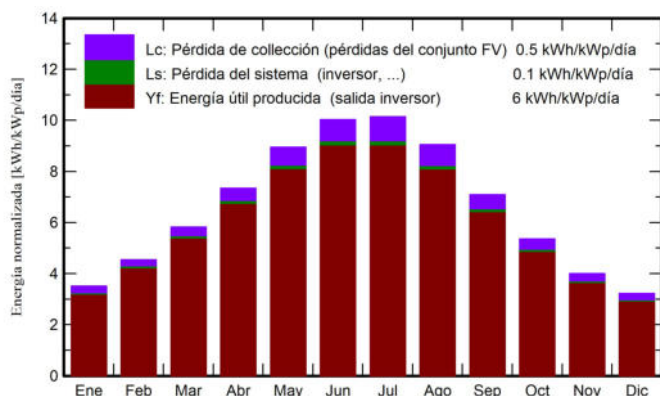
Producción específica

2189 kWh/kWp/año

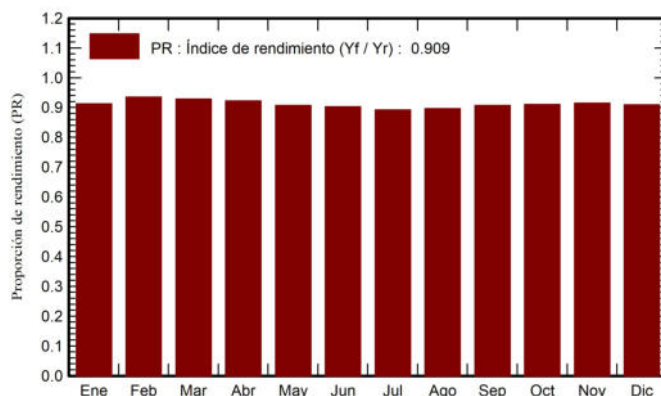
Proporción de rendimiento (PR)

90.87 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	78.8	29.97	12.00	108.8	98.5	1953	1922	0.913
Febrero	96.0	40.14	12.65	127.1	118.1	2338	2299	0.935
Marzo	138.4	60.79	14.74	180.6	168.6	3299	3246	0.928
Abril	171.0	69.92	16.46	220.1	207.7	3996	3927	0.922
Mayo	211.9	76.03	19.46	277.2	262.5	4954	4869	0.907
Junio	230.7	73.75	22.33	300.8	286.6	5350	5256	0.903
Julio	237.7	68.91	24.68	314.4	299.1	5525	5430	0.892
Agosto	211.7	68.39	25.01	280.4	265.8	4948	4865	0.896
Septiembre	160.0	56.34	22.34	212.8	201.0	3801	3735	0.907
Octubre	124.0	47.46	19.73	166.2	154.6	2978	2930	0.911
Noviembre	87.0	33.29	15.30	120.1	110.2	2161	2126	0.915
Diciembre	72.1	28.69	13.14	100.0	90.2	1786	1759	0.909
Año	1819.3	653.67	18.19	2408.6	2263.0	43089	42364	0.909

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

DiffHor Irradiación difusa horizontal

T_Amb Temperatura ambiente

GlobInc Global incidente plano receptor

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

EArray Energía efectiva a la salida del conjunto

E_Grid Energía inyectada en la red

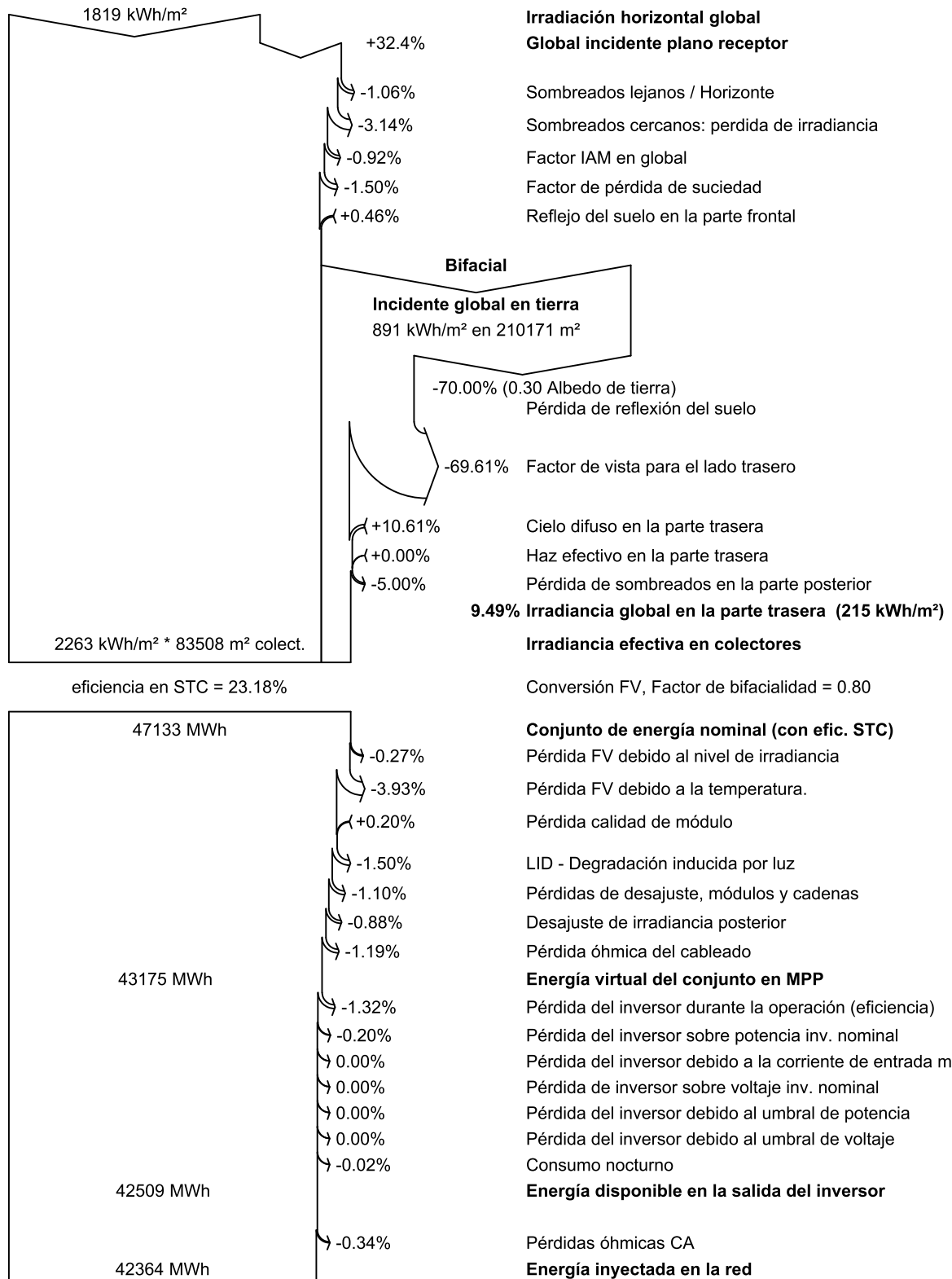
PR Proporción de rendimiento



PVsyst V7.3.1

VC0, Fecha de simulación:
18/03/25 12:54
con v7.3.1

Diagrama de pérdida





PVsyst V7.3.1

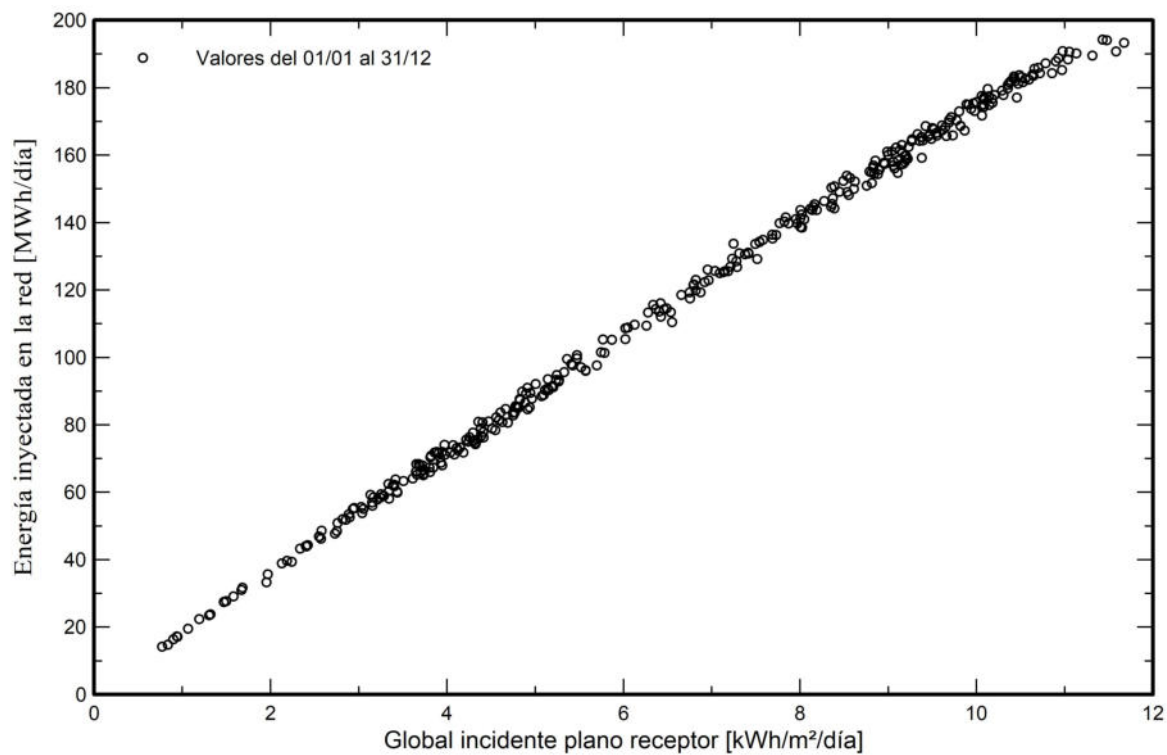
VC0, Fecha de simulación:

18/03/25 12:54

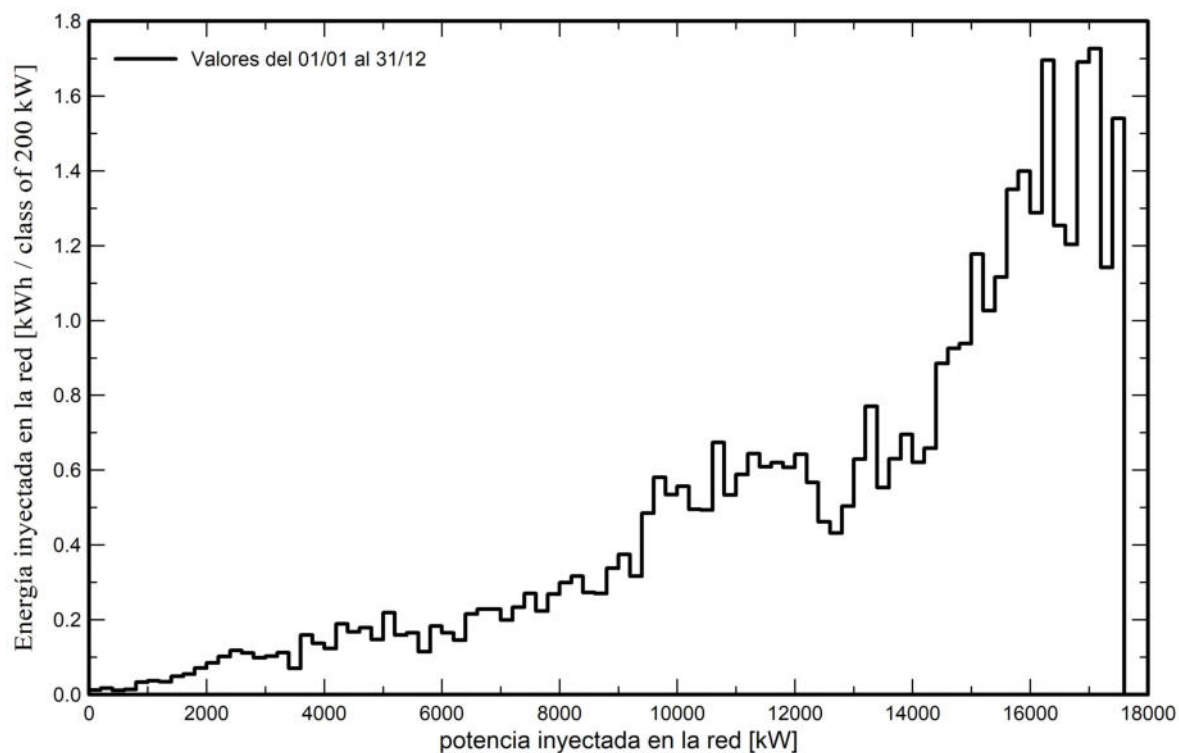
con v7.3.1

Gráficos predefinidos

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



DOCUMENTO Nº 3. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente documento es desarrollar el Estudio de Gestión de Residuos (en adelante EGR) del proyecto Instalación fotovoltaica “Zorreras”, que concreta las actuaciones a llevar a cabo respecto a la manipulación, almacenamiento, recogida y tratamiento de los residuos.

Este documento se redacta con el fin de colaborar en la reducción del volumen de residuos que se generarán durante la ejecución de las obras, así como para asegurar la correcta separación y tratamiento de los residuos generados, contribuyendo así a frenar el impacto ambiental que estos residuos ocasionan y reduciendo la contaminación de aguas y suelos y el deterioro paisajístico.

El presente Estudio de Gestión de Residuos se redacta conforme a lo dispuesto en la 7/2022, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (en adelante RCD).

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

El presente EGR del proyecto servirá de base para que posteriormente el Contratista de la obra (poseedor de los residuos) elabore su Plan de Gestión de Residuos (PGR).

2. CONTENIDO

Este EGR incluye la normativa aplicable en materia de gestión de residuos y los datos básicos del proyecto, así como los contenidos siguientes que se exigen en la Ley 7/2022, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición:

- Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos.
- Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la Dirección facultativa de la obra.
- Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra
- Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

3. ABREVIATURAS

- EGR: Estudio de Gestión de Residuos
- FV: Planta fotovoltaica
- LER: Lista Europea de Residuos
- RCD: Residuo de Construcción y Demolición
- RP: Residuo Peligroso
- RNP: Residuo No Peligroso
- t: Peso de los residuos expresado en toneladas
- m³: Volumen de los residuos expresados en metros cúbicos
- DIA: Declaración de Impacto Ambiental
- IIA: Informe de Impacto Ambiental
- EIA: Estudio de Impacto Ambiental
- PEM: Presupuesto de Ejecución Material
- SAO: Supervisor Ambiental de Obra
- PPTP: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

4. NORMATIVA APLICABLE

Se indica a continuación la legislación vigente de ámbito comunitario, estatal, autonómico y local que es de aplicación para la gestión de residuos durante la ejecución de las obras.

5. NORMATIVA DE LA UNIÓN EUROPEA

- Directiva 851/2018, de 30/05/2018, se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. (DOCE nº L 150, de 14/06/2018)
- Directiva 850/2018, de 30/05/2018, se modifica la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos. (DOCE nº L 150, de 14/06/2018)
- Directiva 1127/2015, de 10/07/2015, se modifica el anexo II de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DOCE nº L 184, de 11/07/2015)
- Decisión 955/2014, de 18/12/2014, se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. (DOCE nº L 370, de 30/12/2014)
- Reglamento 1357/2014, de 18/12/2014, se sustituye el anexo III de la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DOCE nº L 365, de 19/12/2014)
- Directiva 98/2008, de 19/11/2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. (DOCE nº L 312, de 22/11/2008)

- Decisión 33/2003, de 19/12/2002, se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al Artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE. (DOCE n.º L 11, de 16/01/2003)
- Directiva 31/1999, de 26/04/1999, relativa al vertido de residuos. (DOCE n.º L 182, de 16/07/1999)
- Resolución /1997, de 24/02/1997, sobre una estrategia comunitaria de gestión de residuos. (DOCE n.º C 76, de 11/03/1997)

6. NORMATIVA ESTATAL

- Real Decreto 646/2020, de 07/07/2020, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. (BOE n.º 187, de 08/07/2020)
- Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.
- Orden 1080/2017, de 02/11/2017, se modifica el anexo I del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y Estándares para la declaración de suelos contaminados. (BOE n.º 272, de 09/11/2017).
- Orden 1007/2017, de 10/10/2017, sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquéllas en las que se generaron. (BOE n.º 254, de 21/10/2017).
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE n.º 140, de 12 de junio de 2013).
- Ley 11/2012, de 19/12/2012, Artículo tercero de la Ley 11/2012, de medidas urgentes en materia de medio ambiente, por el que se modifica la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (BOE n.º 305, de 20/12/2012).
- Real Decreto-Ley 17/2012, de 04/05/2012, Artículo tercero del Real Decreto-Ley 17/2012 por la que se modifica la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (BOE n.º 108, de 5/05/2012).
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE n.º 181, de 29 de julio de 2011).
- Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos (BOE n.º 139, de 8 de junio de 2010).
- Real Decreto 105/2008, de 01/02/2008, se regula la producción y gestión de los Residuos de construcción y demolición. (BOE n.º 38, de 13/02/2008).
- Real Decreto 9/2005, de 14/01/2005, se establece la relación de Actividades Potencialmente Contaminantes del Suelo y los Criterios y Estándares para la declaración de suelos contaminados. (BOE n.º 15, de 18/01/2005).

- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (BOE nº 43, de 19 de febrero de 2002. Corrección de errores: BOE nº 61, de 12 de marzo de 2002).
- Real Decreto 1.481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (BOE nº 25, de 29 de enero de 2002).
- Real decreto 782/1998, de 30/04/1998, se aprueba el reglamento para el desarrollo y ejecución de la ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases. (BOE nº 104, de 01/05/1998).
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio (BOE nº 160, de 5 de julio de 1997).
- Ley 11/1997, de 24/04/1997, de envases y residuos de envases. (BOE nº 99, de 25/04/1997).
- Real Decreto 833/1988 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos (BOE nº 182, de 30 de julio de 1988).
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, IPPC y la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 11/2012, de 19 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Orden AAA/699/2016, de 9 de mayo, por la que se modifica la operación R1 del anexo II de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

7. NORMATIVA AUTONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE ANDALUCÍA

- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, que fija como prioridad la minimización de la producción en origen y el fomento de la reutilización y el reciclado, frente a la eliminación en vertedero.
- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía. (BOJA nº 81, de 26/04/2012)
- Decreto 18/2015, de 27 de enero, por el que se aprueba el reglamento que regula el régimen aplicable a los suelos contaminados. (BOJA nº 38, de 25/02/2015)
- Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario.
- Orden de 30 de julio de 2012, por la que se establecen y desarrollan las normas para el proceso de retirada de cadáveres de animales de las explotaciones ganaderas y la autorización y Registro de los Establecimientos que operen con subproductos animales no destinados al consumo humano en Andalucía.
- Orden /2002, de 12/07/2002, se regulan los documentos de control y seguimiento a emplear en la recogida de Residuos peligrosos en pequeñas cantidades. (BOJA nº 97, de 20/08/2002).

- Decreto 68/2009, de 24 de marzo, por el que se regulan las disposiciones específicas para la aplicación de la normativa comunitaria y estatal en materia de subproductos de origen animal no destinados a consumo humano en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Decreto 503/2004, de 13 de octubre, por el que se regulan determinados aspectos para la aplicación de los Impuestos sobre emisión de gases a la atmósfera y sobre vertidos a las aguas litorales.
- Orden de 20 de julio de 2007, por la que se regula la Acreditación Ambiental de Calidad del Compost.

8. ORDENANZAS MUNICIPALES

- Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente de Tarifa.

9. DATOS BÁSICOS DEL PROYECTO

El titular de la instalación objeto de este Proyecto es Parque Eólico Zorreras, S.L., con C.I.F. B-11538055 y domicilio en Calle Ribera Del Loira, 28, 28042, Madrid.

La redacción del Proyecto y del Estudio de Gestión de Residuos corresponde a Itecla Ingeniería, S.L. y como representación de ella, recae sobre Francisco Antonio Lara Ortega, Ingeniero Técnico Industrial. Colegiado Nº 1935 del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Córdoba.

La instalación fotovoltaica de 19,36 MWp, está integrada por los siguientes elementos:

- Módulos fotovoltaicos de 720 Wp. Estos módulos se agruparán en 927 strings (29 módulos en serie), colocados sobre seguidores solares a un eje.
- 4 inversores de 2935 kVA y 3 inversores de 1955 kVA con salida 615 V AC.
- 7 Power Stations con un transformador 0,615/20 kV.
- 1 centro de seccionamiento 'Zorreras'.
- Red de media y baja tensión (subterráneas).
- Red de viales internos.

La instalación fotovoltaica Zorreras se sitúa en la provincia de Cádiz , en la Comunidad autónoma de Andalucía.

A continuación, se incluye mapa de localización de la instalación:

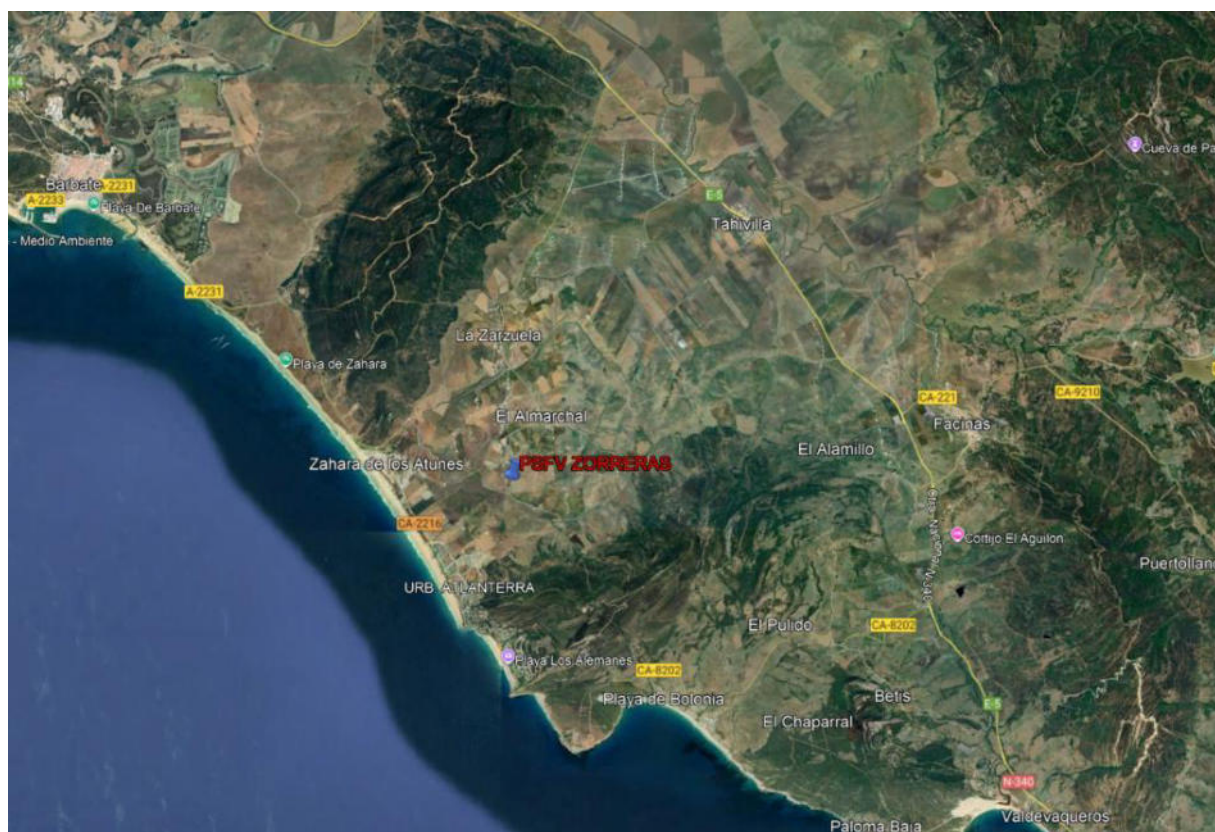


Imagen 3 Plano de situación

Las provincias y términos municipales afectados por la instalación fotovoltaica Zorreras son los siguientes:

TÉRMINO MUNICIPAL	PROVINCIA	ÁREA AFECTADA (ha)
Término municipal de Tarifa	Cádiz	35,11

Tabla 2. Términos municipales afectados por la instalación fotovoltaica

Se va a acometer la construcción de una planta fotovoltaica, según el presente proyecto.

Este tipo de planta no es equiparable a otro tipo de industrias en cuanto a generación de residuos. Se va a analizar la gestión de residuos en las distintas fases del ciclo de vida de la planta fotovoltaica, que son la fase de construcción, la fase de operación o funcionamiento y la fase de abandono o fin del ciclo de vida de la planta.

10. FASE DE CONSTRUCCIÓN

Se instalará un Punto Limpio en la Fase de Construcción; este Punto Limpio seguirá en funcionamiento durante la Fase de Funcionamiento de la Planta Fotovoltaica.

Durante la fase de construcción de la planta fotovoltaica se van a generar en mayor medida residuos no peligrosos, pero también puede haber una pequeña parte de residuos peligrosos. La definición de estos dos tipos de residuos viene en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

En la etapa de construcción, acondicionamiento de terrenos, colocación de estructuras y de cableado, se va a generar una pequeña cantidad de residuos propios de esta fase. Estos residuos se almacenarán correctamente, evitando la mezcla de residuos de distinto tipo, y serán retirados por gestor autorizado, asegurando la correcta reutilización o eliminación controlada.

Una vez termine la obra, se procederá a la limpieza general de las áreas, retirando las instalaciones temporales, restos de máquinas y escombros, transportándolos a vertederos controlados e instalaciones adecuadas para su tratamiento (gestores autorizados) para asegurar la correcta reutilización.

Las actividades que durante la construcción van a generar residuos son las que se señalan a continuación:

- Instalación de módulos fotovoltaicos (Residuos de embalajes: plástico, cartón, madera).
- Apertura o acondicionamiento de accesos y zonas de trabajo, desbroces y talas, movimiento de tierras.
- Obra civil: excavación y hormigonado de cimentaciones.
- Acumulación de material.
- Apertura de la zanja de tendido.
- Tendido de cables eléctricos y cables de tierra.
- Limpieza y restauración de las zonas de obra.

Los residuos peligrosos que se generan en la fase de construcción son los derivados del mantenimiento de la maquinaria que se vaya a utilizar en la obra, envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas, absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas, gases en recipientes a presión y aerosoles (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas, tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas,

aceites minerales no clorados de motor, transmisión mecánica y lubricantes, envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas, absorbentes, materiales de filtración, etc...y otros que se contemplan en las tablas de residuos que se incluyen en los siguientes puntos.

La gestión de estos residuos será realizada por Gestor Autorizado de Residuos Peligrosos, que se encargará de proveer los contenedores necesarios en función de los residuos a almacenar, así como de la recogida y gestión de los mismos.

En la fase de construcción, los residuos no peligrosos que se generarán serán del tipo metales, plásticos, restos de cables, restos de hormigón y restos orgánicos, etc... y otros que se contemplan en las tablas de residuos que se incluyen en los siguientes puntos.

Los excedentes de excavación generados debido a la realización de las zanjas se han tenido en cuenta en el presupuesto de Obra Civil.

En cuanto a las operaciones de movimiento de tierras se retirará en primer lugar la capa superficial, constituida por tierra vegetal que podrá ser reutilizada para las labores de recuperación de la zona. Las tierras sobrantes generadas debidas a las excavaciones serán reutilizadas preferentemente en las labores de relleno, siempre que sea posible, tratando de minimizar por tanto las tierras sobrantes que deban ser retiradas.

Como consecuencia del personal laboral de obra se generarán una serie de residuos asimilables a urbanos, como restos de comidas, envoltorios, latas, etc.

11. FASE DE FUNCIONAMIENTO

La Planta Fotovoltaica precisa, durante la Fase de Funcionamiento, una serie de labores de mantenimiento, divididas en:

- Mantenimiento preventivo: Consiste en el ajuste de pernos, tornillos, mantenimiento de la corona de orientación con motor de cada seguidor, mantenimiento de inversores y del alumbrado.
- Mantenimiento continuo de paneles fotovoltaicos. Consiste en una limpieza en seco de dichos paneles.

Dentro de estas labores de mantenimiento, se incluye la gestión de los residuos generados. Podemos destacar los siguientes tipos de residuos, incluyendo los generados en la planta fotovoltaica:

- Residuos de embalajes: plástico, cartón, madera.
- Residuos eléctricos: fusibles, cables, módulos, iluminación led.
- Absorbentes contaminados: principalmente serán trapos de limpieza contaminados con pintura, aceites, grasas o lubricantes.
- Hierro y acero: incluye las armaduras de acero o restos de estructuras metálicas, vallado, etc.
- Aceites usados de los transformadores.

La gestión de estos residuos será realizada por Gestor Autorizado de Residuos No Peligrosos y Peligrosos, que se encargará de proveer los contenedores necesarios en función de los residuos a almacenar, así como de la recogida y gestión de los mismos. Esta recogida se llevará a cabo, como mínimo, en un período que en ningún caso superará los 6 meses.

El residuo que de forma más probable se puede generar en el funcionamiento de la planta fotovoltaica, es aceite, empleado en los transformadores por sus características dieléctricas y refrigerantes.

Las Power Stations contienen una gran cantidad de aceite vegetal biodegradable, para realizar cambios de aceite a los transformadores. De todas formas, estos cambios no se realizan con gran frecuencia, ya que el mantenimiento consiste en la realización de pruebas periódicas mediante kits, que proporcionan una idea del estado del aceite, y solo en caso de que su estado no sea bueno se realiza un análisis en laboratorio. En la mayoría de los casos, basta con purificar el aceite del transformador y no hace falta la sustitución completa del volumen comprendido dentro del transformador. Es por esto que su vida útil es similar a la de la planta fotovoltaica. Se instalarán depósitos de retención en las Power Stations, sobre losas de hormigón, que llevarán incorporados un cartucho especialmente diseñado para encajar en los cubetos. Permitiendo la filtración de agua de drenaje y evita la contaminación del suelo.

Las operaciones de mantenimiento de maquinaria se realizarán preferentemente en talleres externos, aunque en ocasiones, debido al elevado peso de la maquinaria haya que realizar el mantenimiento en la propia obra. Debido a situaciones accidentales durante el mantenimiento de la maquinaria o la manipulación de sustancias peligrosas, puede darse el caso de pequeños vertidos, tanto de aceites como de combustibles, que contaminen la tierra con sustancias peligrosas.

La empresa de mantenimiento de los transformadores es extrínseca a la Planta Solar Fotovoltaica. En caso de generarse dicho residuo, el personal técnico externo de la misma se encargará de su recogida y retirada para ser almacenado en sus propias instalaciones, previo a su retirada por gestor autorizado.

En la relación contractual que se establezca entre la gerencia de la planta solar y la empresa instaladora se exigirá el cumplimiento legal en el ámbito de residuos (productor o pequeño productor de residuos, etiquetado, retirada por gestor, etc.) y la obligación de retirar el aceite dieléctrico en caso de que se genere el mismo o haya simplemente que cambiarlo o reponerlo.

Las características del aceite dieléctrico, según descripción, identificación y calificación son:

Tipo de residuo	Peligroso	Tipo de almacenamiento y capacidad
Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y transmisión de calor	Sí	Cubeto de recogida de aceite, estanco, sobre losa de hormigón. El Cubeto incorpora un cartucho de filtración de aguas de drenaje

Tabla 3. Características aceite dieléctrico

12. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA

A continuación se incluye una estimación de la cantidad de los residuos de construcción y demolición previstos durante la ejecución de la obra, codificados de acuerdo con lo señalado en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, y a partir de la Decisión (2014/955/UE) de la Comisión de 3 de mayo de 2000 y la Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

La estimación de cantidades incluidas en la siguiente tabla se ha realizado en base a ciertos porcentajes y valores respecto a la cantidad de equipos, cableado, materiales de construcción, etc según la implantación y su diseño.

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)
RESIDUOS NO PELIGROSOS			
Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11.	Restos de pintura o barniz	22,205	0,000
Pinturas. Residuos no especificados en otra categoría.	Pinturas o similares no especificados anteriormente	16,552	0,000
Ácidos o álcalis. Residuos no especificados en otra categoría.	Ácidos o similares no especificados anteriormente	2,422	0,000
Envases de papel y cartón	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	2,422
Envases de plástico	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como inversores, otros equipos y materiales	0,000	1,493

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)
Envases de madera	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	26,162
Envases metálicos	Recipientes o barriles de materiales	0,000	0,234
Envases compuestos	Envases o embalajes compuestos	0,000	0,234
Envases mezclados	Mezcla de envases para materiales	0,000	0,234
Envases de vidrio	Recipientes con líquidos	0,000	0,123
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02	Materiales de limpieza o ropas protectoras	0,000	0,088
Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13	Paneles fotovoltaicos de silicio rotos durante su manipulación o instalación	0,000	11,145
Componentes retirados de equipos desechados, distintos de los especificados en el código 16 02 15	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	0,000	0,046
Hormigón	Restos de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	17,603
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06	Restos mezclados de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	645,91
Plástico	Restos de tubo corrugado canalización eléctrica, línea subterránea , peladura de conductor String, BT y	0,000	0,484
Cobre, bronce, latón	Restos conductores de cobre	0,000	0,242
Aluminio	Restos conductores de aluminio	0,000	7,468
Hierro y acero	Restos estructura de módulos	0,000	5,572
Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35	Otros equipos eléctricos o electrónicos desechados	0,000	0,161
Residuos biodegradables	Restos de desbroce y poda de vegetación	0,000	0,000
Mezclas de residuos municipales	Restos de comida del personal en obra. Residuos de oficina de obra.	0,000	5,895
Lodos de fosas sépticas	Recogida de efluentes de baños, vestuarios e instalaciones auxiliares	0,000	0,484
RESIDUOS PELIGROSOS			
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	4,440	0,000

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)
Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.		4,440	0,000
Residuos de desengrasado que contienen sustancias peligrosas	Restos de desengrasante de equipos	3,231	0,000
Aceites minerales no clorados de motor, transmisión mecánica y lubricantes	Aceites para equipos mecánicos	0,000	0,203
Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y transmisión de calor	Aceites de transformadores	0,000	0,111
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,161
Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas	Limpieza y retirada de vertidos accidentales.	0,000	0,165
	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,000
		0,000	0,000
Componentes peligrosos retirados de equipos desechados.	Componentes peligrosos de equipos electrónicos y demás equipos	0,000	0,031
Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas	Aplicación de productos químicos y pinturas en elementos de la instalación (aerosoles).	0,000	0,161
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	Vertidos accidentales de sustancias químicas en el terreno	0,000	0,322

Tabla 4. Estimación de cantidades de residuos de construcción y demolición que se generarán en obra

13. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS EN FASE DE FUNCIONAMIENTO QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA

La generación de residuos durante la Fase de Funcionamiento de la Planta Fotovoltaica no superará las 10 toneladas anuales. En base a la legislación estatal y autonómica en vigor, el promotor deberá presentar, ante el organismo competente, una comunicación previa al inicio de las actividades que generen residuos peligrosos, así como gestionar la totalidad de residuos generados a través de empresas gestoras autorizadas.

Los valores en referencia a los residuos generados son estimativos y será en la Fase de Funcionamiento del primer año cuando se conozcan los datos precisos de residuos producidos, entregándose antes del 1 de marzo del año siguiente la declaración correspondiente, y pudiendo así cuantificarse de forma más certera la generación de residuos en el resto de años de operación de la Planta Fotovoltaica. La gestión de estos residuos deberá realizarla un gestor autorizado para ello.

La estimación de cantidades incluidas en la siguiente tabla se ha realizado en base a ciertos porcentajes y valores respecto a la cantidad de equipos, cableado, materiales de construcción, etc; según la implantación y su diseño y que serán utilizados durante la fase de funcionamiento para mantenimiento.

Residuo	Actividad origen	Volumen	Peso
		(L)	(t)
RESIDUOS NO PELIGROSOS			
Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11.	Restos de pintura o barniz	2,464	0,000
Pinturas. Residuos no especificados en otra categoría.	Pinturas o similares no especificados anteriormente	2,464	0,000
Ácidos o álcalis. Residuos no especificados en otra categoría.	Ácidos o similares no especificados anteriormente	1,009	0,000
Envases de papel y cartón	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,023
Envases de plástico	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,123
Envases de madera	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,012
Envases metálicos	Recipientes o barriles de materiales	0,000	0,023
Envases compuestos	Envases o embalajes compuestos	0,000	0,023
Envases mezclados	Mezcla de envases para materiales	0,000	0,023
Envases de vidrio	Recipientes con líquidos	0,000	0,012
Envases textiles		2,464	0,000
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02	Materiales de limpieza o ropas protectoras	0,000	0,000
Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13	Paneles fotovoltaicos de silicio rotos durante su manipulación o instalación	0,000	4,279
Componentes retirados de equipos desechados, distintos de los especificados en el código 16 02 15	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	0,000	0,004
Hormigón	Restos de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	0,967
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06	Restos mezclados de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	0,203
Plástico	Restos de tubo corrugado canalización eléctrica, línea subterránea MT, peladura de conductor String, BT y MT	0,000	0,073
Cobre, bronce, latón	Restos conductores de cobre	0,000	0,035

Residuo	Actividad origen	Volumen	Peso
		(L)	(t)
Aluminio	Restos conductores de aluminio	0,000	0,748
Hierro y acero	Restos estructura de módulos	0,000	0,023
Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35	Otros equipos eléctricos o electrónicos desechados	0,000	0,081
RESIDUOS PELIGROSOS			
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	2,464	0,000
Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.		2,464	0,000
Residuos de desengrasado que contienen sustancias peligrosas	Restos de desengrasante de equipos	1,009	0,000
Aceites minerales no clorados de motor, transmisión mecánica y lubricantes	Aceites para equipos mecánicos	0,000	0,077
Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y transmisión de calor	Aceites de transformadores	0,000	0,069
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,012
Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas	Limpieza y retirada de vertidos accidentales.	0,000	0,000
	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,000
		0,000	0,000
Componentes peligrosos retirados de equipos desechados.	Componentes peligrosos de equipos electrónicos y demás equipos	0,000	0,004
Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas	Aplicación de productos químicos y pinturas en elementos de la instalación (aerosoles).	0,000	0,165
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	Vertidos accidentales de sustancias químicas en el terreno	0,000	0,322

Tabla 5. Estimación de cantidades de residuos en fase de funcionamiento

14. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO

Durante la ejecución de los trabajos, todas las contratas participantes, implantarán las medidas dispuestas en el presente EGR. Se llevarán a cabo las siguientes medidas para la prevención de los residuos en obra, de tal forma que se evite al máximo su generación:

- Se planificarán las épocas en las que se ejecutará cada trabajo atendiendo a los vientos y lluvias, de forma que se evite el levantamiento de polvo y otros residuos, así como el arrastre de vertidos y materiales.
- Se planificará la distribución de las infraestructuras necesarias para la ejecución de la obra, de forma que, desde antes del comienzo de cada actividad, queden bien establecidas las ubicaciones de casetas, baños, maquinaria, acopios de materiales y de residuos. Las ubicaciones atenderán a criterios técnicos y ambientales.
- Las ubicaciones de casetas y baños estarán bien delimitadas y establecidas. Los baños estarán en correctas condiciones de higiene y situados en lugares llanos y de baja insolación para evitar olores.
- El parque de maquinaria estará bien establecido y delimitado. Se realizarán revisiones periódicas de las máquinas que lo componen, debiendo encontrarse estas siempre en correcto estado. Todas las máquinas tendrán al día sus ITV y marcados CE.
- Para evitar vertidos no se llevará ningún tipo de reparación o recarga de maquinaria en la obra. Aquellas actuaciones de mantenimiento de maquinaria propias de su uso, para las que no sea posible desplazamientos a lugares externos establecidos al efecto, se realizarán siempre utilizando medios de contención y prevención de derrames (Impermeabilización de suelos, bandejas antiderrames, absorbentes etc.)
- Los acopios de materiales estarán localizados en los lugares establecidos por los responsables técnicos de la obra y se delimitarán siempre mediante cintas de balizamiento. Cada acopio será señalizado mediante cartel visible en el que se indique, con letra clara “acopio de material” y el nombre de la contrata responsable.
- Se llevará un estricto control de los acopios de materiales a utilizar, evitando la pérdida, abandono y deterioro de materias primas potencialmente aprovechables. Los materiales a utilizar se preservarán del deterioro, acopiándolos en zonas protegidas de robos, lluvia, insolación y otros factores degradantes.
- Todos los acopios de material permanecerán limpios y ordenados en todo momento, atendiendo a la separación establecida de cada material como indica la normativa vigente.
- Se vigilará el correcto empleo y uso de los materiales y sus cantidades, evitando derroches.
- Se elegirán siempre que sea posible, materiales sin envolturas y envases innecesarios.
- Los materiales químicos y peligrosos seguirán las pautas específicamente establecidas de acopio de este tipo de materiales.
- Se implantarán las medidas específicas para el almacenamiento de materiales.
- Se dispondrá de los suficientes medios de contención y prevención de derrames, así como de lo necesario para su retirada en caso de que suceda un incidente.
- Con la información contenida en este EGR se elaborará, antes del inicio de los trabajos, un Plan de Gestión de los Residuos (PGR) en el que se concretará cómo se aplicará el presente EGR.
- Antes del inicio de las actividades se formará a los trabajadores para el buen uso de materiales y las buenas prácticas en lo referente a la separación de residuos y su gestión en obra, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Todo operario deberá saber identificar y separar los residuos que se van a generar en su actividad y conocer la situación de los distintos Acopios de Residuos.
- El personal responsable de la documentación de las contratas será capaz de rellenar partes de transferencia de residuos al transportista (apreciar cantidades y características de los residuos), verificar la calificación de los transportistas y supervisar que los residuos se manipulan y retiran correctamente.
- La formación se llevará a cabo previamente al inicio de los trabajos, mediante charlas formativas por persona con preparación ambiental y formativa.
- Todos los materiales susceptibles de considerarse residuo serán reutilizados en la propia obra siempre que sea posible, evitando la generación de residuos.
- Sistema de contención de derrames
- Con objeto de evitar la afección a suelo y subsuelo por causa de derrame accidental, tanto la bañera como el contenedor de marítimos se dispondrán sobre una losa de hormigón de impermeabilización.
- Se instalará una red de drenaje perimetral y una arqueta estanca para el punto limpio.
- La zona de almacenamiento de residuos peligrosos contará con un cubeto de contención para evitar cualquier derrame accidental de residuo o vertido.
- Sistema de ventilación:
- Debido a que se prevé el almacenamiento de restos de disolventes, se propone la instalación de un ventilador de extracción en el interior del contenedor de marítimos como sistema de ventilación.
- Protección de la intemperie:
- Tanto el contenedor de marítimos como la bañera contarán con el cerramiento adecuado para asegurar la protección de la intemperie.

Cerramiento perimetral y acceso:

En el punto limpio se instalará un vallado perimetral, y contará con mecanismos de restricción de acceso al mismo, con las señalizaciones e indicaciones correspondientes en función de la naturaleza de los residuos almacenados. Además, se deberá garantizar la accesibilidad al punto limpio, así como su identificación, especialmente para los vehículos que deben acceder al mismo.

Como se ha comentado anteriormente, para el caso concreto de los residuos peligrosos será necesaria la contratación de un gestor autorizado de los mismos.

Por su parte, los residuos sólidos urbanos podrán ser trasladados por la propia constructora hasta los puntos de recogida municipal más próximos, realizándose segregación en origen en función de las disponibilidades municipales.

En caso de exceso de residuos inertes se procederá a su traslado a vertedero de inertes o mixto.

En el seguimiento incluido el Programa de Vigilancia Ambiental se verificará que el almacenamiento y gestión de los residuos producidos en la fase de funcionamiento de las instalaciones se ajusten a la normativa vigente y, si fuera el caso, al condicionado específico de la Autorización Ambiental Unificada.

15. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA

15.1. REUTILIZACIÓN

Todo material, equipo o máquina, antes de ser considerado residuo, y siempre que sea posible, debe reutilizarse. Es fundamental para conseguir reutilizar al máximo ejercer una correcta planificación y ejecución de los acopios de residuos.

15.2. VALORIZACIÓN

Cuando el material, equipo o máquina no pueda reutilizarse, pasará a considerarse residuo y se gestionará a través de una empresa autorizada específica para el residuo, quién lo someterá, siempre que sea posible, a tratamientos de reciclaje apropiados.

Por tanto, todos los residuos de obra serán reciclados siempre que sea posible, en función de su naturaleza, no destinándose ningún residuo a eliminación directa.

Las operaciones de reciclaje a las que sometan los residuos que se produzcan serán las especificadas por los correspondientes gestores en sus autorizaciones y en los documentos de control y seguimiento correspondientes a cada residuo.

Los acopios de estos materiales, sus transportes y gestión se acogerán a lo dispuesto en los correspondientes apartados de acopio, segregación, contenedores y transportes del presente documento y a la normativa específica vigente. Se dispondrá de toda la documentación resultante de la gestión de cada residuo que justifique su trazabilidad y asegure el sometimiento a estos procesos de valorización.

En lo que respecta a estos procesos por residuos, cabe destacar lo siguiente:

Para residuos no peligrosos (RNP) los procesos de valorización más comunes, atendiendo a lo regulado en el Anexo II de la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, son los siguientes:

- R3: Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas.
- R4: Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.
- R5: Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.
- R10: Tratamiento de los suelos que produzca un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos.
- R11: Utilización de residuos obtenidos a partir de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R10.

Para los residuos peligrosos (RP) los procesos de valorización más comunes, atendiendo a lo regulado en el Anexo II de la Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados, son:

- R2: Recuperación o regeneración de disolventes.
- R3: Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes.
- R5: Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas.

- R7: Valorización de componentes utilizados para reducir la contaminación.
- R11: Utilización de residuos obtenidos a partir de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R10.

15.3. ELIMINACIÓN

Tal y como se ha indicado, durante la obra se velará por que ningún residuo se elimine directamente si es viable su valorización previa, y la eliminación siempre será la última opción a considerar. La eliminación se realizará en vertedero autorizado específicamente diseñado para el tipo de residuo a entregar.

Las operaciones de eliminación efectuadas por cada gestor de residuos y tipo de residuo vendrán determinadas durante la ejecución de la obra, en las autorizaciones y certificados de entrega.

Las operaciones de eliminación que suelen realizarse, atendiendo a lo regulado en el Anexo III de la Ley 22/2011, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, son las siguientes:

- D1: Depósito sobre el suelo o en su interior (por ejemplo, vertido, etc.).
- D5: Depósito controlado en lugares especialmente diseñados.
- D9: Tratamientos fisicoquímicos no especificados por otros procedimientos.
- D15: Almacenamiento en espera de cualquiera de las operaciones numeradas de D1 a D14 (excluido el almacenamiento temporal, en espera de recogida, en el lugar donde se produjo el residuo).

Se revisará y archivará (por un plazo mínimo de 5 años) la documentación justificativa de la trazabilidad de todos los residuos que se destinen a eliminación. Se atenderá a lo dispuesto por la normativa vigente en la materia.

16. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en la Ley 7/2022 deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

SEPARACIÓN DE RESIDUOS	
RESIDUO	CANTIDAD UMBRAL (t)
Hormigón.	80
Ladrillos, tejas, cerámicos	40
Metal	2
Madera	1
Vidrio	1
Plástico	0,5
Papel y cartón.	0,5

Tabla 6. Cantidad umbral (t) según tipo de residuo

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

Los residuos generados durante la fase de explotación del proyecto serán almacenados, hasta la entrega a los gestores autorizados, en el Punto Limpio.

En relación con el almacenamiento, la mezcla y el etiquetado de residuos en el lugar de producción, el productor u otro poseedor inicial de residuos está obligado a:

- Mantener los residuos almacenados en condiciones adecuadas de higiene y seguridad mientras se encuentren en su poder. La duración del almacenamiento de los residuos no peligrosos en el lugar de producción será inferior a dos años cuando se destinen a valorización y a un año cuando se destinen a eliminación. En el caso de los residuos peligrosos, en ambos supuestos, la duración máxima será de seis meses; en supuestos excepcionales, el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde se lleve a cabo dicho almacenamiento, por causas debidamente justificadas y siempre que se garantice la protección de la salud humana y el medio ambiente, podrá modificar este plazo. Los plazos mencionados empezarán a computar desde que se inicie el depósito de residuos en el lugar de almacenamiento.
- No mezclar ni diluir los residuos peligrosos con otras categorías de residuos peligrosos ni con otros residuos, sustancias o materiales. Los aceites usados de distintas características cuando sea técnicamente factible y económicamente viable, no se mezclarán entre ellos ni con otros residuos o sustancias, si dicha mezcla impide su tratamiento.
- Almacenar, envasar y etiquetar los residuos peligrosos en el lugar de producción antes de su recogida y transporte con arreglo a las normas aplicables.

En el interior del contenedor ISO se dispondrán contenedores y bidones estancos, caracterizados en función del tipo de residuo que almacenen, asegurando la adecuada separación y evitando la mezcla de los distintos residuos, tal como establece el Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía:

- Residuos asimilables a urbanos: Se almacenarán en un contenedor correctamente etiquetado para este tipo de residuo.

- Residuos de envases: Se almacenarán en un contenedor correctamente etiquetado para envases y residuos de envases.
- Residuos no peligrosos (palés, tubos, plásticos, etc.): Se almacenarán en un contenedor con la etiqueta correspondiente.
- Residuos peligrosos: Estos residuos se almacenarán en bidones estancos, y deberán ser envasados y etiquetados de forma reglamentaria, tal como establece la *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*, indicando la fecha de envasado y almacenaje, así como los códigos LER correspondientes.

Las dimensiones de los contenedores y la periodicidad de recogida de los residuos se establecerán en función de la generación de unos y otros.

Por lo tanto, se ha previsto la instalación de los siguientes tipos de contenedores:

- Contenedores de segregación de residuos no peligrosos diferenciados para papel, maderas, residuos sólidos urbanos, tierras, hormigón etc. Se indicará la forma en la que se prevé separar los residuos que no superen las cantidades mínimas para su segregación en la legislación vigente.
- Contenedores de segregación de residuos peligrosos diferenciados para cada tipo de residuo en función de su código LER.

Se prevé una zona para la limpieza de canaletas y recogida de restos de hormigón.

Para la separación de residuos se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Las zonas de acopio / almacenamiento de residuos se señalarán e identificarán mediante carteles visibles y legibles en los que se identifiquen los residuos o materiales que contiene y la contrata a la que pertenece.
- Los residuos acumulados en dichas zonas se deberán depositar en contenedores.
- Los contenedores estarán siempre identificados, localizados y ubicados en los sitios indicados en la documentación de cada proyecto, cumpliendo las características reguladas por la normativa legal vigente. Así mismo, los contenedores deberán adaptarse siempre a la tipología del material o residuo que contienen. Las empresas que realicen los trabajos estarán informadas de los requisitos mínimos necesarios que debe cumplir cada contenedor y de su ubicación en los distintos puntos de acopio.
- Se prestará especial atención a la separación y almacenamiento de residuos peligrosos con la finalidad de dar cumplimiento a la legislación vigente en materia de residuos peligrosos (Real Decreto 952/1997, Real Decreto 833/1988, etc.).
- La disposición, mantenimiento y retirada de los contenedores de obra es responsabilidad de las contratas.
- No se ubicará ningún contenedor fuera de la obra.
- Los contenedores de residuos susceptibles de generar suspensión de polvo o materiales pulverulentos se cubrirán con lonas, particularmente cuando sea más esperable que se levante viento.

- Los contenedores deberán situarse con una separación unos de otros que evite mezclas y con una accesibilidad tal que el uso por los trabajadores cumpla las medidas de seguridad, permita el tránsito del personal y su fácil manejo (recomendado 1 m para cumplir ambos requisitos). Siempre quedará un lateral del contenedor libre para la recogida y utilización. Permanecerán siempre en correcto estado de orden y limpieza, realizándose batidas diarias que eviten la dispersión de los residuos y materiales por la obra.
- Durante los traslados de residuos en el interior de la zona de obras se respetarán las normas establecidas de velocidad de circulación de vehículos y maquinaria, para evitar pérdidas de carga y levantamiento de polvo.

Otras medidas que se proponen son:**Sistema de contención de derrames**

Con objeto de evitar la afección a suelo y subsuelo por causa de derrame accidental, tanto la bañera como el contenedor de marítimos se dispondrán sobre una losa de hormigón de impermeabilización.

Se instalará una red de drenaje perimetral y una arqueta estanca para el punto limpio.

La zona de almacenamiento de residuos peligrosos contará con un cubeto de contención para evitar cualquier derrame accidental de residuo o vertido.

Sistema de ventilación

Debido a que se prevé el almacenamiento de restos de disolventes, se propone la instalación de un ventilador de extracción en el interior del contenedor de marítimos como sistema de ventilación.

Protección de la intemperie

Tanto el contenedor de marítimos como la bañera contarán con el cerramiento adecuado para asegurar la protección de la intemperie.

Cerramiento perimetral y acceso

En el punto limpio se instalará un vallado perimetral, y contará con mecanismos de restricción de acceso al mismo, con las señalizaciones e indicaciones correspondientes en función de la naturaleza de los residuos almacenados.

Además, se deberá garantizar la accesibilidad al punto limpio, así como su identificación, especialmente para los vehículos que deben acceder al mismo.

Como se ha comentado anteriormente, para el caso concreto de los residuos peligrosos será necesaria la contratación de un gestor autorizado de los mismos.

Por su parte, los residuos sólidos urbanos podrán ser trasladados por la propia constructora hasta los puntos de recogida municipal más próximos, realizándose segregación en origen en función de las disponibilidades municipales.

En caso de exceso de residuos inertes se procederá a su traslado a vertedero de inertes o mixto.

En el seguimiento incluido el Programa de Vigilancia Ambiental se verificará que el almacenamiento y gestión de los residuos producidos en la fase de funcionamiento de las instalaciones se ajusten a la normativa vigente y, si fuera el caso, al condicionado específico de la Autorización Ambiental Unificada.

17. PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y, EN SU CASO, OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Para llevar a cabo el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra, se proyectará la instalación de unas áreas o puntos limpios, que estarán localizadas en la zona de instalaciones auxiliares de obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

En la siguiente figura se muestra la localización del punto limpio y detalles de las instalaciones.

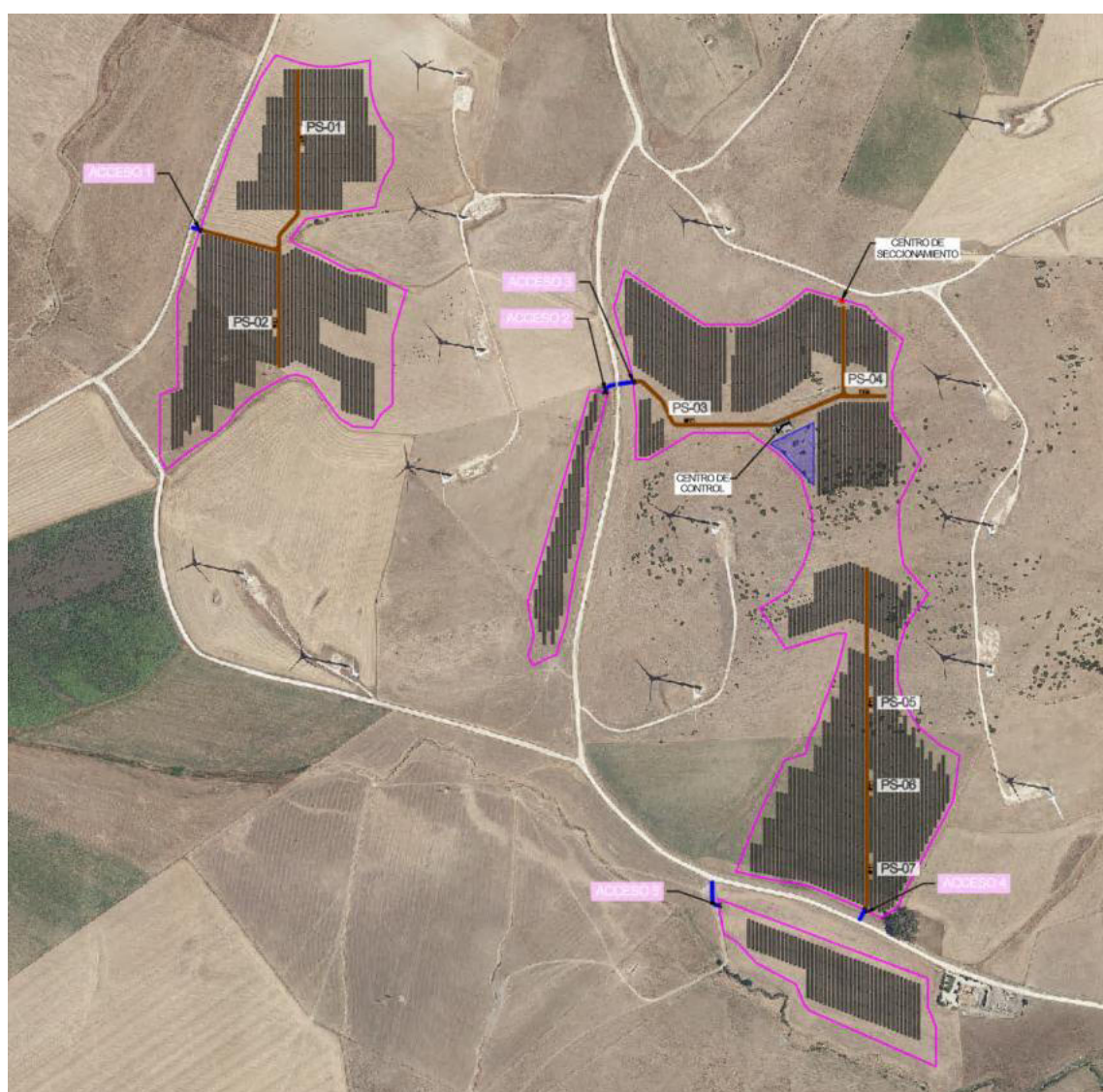


Imagen 4 Punto limpio de la instalación fotovoltaica

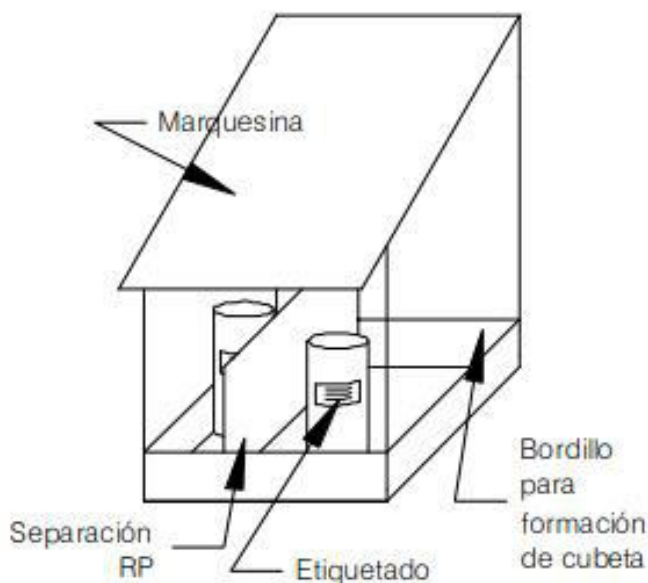


Imagen 5 Detalle almacén de residuos peligrosos

MATERIAL RESIDUO	DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO	
Residuos Pétreos, escombros, y restos de obra	En contenedor metálico de 3-4 m ³ ubicado en la zona habilitada para residuos	
Maderas	En contenedor metálico de 3-4 m ³ ubicado en la zona habilitada para residuos	
Metales	En contenedor metálico de 3-4 m ³ ubicado en la zona habilitada para residuos	
Residuos para reciclar (Papel, Plásticos, Cartón,...) y Residuos asimilables a urbanos (R.S.U.)	Cubos adecuados para una correcta segregación por colores	
Residuos peligrosos	Se dispondrá de los cubos, bidones, barriles estancos necesarios para cada residuo según su naturaleza conforme a la legislación vigente	

Imagen 6 Detalle tipos de contenedores

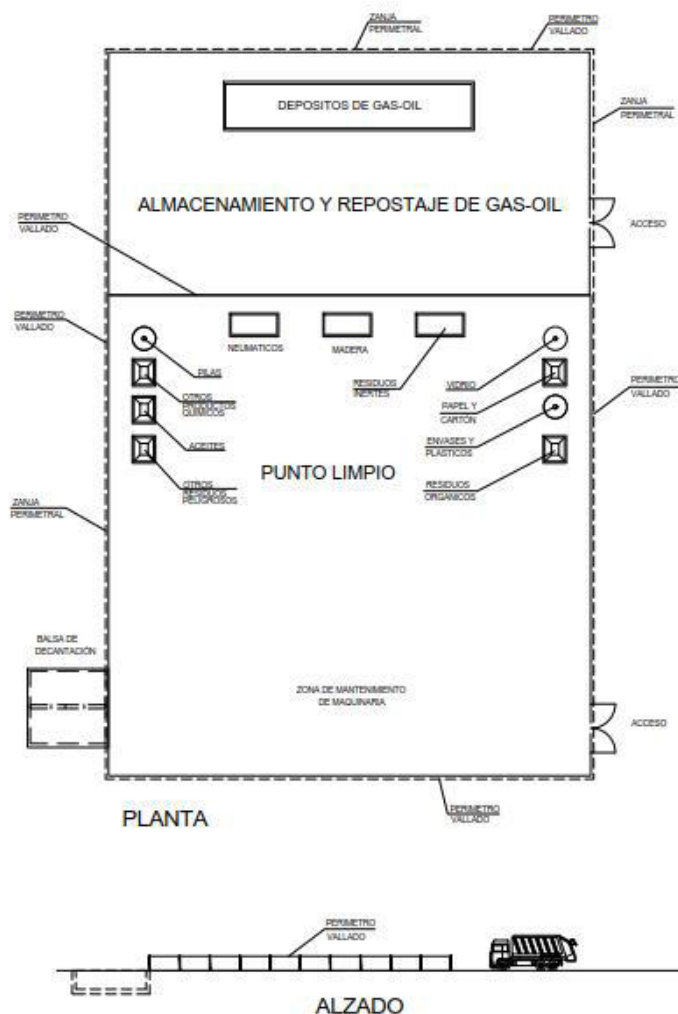


Imagen 7 *Detalle zonificación instalación auxiliar de obra*

18. PRESCRIPCIONES DEL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos, se detallan en el apartado 6 *Gestión de Residuos* del documento *Pliego de Condiciones Instalación Fotovoltaica*, en el cual se detalla la definición y condiciones generales, condiciones del proceso de ejecución, medidas de clasificación y recogida selectiva de residuos y la entrega a gestor autorizado.

19. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

A continuación, se indica la valoración económica de los gastos derivados de la gestión de los residuos de construcción y demolición del presente Proyecto.

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)	Coste de gestión (€/t)(€/L)	Importe (€)
RESIDUOS NO PELIGROSOS					
Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11.	Restos de pintura o barniz	22,205	0,000	97,75	2.170,53 €
Pinturas. Residuos no especificados en otra categoría.	Pinturas o similares no especificados anteriormente	16,552	0,000	97,75	1.617,95 €
Ácidos o álcalis. Residuos no especificados en otra categoría.	Ácidos o similares no especificados anteriormente	2,422	0,000	109,25	264,56 €
Envases de papel y cartón	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	2,422	17,25	41,77 €
Envases de plástico	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como inversores, otros equipos y materiales	0,000	1,493	92,00	137,34 €
Envases de madera	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	26,162	155,25	4.061,58 €
Envases metálicos	Recipientes o barriles de materiales	0,000	0,234	103,50	24,23 €
Envases compuestos	Envases o embalajes compuestos	0,000	0,234	109,25	25,58 €
Envases mezclados	Mezcla de envases para materiales	0,000	0,234	109,25	25,58 €

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)	Coste de gestión (€/t)(€/L)	Importe (€)
Envases de vidrio	Recipientes con líquidos	0,000	0,123	74,75	9,18 €
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02	Materiales de limpieza o ropas protectoras	0,000	0,088	109,25	9,64 €
Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13	Paneles fotovoltaicos de silicio rotos durante su manipulación o instalación	0,000	11,145	103,50	1.153,47 €
Componentes retirados de equipos desechados, distintos de los especificados en el código 16 02 15	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	0,000	0,046	120,75	5,56 €
Hormigón	Restos de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	17,603	126,50	2.226,84 €
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06	Restos mezclados de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	645,91	27,12	17.517,08
Plástico	Restos de tubo corrugado canalización eléctrica, línea subterránea MT, peladura de conductor String, BT y MT	0,000	0,484	109,25	52,83 €
Cobre, bronce, latón	Restos conductores de cobre	0,000	0,242	46,00	11,12 €
Aluminio	Restos conductores de aluminio	0,000	7,468	46,00	343,53 €

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)	Coste de gestión (€/t)(€/L)	Importe (€)
Hierro y acero	Restos estructura de módulos	0,000	5,572	21,85	121,76 €
Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35	Otros equipos eléctricos o electrónicos desechados	0,000	0,161	103,50	16,68 €
Residuos biodegradables	Restos de desbroce y poda de vegetación	0,000	0,000	12,65	0,00 €
Mezclas de residuos municipales	Restos de comida del personal en obra. Residuos de oficina de obra.	0,000	5,895	80,50	474,52 €
Lodos de fosas sépticas	Recogida de efluentes de baños, vestuarios e instalaciones auxiliares	0,000	0,484	138,00	66,73 €
RESIDUOS PELIGROSOS					
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	4,440	0,000	155,25	689,34 €
Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.		4,440	0,000	207,00	919,12 €
Residuos de desengrasado que contienen sustancias peligrosas	Restos de desengrasante de equipos	3,231	0,000	218,50	706,05 €
Aceites minerales no clorados de motor, transmisión mecánica y lubricantes	Aceites para equipos mecánicos	0,000	0,203	17,25	3,51 €
Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y	Aceites de transformadores	0,000	0,111	28,75	3,20 €

Residuo	Actividad origen	Volumen (L)	Peso (t)	Coste de gestión (€/t)(€/L)	Importe (€)
transmisión de calor					
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,161	287,50	46,34 €
Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas	Limpieza y retirada de vertidos accidentales.				
		0,000	0,165	414,00	68,32 €
		0,000	0,000	0,00	0,00 €
		0,000	0,000	0,00	0,00 €
Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.					
Componentes peligrosos retirados de equipos desechados.	Componentes peligrosos de equipos electrónicos y demás equipos	0,000	0,031	207,00	6,36 €
Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas	Aplicación de productos químicos y pinturas en elementos de la instalación (aerosoles).	0,000	0,161	1133,90	182,77 €
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	Vertidos accidentales de sustancias químicas en el terreno	0,000	0,322	161,00	51,90 €

TOTAL FASE CONSTRUCCIÓN	33.054,97 €
--------------------------------	-------------

Tabla 7. Valoración económica de los gastos derivados de la gestión de los residuos de construcción y demolición

Residuo	Actividad origen	Volumen	Peso	Coste de gestión (€/t) (€/L)	Importe (€)
		(L)	(t)		
RESIDUOS NO PELIGROSOS					
Residuos de pintura y barniz, distintos de los especificados en el código 08 01 11.	Restos de pintura o barniz	2,464	0,000	97,75	240,84 €
Pinturas. Residuos no especificados en otra categoría.	Pinturas o similares no especificados anteriormente	2,464	0,000	97,75	240,84 €
Ácidos o álcalis. Residuos no especificados en otra categoría.	Ácidos o similares no especificados anteriormente	1,009	0,000	109,25	110,27 €
Envases de papel y cartón	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,023	17,25	0,40 €
Envases de plástico	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,123	92,00	11,30 €
Envases de madera	Embalajes de material de equipos tanto paneles solares fotovoltaicos como estructuras, inversores, otros equipos y materiales	0,000	0,012	155,25	1,79 €
Envases metálicos	Recipientes o barriles de materiales	0,000	0,023	103,50	2,38 €
Envases compuestos	Envases o embalajes compuestos	0,000	0,023	109,25	2,52 €
Envases mezclados	Mezcla de envases para materiales	0,000	0,023	109,25	2,52 €
Envases de vidrio	Recipientes con líquidos	0,000	0,012	74,75	0,86 €
Envases textiles		2,464	0,000	51,75	127,50 €
Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02	Materiales de limpieza o ropas protectoras	0,000	0,000	109,25	0,00 €
Equipos desechados distintos de los	Paneles fotovoltaicos de silicio rotos durante su manipulación o instalación	0,000	4,279	103,50	442,88 €

Residuo	Actividad origen	Volumen	Peso	Coste de gestión (€/t) (€/L)	Importe (€)
		(L)	(t)		
especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 13					
Componentes retirados de equipos desechados, distintos de los especificados en el código 16 02 15	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	0,000	0,004	120,75	0,46 €
Hormigón	Restos de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	0,967	126,50	122,34 €
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06	Restos mezclados de hormigón de limpieza de canaletas y sobrante proveniente de vallado, losas de cimentación de inversores, canalización subterránea	0,000	0,203	126,50	25,73 €
Plástico	Restos de tubo corrugado canalización eléctrica, línea subterránea MT, peladura de conductor String, BT y MT	0,000	0,073	109,25	7,97 €
Cobre, bronce, latón	Restos conductores de cobre	0,000	0,035	46,00	1,59 €
Aluminio	Restos conductores de aluminio	0,000	0,748	46,00	34,42 €
Hierro y acero	Restos estructura de módulos	0,000	0,023	21,85	0,50 €
Equipos eléctricos y electrónicos desechados distintos de los especificados en los códigos 20 01 21, 20 01 23 y 20 01 35	Otros equipos eléctricos o electrónicos desechados	0,000	0,081	103,50	8,34 €

RESIDUOS PELIGROSOS					
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	Aplicación de pintura y elementos similares en elementos de la instalación.	2,464	0,000	155,25	382,50 €
Lodos acuosos que contienen pintura o barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.		2,464	0,000	207,00	510,01 €
Residuos de desengrasado que contienen sustancias peligrosas	Restos de desengrasante de equipos	1,009	0,000	218,50	220,53 €
Aceites minerales no clorados de motor, transmisión mecánica y lubricantes	Aceites para equipos mecánicos	0,000	0,077	17,25	1,32 €
Aceites fácilmente biodegradables de aislamiento y transmisión de calor	Aceites de transformadores	0,000	0,069	28,75	1,99 €
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,012	287,50	3,31 €
Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas	Limpieza y retirada de vertidos accidentales.		0,000		
		0,000	0,000	414,00	0,00 €
	Aplicación de productos químicos en elementos de la instalación.	0,000	0,000	0,00	0,00 €
		0,000	0,000	0,00	0,00 €
Componentes peligrosos retirados de equipos desechados.	Componentes peligrosos de equipos electrónicos y demás equipos	0,000	0,004	207,00	0,79 €

Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas	Aplicación de productos químicos y pinturas en elementos de la instalación (aerosoles).	0,000	0,165	1133,90	187,12 €
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	Vertidos accidentales de sustancias químicas en el terreno	0,000	0,322	161,00	51,90 €

TOTAL FASE FUNCIONAMIENTO	2.744,91 €
--------------------------------------	-------------------

Tabla 8. Valoración económica de los gastos derivados de la gestión de los residuos en fase de funcionamiento

El presupuesto total de Gestión de Residuos (fase de construcción + fase de funcionamiento) asciende a un total de **TREINTA Y CINCO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS (35.799,88 €)**.

Baena, 13/06/2025

El Ingeniero Técnico Industrial



Francisco Antonio Lara Ortega

Colegiado nº 1935 del Col. Of. de Ingenieros

Técnicos Industriales de Córdoba

DOCUMENTO N° 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. OBJETO

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con el Art. 7 del citado Real Decreto, el objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es servir 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 este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

La evaluación de riesgos incluida en el presente 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.

2. JUSTIFICACIÓN A LA REDACCIÓN DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción en su artículo 4: Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras dice lo siguiente:

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,00€).
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Dado que este proyecto puede superar el punto 1, 2 o 3, procedemos a redactar un Estudio de Seguridad y Salud.

2.1. DATOS DEL PROYECTO Y DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Denominación del Proyecto:

Proyecto Administrativo de la instalación fotovoltaica Zorreras de 17,61 MWn e infraestructura de evacuación, en el término municipal de Tarifa (Cádiz).

Promotora de las instalaciones:

Parque Eólico Zorreras, S.L., con C.I.F. B-11538055 y domicilio en Calle Ribera Del Loira, 28, 28042, Madrid.

Ingeniería redactora del proyecto:

Ha redactado el proyecto Itecla Ingeniería S.L., CIF: B14793939, mediante el técnico D. Francisco Lara Ortega, Ingeniero Técnico Industrial colegiado en el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Córdoba con el número 1935, con domicilio en Avenida Cañete de las Torres nº35, 14850 Baena, Córdoba.

El presupuesto del presente proyecto asciende a la cantidad de **DIEZ MILLONES CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y SERIS EUROS OCHENTA CÉNTIMOS (10.484.296,80€)**.

La obra tendrá una duración aproximada de 7 meses.

Se considera una punta máxima de 15 trabajadores, en el mes de mayor producción de la obra.

Asciende el presupuesto total para las actividades de seguridad y salud a la cantidad de **NOVENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS (98.870,31 €)**.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

La instalación fotovoltaica Zorreras consta de una potencia pico de 19,36 MWp y una potencia instalada en inversores de 17,61 MWn. La potencia de generación de la instalación fotovoltaica se consigue con la instalación de 26.883 módulos conectados en series de 29 módulos.

La corriente continua generada por los módulos a 1.500 V se transforma en corriente alterna en los inversores localizados en las Power Stations, donde esta se elevará desde 615 V hasta 20 kV mediante los transformadores de potencia. La energía se evacúa desde el centro de seccionamiento 'Zorreras', ubicado al noreste de la instalación fotovoltaica "Zorreras", hacia el SET Los Siglos 20/66 kV mediante circuitos enterrados de 20 kV.

Para la instalación de los módulos fotovoltaicos se ha previsto una combinación de estructuras tracker de tipo metálico de acero galvanizado hincada directamente al terreno. La configuración de las estructuras es 1P29, es decir, apta para la instalación de 1 módulo en vertical y 29 en horizontal. Se emplea un Pitch de 6,0 m.

3.1. RESUMEN DATOS PRINCIPALES

Datos principales a la instalación fotovoltaica

DATOS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
Potencia pico de la instalación fotovoltaica	19,36 MWp
Potencia módulo monocristalino	720 Wp
Número de módulos	26.883
Pitch	6,0 m
Potencia en inversores de la de la instalación fotovoltaica	17,61 MWac
Sobredimensionamiento	1,10
Potencia inversor (40 °C)	4.890 MWac
Número inversores	7
Transformadores	Relación de transformación: 0,615/20 kV
	2,935 / 1,955 MVA
Número de Power Station	7
Configuración seguidores	1P29
Número de estructuras	927
Estaciones meteorológicas	1

Tabla 1. Tabla de características Planta Solar Fotovoltaica

3.2. TRABAJOS A REALIZAR

FASE DE CONSTRUCCIÓN

Los trabajos de la instalación fotovoltaica se prevén que duren 3 a 5 meses. Dentro de los trabajos a desarrollar se distinguen dos partes perfectamente diferenciadas: por un lado, los trabajos correspondientes a la obra civil y por otro los trabajos de instalación de los equipos de generación, almacenamiento y transformación de la energía.

Los trabajos de la obra civil comprenden las siguientes actuaciones:

1. Excavación de las zanjas de Media Tensión.
2. Excavación de las zanjas de Baja Tensión.
3. Preparación de losas para las Power Stations.
4. Hincado de la estructura de suportación de paneles.
5. Obra civil de centro de seccionamiento.
6. Cerramiento perimetral.

Los trabajos de obra civil, comenzarán por la construcción de los viales internos, que servirán para la ejecución de la obra. Junto con estos trabajos se iniciarán también los trabajos correspondientes a la realización del cerramiento perimetral, para dotar a las instalaciones de un elemento de seguridad.

Después se comenzará, una vez hecho el replanteo de los mismos, con el hincado de las estructuras de soporte de los paneles (Máquinas hincadoras).

También se comenzará con la ejecución de las zanjas o canalizaciones de Media Tensión, se trata de zanjas de aproximadamente 1,5 metros de profundidad y ancho variable en función del número de líneas que contengan.

De la misma forma, se iniciarán los trabajos de canalizaciones de Baja Tensión, que se realizarán en paralelo a los de Media Tensión.

Por otro lado, se construirán las bancadas de las Power Stations. Se tratarán de losas de hormigón armado, de 30 cm de espesor y de las dimensiones necesarias para cada equipo.

En paralelo a los trabajos de hincado y zanjas, se realizará la obra civil de la subestación.

INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

Una vez iniciados los trabajos de zanjas tanto de baja tensión como de Media Tensión, se iniciarán los trabajos de instalación de líneas de baja y media tensión, es decir, el cableado de baja y media tensión.

Se procederá a instalar todos los cables de baja y media tensión en las zanjas que se hayan excavado para proceder posteriormente al soterramiento de dichas zanjas.

Una vez soterradas y compactadas las zanjas se procederá a iniciar con los trabajos de la instalación de las mesas de suportación de los paneles, comenzando los trabajos por el montaje de la estructura sobre los perfiles hincados de los pilares de suportación.

Se procederá al montaje de los perfiles longitudinales y verticales para el alojamiento de los paneles.

Una vez iniciados los trabajos de instalación de las mesas de suportación, se iniciarán los trabajos del montaje de los módulos fotovoltaicos

Simultáneamente a estos trabajos se realizará la instalación de las cajas sumas de corriente continua y la conexión de estas a las líneas subterráneas de baja tensión que fueron inicialmente soterradas en las zanjas.

Terminada la operación de instalación de las cajas suma, se procederá a la instalación de los inversores centrales, realizando tanto las interconexiones de CC en el lado de 1.500 Vcc como conectando todas las líneas provenientes de las cajas suma y la salida de estos inversores se conectarán a la entrada en Baja Tensión de los transformadores.

Por lo tanto, una vez instalados los inversores, se procederá a realizar la instalación de las Power Stations y a su conexionado tanto a nivel de baja tensión como al de Media Tensión.

Terminada la instalación de las Power Stations se procederá a instalar la línea de evacuación 20 kV, que transportará la energía generada en la planta fotovoltaica hasta la SET Los Siglos 20/66 kV.

PUESTA EN MARCHA

La puesta en marcha de las instalaciones descritas anteriormente pasa por el hecho de que la línea de evacuación tiene que estar totalmente terminada y conexas a la subestación y estando la misma energizada.

Inicialmente se realizará la puesta en marcha de la subestación, no objeto de este proyecto.

PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN FV

Realizada la puesta en marcha de la subestación se procederá a realizar la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.

Inicialmente se procederá al cierre de las celdas de Media Tensión, para energizar todas las líneas de distribución. Una vez realizado el energizado de las líneas se verificará el correcto funcionamiento de todas las líneas y de sus celdas de protección verificando la ausencia de fallos y derivaciones.

Realizada la energización de las líneas se procederá a realizar la conexión de los transformadores de Media Tensión, se irán conectando de uno en uno y verificando el correcto funcionamiento de todos ellos y de sus elementos de protección, verificando la ausencia de fallos.

Una vez energizados los transformadores se procederá a conectar su lado de baja tensión y a la conexión de los inversores solares fotovoltaicos. Como siempre se verificará su correcto funcionamiento y la ausencia de fallos.

A partir de este momento se procederá a la conexión paulatina de toda la instalación de generación, conectando las cajas sumas y la conexión de cada uno de los string de paneles que forman la planta. Con la ayuda del sistema de monitorización se verificará el correcto funcionamiento de cada uno de los string, tensión y corriente generada.

3.3. EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica “Zorreras”, estará situada en el término municipal de Tarifa, (Cádiz)

La localización queda reflejada en el plano de situación geográfica.

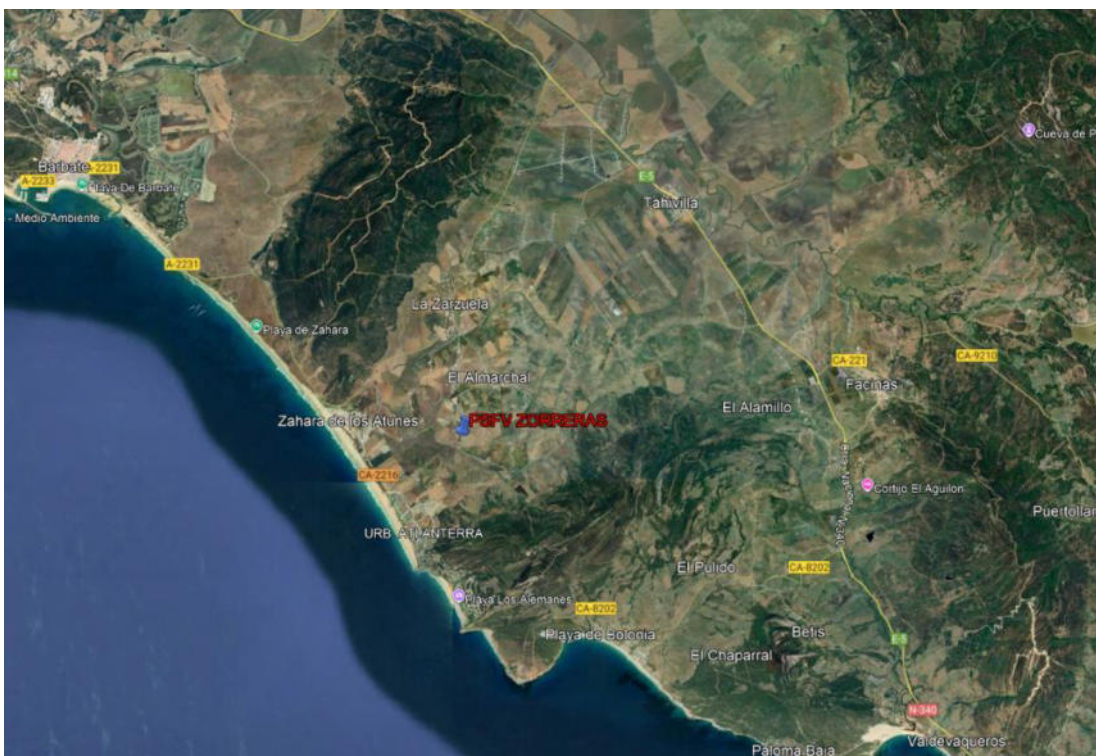


Imagen 1 Plano de situación geográfica de la instalación fotovoltaica

La instalación está ubicada en suelo no urbanizable de carácter natural o rural, encontrándose alejada a más de 1.233 metros de zonas de núcleo urbano pertenecientes al T.M. de Tarifa, provincia de Cádiz.

Las zonas de implantación del módulo fotovoltaico de la instalación “Zorreras”, así como los caminos de acceso quedan reflejados en la siguiente figura.

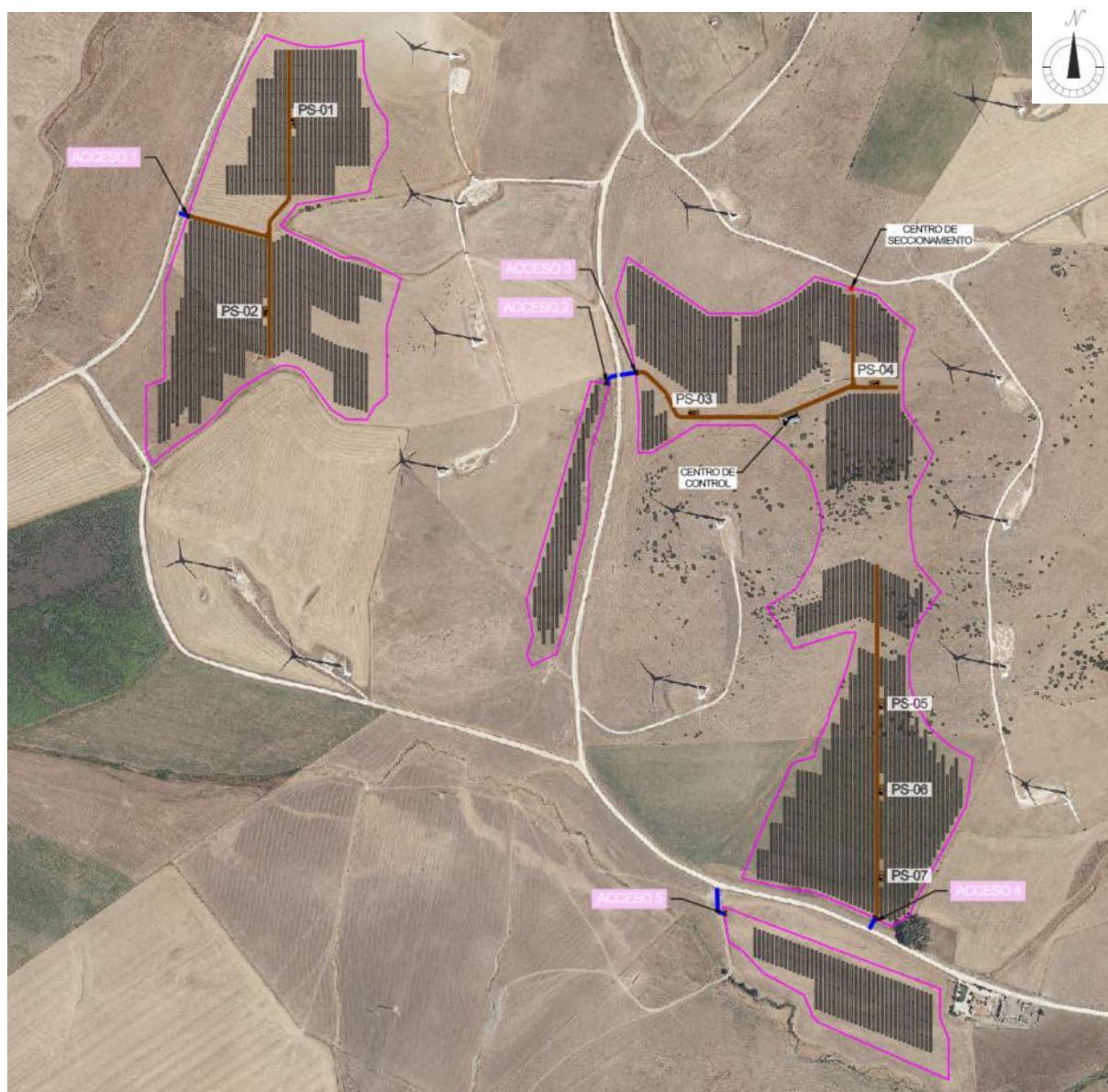


Imagen 2 Vista aérea de la ubicación, zonas de implantación y accesos

3.4. CLIMATOLOGÍA

Las condiciones climatológicas de la zona son las siguientes:

- Radiación global horizontal (kWh/m² año): 1.819,30
- Temperatura ambiente media (°C): 25
- Velocidad media del viento (m/s): 4,60

(Fuente: SolarGIS v2.1.28)

3.5. ACCESOS Y VALLADO

Dentro de la instalación fotovoltaica habrá caminos internos para comunicar las Power Stations y poder acceder a los correspondientes seguidores solares, así como los correspondientes accesos a los diferentes subcampos. Estos caminos tendrán un ancho de 4 m.

Los principales accesos a las instalaciones se realizarán mediante caminos catastrales existentes en la zona, algunos de ellos denominados como "Colada Los Pedernales" y "Cañada La Jara". Los accesos se adecuarán convenientemente para dar acceso a la instalación fotovoltaica.

En el plano 09 "Sección tipo caminos" se pueden observar en detalle más características acerca de estos accesos a la instalación fotovoltaica.

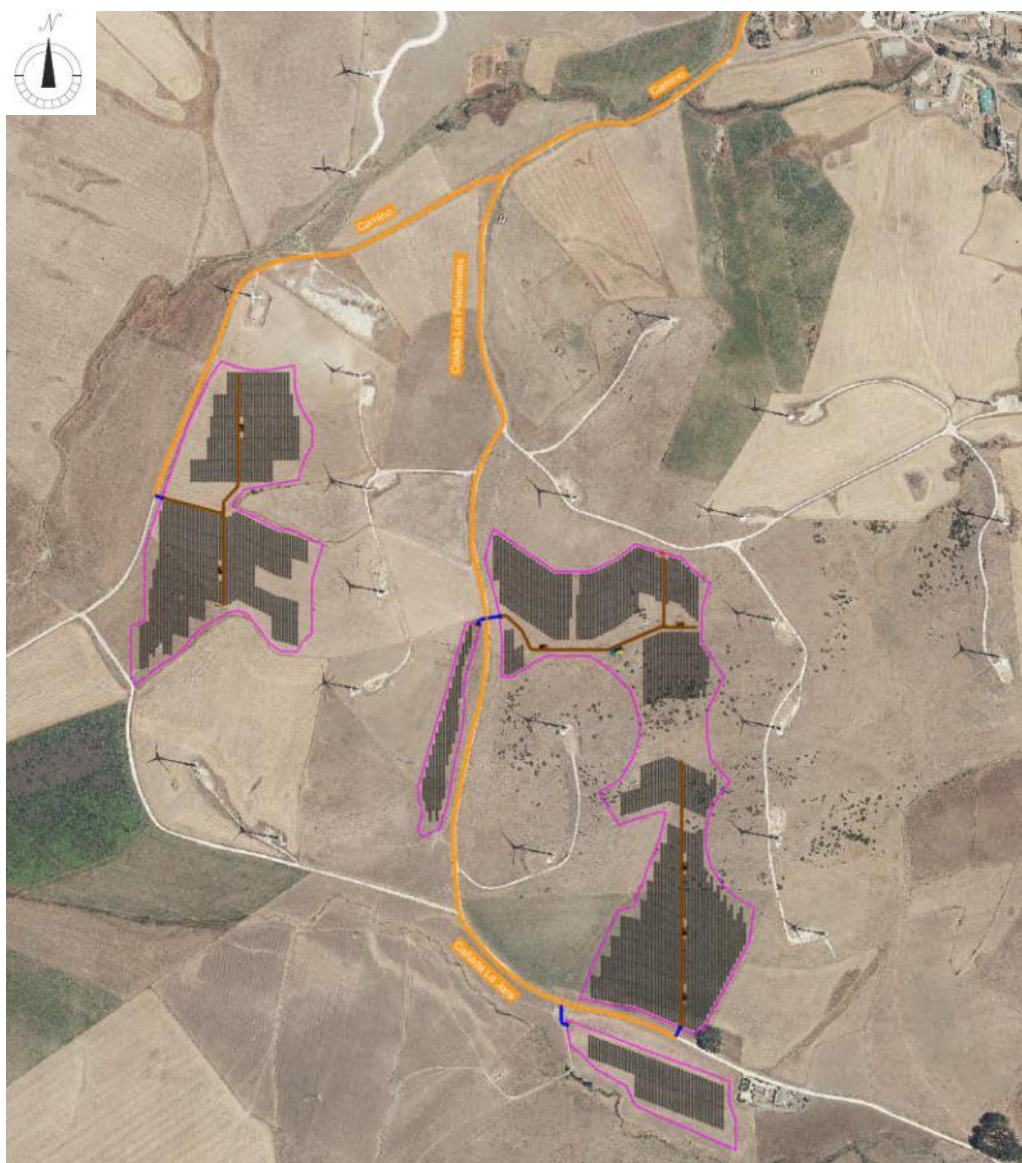


Imagen 3 Vista de accesos planta y entronque existente con los caminos

3.6. CERRAMIENTO

La planta fotovoltaica contará con 4 isla la cual contará con un cerramiento perimetral y un acceso a ella. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones.

Se realizará un cerramiento perimetral común para el conjunto de instalación fotovoltaica. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones.

El vallado perimetral cumplirá las especificaciones incluidas en el artículo 70 del Reglamento de Ordenación de la Caza (decreto 126/2017, de 25 de julio), siendo de tipo cinegético con pasos de fauna que permitan el libre acceso de la mesofauna, tendrá las siguientes características:

- Altura de 2 metros
- Pilares en T de 60x60x6mm de 2,8 metros de alturas con dos riostras cada 100 o cambios de dirección, hincados 80 cm en el terreno.
- Malla de alambre de acero galvanizado en caliente que rodea el perímetro.
- Sujetado por postes metálicos, perfiles en L (40x40x4mm de 2,6m de altura) intercalados con postes perfil en T.
- En caso de que el terreno sea incoherente, este se cimentará.

Detalles del vallado se muestra en las siguientes imágenes:

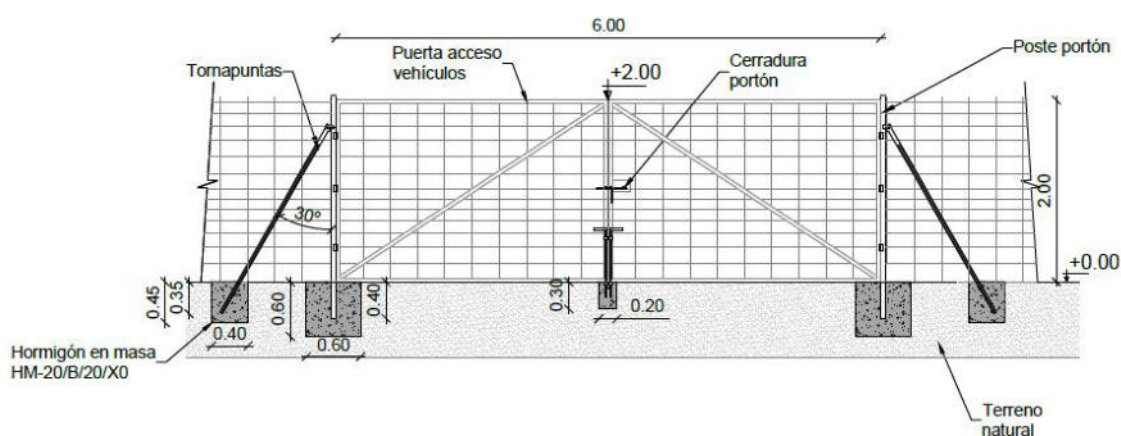


Imagen 4 *Detalle de la puerta de acceso*

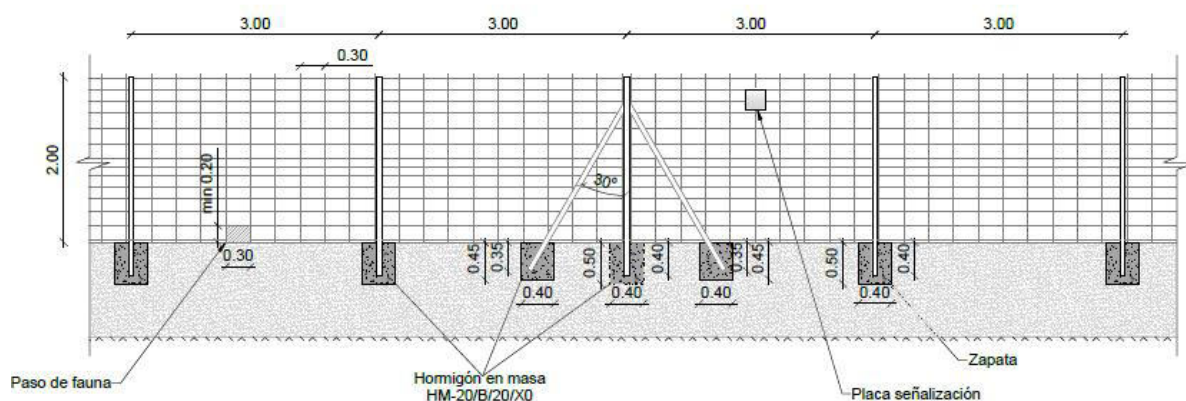


Imagen 5 *Detalle del vallado perimetral*

Los accesos a la instalación fotovoltaica se realizarán mediante caminos catastrales existentes en la zona, algunos de ellos denominados como "Colada Los Pedernales" y "Cañada La Jara". Los accesos se adecuarán convenientemente para dar acceso a la instalación fotovoltaica.

Estos 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.
- 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 un equipo de protección adecuado.

3.7. ORDEN Y LIMPIEZA

Se hará especial hincapié en dicho asunto, debido a la coexistencia de diferentes empresas que han de almacenar y acopiar su propio material. En todo caso, durante los trabajos, se aplicará un programa adecuado de orden y limpieza que tenga en cuenta los siguientes puntos:

- El almacenamiento adecuado de materiales y equipos.
- La evacuación de desperdicios, desechos y escombros a intervalos apropiados.

No se depositarán ni acumularán en la obra materiales sueltos innecesarios que puedan obstruir los medios de acceso y salida de los lugares de trabajo y los lugares de paso.

Cuando un lugar de trabajo o de paso esté resbaladizo debido al hielo, la nieve, el aceite u otras causas, se limpiará o se esparcirá en él arena, serrín, cenizas u otros productos semejantes.

3.8. INSTALACIONES DE OBRA

A continuación, en el capítulo 4 se detallan las instalaciones de obra.

4. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS PROCESOS DE OBRA

El contratista podrá proponer cambios en el proceso productivo justificándolos ante el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución. Lo hará por medio del Plan de Seguridad y Salud que debe elaborar y desarrollando procedimientos en el que se indiquen los riesgos, medidas y protecciones a adoptar.

4.1. INSTALACIONES INICIALES

La primera parte de la obra consiste en una serie de trabajos encaminados a la instalación de los equipos necesarios de obra tales como casetas de vestuarios, comedor, gestión de residuos, etc. y dotarlos de los servicios necesarios tales como agua, luz y teléfono.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de elementos suspendidos durante la colocación de casetas y otros elementos de la obra.
- Caídas de trabajadores a distinto nivel.
- Caídas de trabajadores al mismo nivel.
- Golpes contra objetos.
- Torceduras de extremidades inferiores.
- Atropellos por máquinas o vehículos.
- Vuelcos de maquinaria.
- Riesgo eléctrico por contacto o proximidad de medios auxiliares a líneas eléctricas.
- Electrocuciiones derivadas de la instalación de los equipos eléctricos.
- Desprendimiento de fragmentos, partes, trozos o porciones de roca.
- Ruidos.
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o preventivas:

- La carga y descarga de materiales con grúa, se realizará teniendo en cuenta que ninguna persona permanezca en el radio de acción de la grúa o bajo el recorrido a efectuar por ésta con la carga.
- La grúa será manejada por el gruista y tan solo una persona dará las órdenes necesarias a éste para realizar los movimientos de la carga.
- El gruista es la persona autorizada y responsable de comprobar que los pesos a soportar por la grúa, no excedan de lo permitido en la tabla de características de la misma.
- No se dejarán nunca los aparatos de izar con cargas suspendidas.
- La elevación de la carga se realizará siempre en sentido vertical; en caso contrario, de realizarse arrastre oblicuo, el Jefe del Trabajo será el responsable de tomar todas las medidas de seguridad necesarias antes de la maniobra.

- Los trabajos de replanteo se efectuarán sin la existencia de obstáculos en la zona correspondiente, a fin de evitar caídas y golpes.
- El personal ocupado en esta actividad conocerá el estado físico de la obra en todo momento, y permanecerá atento a cualquier otra actividad que se desarrolle en las cercanías, adoptando las precauciones extraordinarias oportunas.
- Cuando los trabajos de replanteo exijan que el personal ocupe emplazamientos expuestos o peligrosos, se adoptarán las medidas de protección personal necesarias para eliminar el riesgo generado.
- Los trabajos de replanteo que se realicen simultáneamente con operaciones de montaje de instalaciones o con trabajos de obra civil, exigirán que el personal preste especial atención a las posibles interferencias de otras actividades, con el riesgo potencial que éstas entrañan.
- En caso de simultaneidad de tales trabajos con cualesquiera otros, se dispondrá la señalización apropiada en los puntos ocupados por el personal que desarrolle aquellos, a fin de evitar atropellos por máquinas o vehículos. Es obligatorio el uso de chalecos reflectantes.
- Los medios auxiliares, como cintas métricas, miras y jalones, estarán fabricados con materiales dieléctricos, o adecuadamente aislados, cuando la existencia de riesgo eléctrico así lo exija.
- El traslado de los medios auxiliares se realizará adoptando las debidas precauciones para que éstos no se dañen en el transporte y no generen a su vez riesgos a las personas que viajen en los vehículos.
- Cuando el traslado de materiales y objetos deba hacerse manualmente, cada porteador limitará su carga a un peso que le permita mantener sus condiciones personales de seguridad. En ningún caso, las cargas a mano superarán los 25 kg por persona, siendo obligatorio el uso de medios mecánicos para cargas superiores.

Considerando el alto índice de siniestralidad de accidentes por causa de la instalación eléctrica provisional de obra, se seguirán rigurosamente las siguientes medidas preventivas:

De aplicación genérica:

- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.
- La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión.
- Los trabajadores deberán estar debidamente protegidos e informados contra los riesgos de accidente causados por contactos directos o indirectos.
- La instalación eléctrica y los dispositivos de protección deberán tener en cuenta la tensión, los factores externos y ambientales condicionantes y la competencia y formación de las personas que tengan acceso a partes de la instalación, trabajando con tensiones de seguridad donde o cuando sea necesario.

Para protección contra contactos eléctricos directos se tendrán presentes las siguientes medidas:

- Interposición de obstáculos.
- Mantenimiento de la distancia de seguridad a partes activas de las instalaciones.
- Aislamiento efectivo de las partes activas.

Para protección de contactos eléctricos indirectos:

- Interruptor diferencial con puesta a tierra de la instalación.
- La sensibilidad del interruptor diferencial del cuadro general será de 300 miliamperios, siempre que se cumpla que las masas de toda la maquinaria estén puestas a tierra.
- La sensibilidad de los interruptores diferenciales de los cuadros secundarios será de 30 mA.
- La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.
- La puesta a tierra consiste en unir a la masa terrestre un punto de una instalación eléctrica a través de una conexión eléctrica de baja resistencia.

Para los cables:

- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo realizado para la maquinaria e iluminación prevista.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios (o de planta) se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
- El tendido y la disposición de los cables y mangueras se efectuará de forma que no afecte en ningún momento, ni a la seguridad de los trabajadores ni al paso de vehículos.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.
- Los empalmes definitivos se ejecutarán utilizando cajas de empalmes normalizadas y estancas.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico a las distintas instalaciones o zonas de trabajo será colgado a una altura sobre el pavimento en torno a los 2 m para evitar accidentes por agresión a las mangueras por uso a ras de suelo.
- Las mangueras de “alargadera”, por ser provisionales y de corta estancia, pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Las mangueras de “alargadera” provisionales se empalmarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad o fundas aislantes termo retráctiles.

Para los interruptores:

- Se ajustarán expresamente a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D.842/2002, de 2 de agosto, así como sus modificaciones posteriores y a sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIBT asociadas).
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de “peligro, riesgo eléctrico”.
- Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de “pies derechos” estables.

Para los cuadros eléctricos:

- Serán metálicos de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad (con llave), según norma UNE-20324.
- Pese a ser de tipo para intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Poseerán adheridas sobre la puerta una señal normalizada de “peligro, riesgo eléctrico”.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a “pies derechos” firmes.
- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie, en número determinado según el cálculo realizado.

Para las tomas de energía:

- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos) y siempre que sea posible, con enclavamiento. Hacer extensiva esta norma a las tomas del “cuadro general” y “cuadro de distribución”.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- La tensión siempre estará en la clavija “hembra”, nunca en la “macho”, para evitar los contactos eléctricos directos.

Para la protección de los circuitos:

- La instalación poseerá todos aquellos interruptores automáticos que el cálculo defina como necesarios; no obstante, se calcularán siempre aminorando con el fin de que actúen dentro del margen de seguridad, es decir, antes de que el conductor al que protegen llegue a la carga máxima admisible.
- Los interruptores automáticos se instalarán en todas las líneas de toma de corriente de los cuadros de distribución y de alimentación a todas las máquinas, aparatos y máquinas-herramientas de funcionamiento eléctrico.
- Los circuitos generales estarán también protegidos con interruptores.
- La instalación de alumbrado general, para las “instalaciones provisionales de obra y de primeros auxilios”, estará protegida por interruptores automáticos magneto térmicos.
- Toda la maquinaria eléctrica estará protegida por un disyuntor diferencial.
- Todas las líneas estarán protegidas por un disyuntor diferencial.
- Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:
- 300 mA – (según R.E.B.T.). Alimentación a la maquinaria
- 30 mA – (según R.E.B.T.). Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad
- 30 mA – Para las instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil.

Para las tomas de tierra:

- El transformador de la obra será dotado de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- Se instalarán tomas de tierra independientes en los siguientes casos:
- Carriles para estancia o desplazamiento de máquinas (grúas, blondin).
- Carriles para desplazamiento de montacargas o de ascensores.
- La toma de tierra de las máquinas-herramienta que no estén dotadas de doble aislamiento se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.
- Las tomas de tierra calculadas estarán situadas en el terreno de tal forma que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.
- La conductividad del terreno se aumentará vertiendo en el lugar del hincado de la pica (placa o conductor) agua de forma periódica.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos serán independientes eléctricamente.

Tensiones de seguridad:

- Basan su efectividad en la imposibilidad física de que la intensidad que pueda circular por el cuerpo humano sea superior a los límites de seguridad. No será superior a 24 voltios para trabajos en locales considerados como mojados.
- Se obtendrá mediante transformador de seguridad, con salida a esta tensión, que hace innecesario el empleo de otras protecciones.

Doble aislamiento:

- Los útiles y herramientas portátiles, con accionamiento eléctrico a tensiones normales 220/380 V, pueden estar dotados de este tipo de protección. La maquinaria con doble aislamiento, queda regulada por la Norma UNE. 20314.

Instalación eléctrica de la maquinaria:

En cuanto a la distinta maquinaria empleada en la obra y respecto a las condiciones que debe cumplir la instalación eléctrica, la Instrucción específica que:

- La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general accionado a mano, colocado en el circuito principal. Este interruptor deberá estar situado en lugar fácilmente accesible desde el suelo, en el mismo local o recinto en el que esté situado el equipo eléctrico de accionamiento, y será fácilmente identificable mediante un rótulo indeleble.

- Las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o accionamiento, deberán ser dimensionadas de manera que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 por 100.
- Los ascensores, las estructuras de todos los motores, máquinas elevadoras, combinadores y cubiertas metálicas de todos los dispositivos eléctricos en el interior de las cajas o sobre ellas y en el hueco, se conectarán a tierra.
- Las vías de rodamiento de toda grúa estarán unidas a un conductor de protección.
- Los locales, recintos, etc., en los que estén instalados los equipos eléctricos de accionamiento, sólo deberán ser accesibles a personas cualificadas.
- Toda la maquinaria contará con el grado de protección adecuado a trabajos intemperie y a este respecto estarán clasificadas convenientemente y su grado de protección mínimo será IP 45.
- La maquinaria en general de obra en cuanto a sus sistemas eléctricos cumplirá con el Reglamento para Baja Tensión.
- Los pulsadores de accionamiento de marcha y paro estarán suficientemente separados para no confundirlos. El pulsador de parada se distinguirá de los demás y se pintará en color rojo. Estarán protegidos de la lluvia y caída de materiales por sistemas de estanqueidad con protecciones sólidas y material aislante.
- En general los armarios de maniobra independientes para el suministro de energía a estas máquinas y botones de accionamiento tendrán sus puertas cerradas y cajas de conexión protegidas.
- Se vigilará la continuidad de los conductores y de puesta a tierra.
Para el alumbrado:
- La instalación de alumbrado que usualmente se emplea en el interior de la obra deberá conseguir un nivel mínimo de intensidad de iluminación de 100 a 150 lux en zonas de trabajo y de 20 lux en zonas de paso.
- La iluminación de los tajos será siempre la adecuada para realizar los trabajos con seguridad.
- Dichos niveles deberán incrementarse cuando concurren las siguientes circunstancias:
 - En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
 - En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.
- Los puntos fijos de alumbrado se situarán en zonas no accesibles y superficies firmes.
- Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.
- Las lámparas de incandescencia irán protegidas mediante pantallas de protección.
- Las líneas generales de fuerza y derivaciones a puntos de alimentación estarán protegidas mediante interruptores diferenciales de alta sensibilidad y automáticos magnetotérmicos dimensionados para los distintos circuitos. En general, los puntos de luz que estén a la intemperie estarán protegidos contra chorro de agua y su correspondiente grado de protección IP 55.
- La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 v.
- El alumbrado portátil estará alimentado mediante transformador de seguridad a la tensión de 24 voltios. No empleándose casquillos metálicos, y la lámpara estará protegida contra golpes y con grado de protección en torno a la cifra IP 3 como mínimo.
- Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

Para el mantenimiento y reparación de la instalación eléctrica provisional de obra:

- El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, en posesión de carné profesional correspondiente.
- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará “fuera de servicio” mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.
- La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables sólo la efectuarán los electricistas, bajo la autorización de la dirección facultativa.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad anti perforantes.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de goma.
- Gafas de protección contra impactos.
- Arnés anti-caídas homologado en situaciones de riesgo de caída.
- Los soldadores emplearán guantes, mandiles de cuero, pantallas de soldador, gafas y botas con polainas.
- Las personas destinadas al montaje de la instalación eléctrica emplearán herramientas, guantes y calzado, aislantes.
- Alfombrillas, pértigas, tele detectores.
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola de clavadura y de compresores.
- Calzado antideslizante en pisos metálicos o sobre superficies poco adherentes.

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cono de señalización.
- Jalones de señalización.
- Baliza luminosa para señalización nocturna.

- Pintura de microesferas para señalización horizontal provisional.
- Valla metálica autónoma para contención de peatones.
- Protecciones para trabajos eléctricos.

4.2. REPLANTEO

Este punto comprende todos los trabajos topográficos de campo, tanto planimétricos como altimétricos y de señalización, necesarios para representar de forma clara, sobre el terreno, el espacio a ocupar en planta y en alzado el conjunto de la obra, así como por todas y cada una de sus partes constitutivas, en las diferentes fases de construcción.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Caída de objetos en manipulación.
- Vuelco de maquinaria.
- Accidente durante el desplazamiento como peatón o pasajero.
- Contactos eléctrico directos e indirectos.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Accidente por sustancias nocivas o tóxicas.
- Sobreesfuerzos.
- Temperaturas ambientales extremas.
- Accidentes causados por seres vivos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras o consignas preventivas:

- Realizar los trabajos de replanteo sin la presencia de obstáculos en la zona correspondiente.
- El personal de replanteo permanecerá atento a cualquier otra actividad que se desarrolle en las cercanías evitando posibles interferencias con dichas actividades.
- En caso de simultaneidad con otros trabajos, se dispondrá la señalización adecuada en los puntos ocupados por el personal que realice los replanteos. Si fuese necesario, se utilizará ropa de protección de alta visibilidad (chalecos reflectantes).
- Los medios auxiliares, como cintas métricas, miras y jalones, estarán fabricados con materiales dieléctricos o adecuadamente aislados cuando la existencia de riesgo eléctrico así lo exija.
- El traslado y almacenamiento de los medios auxiliares se realizará conforme a las consignas preventivas indicadas en los apartados “Manipulación manual de cargas” y “Carga transporte y descarga”.

- Durante el clavado de estacas o clavos mediante mazas o martillos, hacer uso de guantes de protección contra riesgos mecánicos y gafas de protección.

Equipos de protección individual:

- Calzado de protección básico (resistente y con puntera resistente a impactos) con resistencia a la perforación (requisitos mínimos).
- Ropa de protección de alta visibilidad (chalecos reflectantes).
- Casco de seguridad.
- Gafas de protección.

Protecciones colectivas:

- Señalización homologada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento o cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Conos y jalones de señalización.

4.3. DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO

Operación consistente en la retirada de la primera capa de tierra vegetal, así como el talado de árboles y su retirada.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Pisadas sobre objetos.
- Exposición a ambientes pulvígenos.
- Exposición al ruido.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos por vuelcos de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Accidentes causados por seres vivos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras o consignas preventivas:

- El personal interviniente conocerá y observará las normas específicas para este tipo de trabajo, usando calzado adecuado (bota de agua) con piso no desgastado.
- Se reconocerá el terreno y reflejarán sus incidencias, poniendo atención a materiales abandonados.
- Se prohibirá la permanencia del personal en las proximidades de la maquinaria durante su trabajo.
- Toda máquina o vehículo estará dotado de pórtico antivuelco.
- Los obstáculos enterrados, tales como líneas eléctricas y conducciones peligrosas, deben estar perfectamente señalizados en toda la longitud afectada.
- Se rastrillará periódicamente con la pala el barro que se vaya acumulando.
- El material de origen vegetal se irá depositando en montones, de forma que se facilite su posterior carga.
- Se definirán vías para el paso de vehículos en la retirada del material.
- La existencia de pequeños taludes debe ser señalizada tanto para la identificación por parte de los conductores de vehículos como por peatones.
- Todas las maderas que puedan estar abandonadas o ser procedentes de operaciones anteriores, deberán ser eliminadas retirándolas.
- Antes de entrar personal en la obra, se aconseja que la maquinaria pesada efectúe algunas pasadas, o se emitan algunos ruidos, con el fin de ahuyentar a animales en la zona.
- Si hay que talar árboles se pondrá especial atención a su caída natural, procediendo siempre a efectuar la correspondiente entalladura.
- En la operación de desramado del árbol, Una vez derribado, se considerarán los posibles giros del tronco, así como los latigazos por ramas que hayan quedado en una posición forzada.
- La motosierra será utilizada sólo y exclusivamente por trabajadores autorizados y formados al respecto.
- Se mantendrá la cadena de la motosierra perfectamente afilada y tensada.
- Será obligatorio la presencia de un recurso preventivo para ejecutar estos trabajos.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad contra choques e impactos.
- Gafas de protección contra proyección de partículas.
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero.

- Arnés anti-caídas.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

Protecciones colectivas:

- Señalización homologada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento o cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Conos y jalones de señalización.

4.4. MOVIMIENTO DE TIERRAS EN GENERAL

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Atrapamientos por vuelco de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Exposición a ambientes pulvígenos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Todo el personal que maneje los camiones, dúmper, etc., será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.
- Todos los vehículos empleados para las operaciones de relleno serán dotados de bocina automática de marcha atrás.
- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar polvaredas. (especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles o carreteras).

- Se evitará la acumulación de materiales u otros objetos pesados junto al borde las zanjas, y en caso inevitable, se tomarán las precauciones que impidan el derrumbamiento de las paredes.
- Se cumplirá la prohibición de presencia de personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por el encargado.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma a tierra en las que se instalarán proyectores a intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- En las labores en las que el maquinista necesite ayuda, ésta será prestada por otro operario. Este último irá protegido contra los ambientes pulvígenos por medio de una mascarilla para la protección de las vías respiratorias, con posibilidad de disponer inmediatamente de más en caso de que se le ensucie, y con gafas contra partículas en suspensión, que además sirvan contra impactos.
- Si los rellenos tuvieran que terminarse manualmente, los operarios, además contarán con cinturones de banda ancha de cuero que les protejan las vértebras dorsolumbares de los movimientos repetitivos o excesivamente pesados.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para ejecutar estos trabajos.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad contra choques e impactos.
- Gafas de protección contra proyección de partículas.
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Arnés anti-caídas de sujeción, cuerdas o cables salvavidas con puntos de amarre establecidos previamente.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

Protecciones colectivas:

- Se colocará una valla perimetral para delimitar las zonas de trabajo, así como para indicar los accesos a la obra, tanto para vehículos y maquinaria como para los camiones.
- Establecer zonas de paso independientes unas de otras (peatones y vehículos).
- Limpieza de la obra, fundamentalmente en zonas de tránsito de personas y camiones.
- Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria.
- Se considerará una zona de 5 m alrededor de la máquina como zona de peligrosidad.
- Adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Delimitación del vaciado, mediante malla de seguridad y pies derechos.
- Acopio de madera y elementos auxiliares de enlaces por si fuera necesario apuntalar o entibar.
- Señalización de tráfico de máquinas y camiones.
- Colocación de vallas de tráfico, si es necesario, para facilitar la salida de vehículos de la obra.
- Se establecerán plataformas de paso (ancho mínimo 0,60 m) con barandillas para tránsito de operarios sobre zanjas y zapatas.
- No apilar materiales en las zonas de tránsito.
- Redes o telas metálicas de protección para desprendimientos localizados.
- Cinta de balizamiento.
- Barandillas de protección.
- Señales acústicas o luminosas de aviso en maquinaria.
- Riego de la zona donde los trabajos generen polvo.

4.5. EXCAVACIONES DE ZANJAS Y VARIAS

La excavación, como norma general, se realizará por medios mecánicos.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de materiales desde el cazo de las palas o desde la caja de los vehículos.
- Caídas al mismo nivel por la existencia de restos de escombros u otros objetos, por resbalones en pisos deslizantes a causa de filtraciones y fugas de agua, restos de lechada, derrames, etc.
- Caída de materiales, herramientas u otros objetos sobre operarios situados a nivel inferior.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel desde máquinas o vehículos en movimiento.
- Caídas a distinto nivel al subir o descender de máquinas o vehículos.
- Desprendimientos de tierra y/o rocas por filtraciones acuosas.
- Desprendimientos de tierra y/o rocas por vibraciones cercanas, (paso próximo de vehículos, uso de martillos rompedores, etc.)
- Desprendimiento de tierras y/o rocas por fallos de las entibaciones.
- Desprendimientos de tierras y/o rocas en excavaciones bajo nivel freático.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamientos entre maquinaria y obstáculos fijos.
- Atropellos por máquinas o vehículos.
- Colisiones de máquinas y vehículos.
- Vuelcos de máquinas y vehículos.
- Atropellos, colisiones o vuelcos por limitación de la visibilidad a consecuencia del exceso de polvo.
- Incidentes de circulación interna, (embarramientos) debidos al mal estado de las pistas de acceso o circulación.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Interferencias con conducciones enterradas.
- Neumoconiosis, o silicosis, contraída por permanencia en atmósfera pulverulenta.
- Pérdida de capacidad auditiva, ocasionada por ruidos de máquinas y vehículos.
- Lesiones abdominales, producidas por vibraciones de máquinas o vehículos.
- Traumatismos y lesiones de diversa gravedad.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Reumatismos, originados por permanencia en lugares anegados o con alto contenido de humedad.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.
- El frente y paramentos verticales de una excavación deben ser inspeccionados siempre, al iniciar (o dejar) los trabajos, por el Capataz o Encargado, que señalará los puntos que deben tocarse antes del inicio (o cese) de las tareas.
- El saneo (de tierras o rocas) mediante palanca (o pértiga), se ejecutará sujeto mediante arnés anti-caídas amarrado a un “punto fuerte” (construido expresamente, o del medio natural: árbol, gran roca, etc.).
- Se señalizará mediante una línea (yeso, cal, cinta de señalización, etc.) la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de una excavación (mínimo 2 m como norma general).
- El acceso o aproximación a distancias inferiores a 2 m del borde de coronación de un talud sin proteger se realizará sujeto con un arnés anti-caídas.
- Se detendrá cualquier trabajo al pie de un talud, si no reúne las debidas condiciones de estabilidad definidas por la Dirección Facultativa.
- Se han de utilizar testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga riesgo de desprendimientos, recubriendo el talud con lechada de cemento gunitada o bombeada, que al fisurarse avise de la formación de grietas en el terreno del talud.
- Redes tensas (o mallazo electrosoldado, según cálculo) situadas sobre los taludes, firmemente recibidas, actuarán también como “avisadores” al llamar la atención por embolsamientos (que son inicios de desprendimientos). Las redes deberán solapar un mínimo de 2 m para que este método sea eficaz.
- Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto antes de haber procedido a su saneo, etc.
- Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por personal experto.
- Se conservarán los caminos de circulación interna, cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.
- Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en previsión de accidentes.
- Podrá rociarse mediante camión cuba los caminos de circulación de vehículos y/o maquinaria móvil para evitar la formación de polvo. Esto se efectuará al inicio y a media jornada.
- En caso de subcontratarse el movimiento de tierras, el subcontratista se responsabilizará de tomar las prevenciones antedichas, sin menoscabo de la responsabilidad del contratista o constructor, que vigilará él personalmente o en quien delegue, por el cumplimiento de este Estudio de Seguridad y Salud.

- En todo caso, el manejo de maquinaria de cualquier tipo será siempre por personal cualificado, con el consiguiente permiso, certificado de aptitud o categoría profesional adecuada. En particular, se tendrá un especial rigor en la conservación de la maquinaria mediante revisiones periódicas, por técnicos cualificados que extenderán el correspondiente certificado de revisión, mensualmente al menos.
- El entorno de trabajo de las máquinas se acotará mediante banderolas, prohibiéndose trabajar o permanecer observando, dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- Iluminación suficiente. Las líneas de conducción de energía eléctrica estarán perfectamente sujetas y aisladas de tierra.
- Los camiones irán provistos de una visera, a modo de voladizo sobre la cabina del conductor, que proteja esta de posibles caídas del escombros. De esta manera se evita que el camionero deba abandonar la cabina durante las maniobras de carga.
- Los camiones y palas estarán dotados de dispositivos ópticos y acústicos, sincronizados con la marcha atrás que sirvan de aviso para el momento en que se realizan estas operaciones.
- No se cargarán excesivamente los camiones para evitar que, en el recorrido hasta el lugar de descargo, pueda caer material que alcance al personal o dificulte la circulación por esa zona.
- Para la carga y transporte de materiales, se utilizarán motopalas sobre ruedas y orugas, que depositarán el material sobre dúmper.
- Durante los trabajos pueden aparecer elementos arquitectónicos o arqueológicos y/o artísticos ignorados, de cuya presencia debe darse cuenta al Ayuntamiento y suspender cautelarmente los trabajos en esa área de la obra.
- Los artefactos o ingenios bélicos que pudieran asimismo aparecer, deberán ponerse en conocimiento de la Comandancia más próxima de la Guardia Civil.

Apertura de zanjas:

- Se realizarán de acuerdo al estudio geotécnico del proyecto, donde deberán venir definidos los anchos de excavación superior e inferior, los taludes y las bermas si fueran necesarias.
- Antes del inicio de los trabajos se hará un estudio del terreno, así como de las posibles conducciones de agua, gas, electricidad u otro tipo. De existir, se tendrán en cuenta lo establecido en el capítulo correspondiente de este Estudio de Seguridad y Salud.
- El personal que debe trabajar en esta obra en el interior de las zanjas, conocerá los riesgos a los que puede estar sometido.
- Nunca efectuarán estos trabajos operarios en solitario.
- Las zonas de trabajo deberán permanecer siempre limpias y ordenadas.
- Las tierras procedentes de excavación, así como los acopios de materiales, se situarán a distancia no menor de 2 m del borde de la misma.
- Se entibará siempre que exista peligro de derrumbamiento, según prevea el estudio geológico del proyecto.
- Si se interrumpen los trabajos, antes de reanudarse de nuevo se revisarán las entibaciones.

- La operación de quitar la entibación es muy peligrosa puesto que pueden producirse derrumbamientos.
- El acceso a zanjas y pozos se hará por escaleras, que sobresaldrán 1 metro como mínimo por encima de la excavación, cuando la longitud de la zanja lo requiera se colocarán escaleras cada 20 m o incluso más próximas si la zanja es profunda, teniendo en cuenta que en estos casos se deberá disponer siempre de dos zonas de acceso o evacuación.
- Si existiese rampa de acceso esta se considerará también recorrido de salida y evacuación
- Si la zanja o pozo tiene una profundidad menor de 2 m se balizará el perímetro en su borde, con malla naranja y redondos clavados en el terreno.
- Si la zanja o el pozo tienen una profundidad igual o mayor de 2 m se podrá balizar, si el balizamiento se puede colocar como mínimo a 1,5 m de borde de la excavación, evitando así el riesgo de caída. Si no existe esta distancia de seguridad, serán necesario proteger mediante barandilla resistente de 0.9 m de altura, barra intermedia y rodapié.
- Si fuera necesario que los trabajadores pasasen sobre la zanja, se colocará una pasarela protegida por barandilla.
- Si fuera necesario que transitase maquinaria sobre la zanja, se procurará que el tránsito se realice por una zona de la zanja que pueda rellenarse, y bien se compactarán las tierras para que puedan soportar las cargas o se colocarán chapones suficientemente resistentes.
- Los tubos para las conducciones se acopiarán en una superficie lo más horizontal posible sobre durmientes de madera, que impidan que estos deslicen o rueden.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, la alimentación de las lámparas se efectuará a 24 v. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasa-mango aislados eléctricamente.
- Revisiones:
 - Las propias de la maquinaria y medios auxiliares.
 - Del estado del terreno en excavación.
- Se estudiarán las condiciones del suelo y si ha sido alterado de alguna forma, antes de la excavación.
- Se revisará el estado de cortes o taludes a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes exógenos por la proximidad de instalaciones de servicio público, carretera con tráfico y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras, así como la proximidad de arroyos, alcantarillas antiguas, cables enterrados, etc.
- Mientras se excava, se observará la zanja:
 - Si cambian las condiciones del suelo, especialmente después de haber llovido.
 - Las condiciones de entibaciones o apuntalamiento y si es adecuado según avanza la obra.
 - La manera de entrar o salir de la excavación.
 - Cambios en el movimiento de vehículos: se mantendrán los camiones lejos de los taludes de la excavación.

Equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (lo utilizarán, aparte del personal a pie, los maquinistas y camioneros que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).
- Botas de seguridad impermeables en terrenos mojados.
- Calzado antideslizante para operadores de maquinaria y en trabajos sobre superficies poco adherentes.
- Calzado dieléctrico para los operarios situados en la cercanía de las bombas de achique, u otras instalaciones eléctricas.
- Trajes impermeables.
- Mascarillas anti-polvo con filtro mecánico recambiable, (o bien mascarillas de un sólo uso).
- Arnés anti-caídas de sujeción o caída para operarios en plataformas de trabajo.
- Cinturón anti-vibratorio (en especial para los conductores de maquinaria para el movimiento de tierras).
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Gafas anti-polvo.
- Pantallas de protección contra posibles impactos.
- Protectores auditivos para operadores de maquinaria u operarios que trabajen en su proximidad y de uso general en voladuras.

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cono de señalización.
- Baliza luminosa para señalización nocturna.
- Red tupida sobre carga de camión contra desprendimiento de polvo.
- Señal normalizada de tráfico de prohibición, obligación o advertencia, incluso soporte correspondiente.
- Valla metálica normalizada de desviación de tráfico.
- Riego anti-polvo mediante camión.
- Pórtico de limitación de galibo.
- Señal normalizada de punto de extintor.
- Extintor de polvo polivalente.

4.6. RELLENOS DE TIERRAS Y ROCAS

Riesgos asociados a la actividad:

- Siniestros de vehículos por exceso de carga o mal mantenimiento.
- Caída de material desde cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas o carrocerías de los vehículos.
- Interferencias entre vehículos por falta de dirección o señalización en las maniobras.
- Atropello de personas.
- Vuelcos de vehículos.
- Accidentes por conducción en ambiente pulverulento de poca visibilidad.
- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados, sobre barrizales.
- Vibraciones
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes, cortes, pisadas sobre objetos.
- Desprendimientos, desplome, derrumbe.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido

Normas de seguridad y medidas preventivas

- Medidas correctoras y/o preventivas:
- Todo el personal que maneje camiones, dumpers, etc., será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos serán revisados periódicamente en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejadas las revisiones en el libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible. Todos los vehículos de transporte de material empleados especificarán la "Tara" y la "Carga Máxima".
- Cada equipo de carga para rellenos será dirigido por un jefe de equipo que coordinará las maniobras.
- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.
- Se analizarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.
- Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por una persona que señalará la maniobra al conductor.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio inferior a los 5m en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento. (la visibilidad del maquinista es inferior a la deseable dentro del entorno señalado).
- Todos los vehículos empleados en esta obra para las operaciones de relleno y compactación serán dotados de bocina automática de marcha hacia atrás.
- Se señalarán los accesos a la vía pública, mediante señales normalizadas de “peligro indefinido”, “salida de camiones” y “STOP”.
- Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.
- Los vehículos utilizados estarán dotados de la póliza de seguro con responsabilidad civil ilimitada.
- Se establecerán a lo largo de la obra los letreros divulgativos y señalización de los riesgos propios de este tipo de trabajos.
- Los conductores de cualquier vehículo provisto de cabina cerrada, quedan obligados a utilizar el casco de seguridad para abandonar la cabina en el interior de la obra.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Gafas de protección.
- Botas impermeables.
- Mascarillas anti-polvo.
- Guantes de trabajo.
- Cinturón anti-vibratorio.
- Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas:

- Correcta señalización de las áreas de trabajo y vías de circulación (cinta de señalización, señalización normalizada, etc.).
- Protección mediante barandillas de zanjas y excavaciones.
- Topes de limitación de recorrido para camiones y maquinaria de obra.
- Señalización luminosa y acústica de la maquinaria.
- Ordenación del tráfico.
- Orden y limpieza de la zona de obra.
- Iluminación adecuada de las zonas de obra

4.7. COMPACTACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE TERRENOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Vuelco de maquinaria.
- Proyecciones de objetos y partículas.
- Caída de objetos.
- Desprendimientos.
- Golpes y cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Polvo.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se debe determinar y fijar el tipo de desnivel más adecuado y medidas adicionales de contención de los terrenos, si fuera necesario.
- Previamente a las labores de consolidación y compactación del terreno, se habrán neutralizado o protegido las acometidas de las instalaciones de acuerdo con las compañías suministradoras. Se obturará el alcantarillado y se comprobará si se han vaciado todos los depósitos y tuberías de antiguas construcciones.
- En el perímetro de las zonas de trabajo, siempre que sea previsible el paso de peatones o vehículos, se dispondrán vallas que acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.
- Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas.
- Siempre que exista la posibilidad de caída de altura de personal que realice tareas a más de 2 m de altura, deberán utilizar arnés de seguridad amarrado a punto sólido.
- No se suprimirán los elementos atirantados o de arriostramiento en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

- Se procederá al apuntalamiento o refuerzo de los elementos verticales o masas rocosas que eventualmente durante alguna parte de la operación de saneo y retirada, amenacen con equilibrio inestable.
- La aparición de depósitos o canalizaciones enterradas deben ser puesto en conocimiento inmediato de la Dirección Facultativa para que se adopten las medidas oportunas en cuanto a la ejecución de los trabajos.
- Se dará a los taludes ángulos iguales a los observados para el mismo terreno en sus inmediaciones, siempre que no existan corrientes de agua que puedan socavar el talud a crear.
- Se evitará amontonar productos procedentes de la excavación en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden llegar a arruinar el talud.
- Siempre que sea posible, se seguirá la buena técnica de crear bermas en taludes de alturas de más de 1,50 m.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Guantes de cuero.
- Mono de trabajo.
- Trajes de agua.
- Mascarilla anti-polvo.
- Gafas de protección.
- Cinturón anti-vibraciones.
- Arnés anti-caídas.

Protecciones colectivas:

- Correcta señalización y balizamiento de las áreas de trabajo y vías de circulación (cinta de señalización, señalización normalizada, etc.).
- Protección mediante barandillas de zanjas y excavaciones.
- Señalización luminosa y acústica de la maquinaria.
- Ordenación del tráfico.
- Perfecto orden y limpieza de la zona de obra.
- Accesos y zonas de paso para el personal
- Iluminación adecuada de la zona de obra.

4.8. CIMENTACIONES

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas a distinto nivel, en zapatas y desniveles creados del propio movimiento de tierras.
- Caídas al mismo nivel.
- Riesgos derivados de la circulación de los distintos vehículos o maquinaria en general (atropellos, choques o colisiones).
- Heridas punzantes, causadas por las armaduras.
- Caídas de objetos desde la maquinaria.
- Cortes ocasionados por máquinas de disco (mesas de sierra circular).
- Generación de polvo o materias nocivas para la salud.
- Hundimientos.
- Vuelco de maquinaria.
- Dermatitis por contactos con el hormigón.
- Desplomes de las paredes y atrapamientos.
- Ruido puntual y ambiental.
- Vibraciones por manejo de la aguja vibrante.
- Electrocutión.
- Sobreesfuerzos.
- Atrapamientos entre elementos de máquinas o diverso material.
- Proyección de partículas.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- La realización de los distintos trabajos se hará con personal cualificado y expresamente autorizado por la jefatura de obra. En concreto, el personal encofrador, acreditará a su contratación ser “carpintero encofrador” con experiencia.
- Se dispondrá una clara delimitación de las áreas para acopio de tubos, paneles, armaduras, etc. Y un máximo de orden en los trabajos.
- Los pozos de cimentación estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- Las armaduras metálicas, para su colocación en muros, se suspenderán verticalmente mediante cables, por medio de grúa y se dirigirán con cuerdas por la parte inferior.
- En el izado de tubos y ferralla se prohíbe la permanencia de personal en el radio de acción de la máquina.

- Las armaduras, antes de su colocación, estarán totalmente terminadas, eliminándose así el acceso del personal a pozos. Las esperas tendrán protectores en “seta”.
- Antes del inicio del hormigonado, se deberá revisar el buen estado de seguridad de las entibaciones de contención. El recorrido del camión hormigonera será determinado mediante un operario señalista o bien se dispondrán topes.
- El embudo de vertido del hormigón se orientará para la introducción en el pozo, durante las operaciones de cuelgue vertical, mediante sogas atadas a su extremo libre. Nunca con las manos.
- La introducción del embudo se hará evitando el choque contra las armaduras instaladas dentro del pozo.
- La extracción del embudo una vez concluido el vertido del hormigón, se realizará lentamente una vez alejado del lugar el personal y el camión hormigonera.
- Mantenimiento en el mejor estado posible de limpieza de la zona de trabajo, habilitando para el personal caminos de acceso a cada tipo.
- Los trabajadores que utilicen la máquina de bombeo estarán debidamente autorizados y la limpieza de la bomba se realizará por personal especializado.
- Se recogerán los materiales y herramientas de trabajo una vez finalizada la jornada laboral de forma ordenada. Colocar el cableado lejos de las zonas de paso de los trabajadores de forma que no sea pisado por éstos. Las mangueras de conexión al cuadro eléctrico han de estar protegidas cuando discurren por zonas de paso, bien enterrándolas bien elevándolas 2,5 m al paso de las personas o a 5 m en el caso del paso de vehículos.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra. Si se requiere iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo el buen estado de todas las conexiones y cables.

Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para ejecutar estos trabajos.

Ejecución de losa de cimentación:

- Los fondos de excavación, así como las paredes estarán limpios, sin materiales sueltos.
- Las armaduras estarán ferralladas en taller.
- Se colocarán los separadores de las armaduras sobre el fondo y paredes de la excavación.
- Los arranques de los pilares se sujetarán para evitar su desplazamiento al verter el hormigón mediante tabloncillos de madera o perfiles metálicos.
- El hormigonado se realizará mediante canaletas para evitar que el hormigón se segregue y lo iremos vibrando tal y como se vaya hormigonando.
- Tratar con precaución, a la hora de la reanudación del hormigonado, la junta entre losa y soporte.
- Se hará coincidir juntas de retracción con juntas de hormigonado.

- No acopiar materiales ni permitir el paso de vehículos al borde de los pozos y zanjas de cimentación.
- Procurar introducir la ferralla totalmente elaborada en el interior de las zapatas para no realizar las operaciones de atado en su interior.
- Los vibradores eléctricos estarán conectados a tierra.
- Se revisará el estado del vibrador eléctrico antes de cada hormigonado.
- Para las operaciones de hormigonado y vibrado desde posiciones sobre la zapata se establecerán plataformas de trabajo móviles, formadas por un mínimo de tres tablonos que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zapata.
- Se prohibirá la circulación bajo cargas suspendidas.
- Se acotarán las zonas de trabajo para evitar caídas en los pozos abiertos y no hormigonados.
- Se realizará el transporte de armaduras mediante eslingas enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad.
- Se colocarán protectores en las puntas de las armaduras salientes.
- Se tratará con precaución, a la hora de la reanudación de hormigonado, la junta entre losa y soporte.
- Los propios del sistema elegido para el hormigonado:

Hormigonado mediante canaleta:

- La maniobra de vertido será dirigida por un encargado que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.
- Se habilitarán “puntos de permanencia” seguros; intermedios, en aquellas situaciones de vertido a media ladera.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a “puntos sólidos” en el que enganchar el mosquetón del arnés anti-caídas en los tajos con riesgo de caída desde altura.
- Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación protegiendo el tajo de guía de la canaleta.
- Se colocarán topes de final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.
- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m (como norma general) del borde de la excavación.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- Se tendrá especial precaución para desplegar la canaleta del camión en evitación de posibles enganchadas de los dedos de la mano.

Hormigonado mediante cubilote:

- Antes del inicio del vertido del hormigón, el encargado revisará el buen estado de la seguridad de los encofrados, en prevención de accidentes por reventones o derrames.
- Durante el vertido del hormigón o en fases de trabajo en que se produzcan localizaciones de cargas en puntos de la estructura en construcción, se distribuirán convenientemente éstas, teniendo en cuenta la resistencia de la estructura.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Se esmerará el orden y limpieza durante esta fase. El barrido de puntas, clavos y restos de madera y de aserrín será diario.
- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- Se señalizará mediante trazas en el suelo, (o “cuerda de banderolas”) las zonas batidas por el cubo.
- Se señalizará mediante una traza horizontal, ejecutada con pintura en color amarillo, el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.
- Se vigilará el buen comportamiento de los encofrados durante el vertido del hormigón, paralizándolo en el momento que se detecten fallos. No se reanudará el vertido hasta restablecer la estabilidad mermada.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado en todo momento.
- Guantes de cuero, para el manejo de juntas de hormigonado, ferralla, etc.
- Trajes de agua.
- Ropa de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Mascarilla anti-polvo, con filtro mecánico recambiable.
- Muñequeras elásticas anti-vibraciones.
- Botas de seguridad con puntera de acero.
- Mandil y manguitos impermeables.
- Guantes - de cuero - de goma o PVC - impermeables.
- Gafas de protección.
- Pantalla anti-proyección.
- Protectores auditivos.
- Sistemas de protección anti-caídas con arnés y elementos de amarre con absorbedor de energía (para operarios en emplazamientos expuestos).

Protecciones colectivas:

- Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria. (mínimo 2 m a borde de la zapata).
- Habilitar caminos de acceso a los tajos, estableciéndose pasarelas de 0,60 m. De ancho y barandillas de 0,90 m. Las circulaciones de trabajo y vías de emergencia, mantendrán su continuidad mediante las citadas pasarelas.
- Los vibradores estarán provistos de toma de tierra.
- Organización interna y señalización.
- Adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Protección de zapatas mediante barandilla resistente con rodapié, siempre que la altura de éstas sea superior a 2,00 m y topes en el camino de camiones.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas
- Marquesinas de protección.

4.9. AGOTAMIENTO

El agotamiento tiene por objeto eliminar el agua existente en determinados puntos de la obra para poder trabajar en seco en ellos.

El agotamiento se realizará, normalmente, canalizando las aguas hacia un punto más bajo, donde se instale una bomba adecuada que permita elevar y evacuar las aguas.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas al mismo nivel por resbalones en pisos deslizantes a causa de filtraciones y fugas de agua.
- Caídas a distinto nivel.
- Los derivados de la afloración de caudales importantes de agua.
- Riesgo eléctrico por contacto con bombas de achique, líneas alimentadoras de las mismas u otras instalaciones eléctricas.
- Reumatismos, originados por permanencia en lugares anegados o con alto contenido de humedad.
- Vuelco de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Las aguas empleadas en perforación, así como cualquier otra que se aporte superficialmente, se canalizarán mediante cunetas de desagüe o tuberías de drenaje a zonas que no sean de trabajo o de tránsito, a fin de mantener el piso en las mejores condiciones posibles.

- En caso de que el caudal de agua resultante no pueda evacuarse por gravedad, parcial o totalmente, se dispondrá la instalación de bombeo necesaria para garantizar con total seguridad su evacuación.
- Los pozos de achique de agua serán vigilados durante toda la jornada de trabajo a criterio de la dirección facultativa o coordinador de seguridad.

Equipos de protección individual:

- Botas de seguridad impermeables en terrenos mojados.
- Calzado antideslizante para operadores de maquinaria y en trabajos sobre superficies poco adherentes.
- Calzado dieléctrico para los operarios situados en las cercanías de las bombas de achique, u otras instalaciones eléctricas.
- Trajes impermeables.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Gafas de protección.
- Ropa de protección de alta visibilidad (chaleco reflectante).

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cono de señalización.
- Baliza luminosa para señalización nocturna.
- Señal normalizada de tráfico de prohibición, obligación o advertencia, incluso soporte correspondiente.
- Valla metálica normalizada.

4.10. COLOCACIÓN DE TUBERÍAS EN EL INTERIOR DE LA ZANJA

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Golpes y cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Atrapamientos.
- Vuelco de maquinaria.
- Caída de objetos y materiales.
- Los propios de la maquinaria y medios auxiliares a utilizar.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se tendrá en cuenta las recomendaciones dadas en los capítulos de manipulación manual de cargas o manipulación de cargas por medios mecánicos.
- Los trabajadores estarán especializados en la ejecución de este tipo de trabajos. Elegirán los ganchos y eslingas adecuadas según el tipo de tubería y el peso de la misma en cada momento.
- Asegurarán los puntos de enganche antes de comenzar a mover los tubos. Comprobando que la sujeción sea suficiente para evitar que se puedan caer o desplazar los tubos durante su manipulación.
- No se desplazarán cargas sobre los trabajadores.
- No se desembridarán los elementos de amarre hasta que no estén debidamente colocados y sujetos los tubos.
- Si se tienen que acopiar en zona próxima a una excavación se deberá dejar una distancia de seguridad al borde. Se impedirá el posible deslizamiento o rodadura de los elementos acopiados, colocando si fuera necesario topes mediante elementos (tablones, redondos, elementos metálicos, etc.) anclados en el terreno.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas antiproyecciones.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma en ambientes húmedos.
- Ropa de trabajo.
- Traje impermeable en tiempo lluvioso.
- Chaleco reflectante.

4.11. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Riesgos asociados a la actividad:

- Desprendimiento por mal apilado de la madera.
- Golpes en la mano durante la clavazón.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de madera al vacío durante el encofrado.
- Vuelco de paquetes de madera.
- Cortes en extremidades por uso indebido de la sierra.
- Vuelco de elementos de encofrado durante su colocación.

- Pinchaduras ocasionadas por clavos y astillas de madera.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Vuelco de maquinaria.
- Electrocutación.
- Sobreesfuerzos.
- Atrapamientos.
- Golpes en general por objetos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o consignas preventivas:

- Los encofrados podrán ser de madera, metálicos, de productos aglomerados o de otros materiales cuya deformidad sea moderada, uniforme y controlable.
- Tanto los encofrados como las uniones de sus distintos elementos, resistirán, sin deformaciones superiores a las tolerables, sobrecargas y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de la construcción y las debidas a la compactación del hormigón, hasta el momento del desencofrado o descimbrado.
- Los encofrados se proyectarán de modo que en ningún momento las deformaciones locales sobrepasen los tres milímetros (0,003 m) ni los movimientos del conjunto sean superiores a la milésima de la luz (L/1000).
- Los encofrados deberán limpiarse y humedecerse antes de comenzar la colocación del hormigón. Se dispondrán de aberturas o portillos en los fondos de los encofrados para facilitar su limpieza.
- Prohibición de encofrar sin haber cubierto el riesgo eventual de caída desde altura (instalación o rectificación de las redes o instalación de barandillas).
- Como norma general, no se puede pisar sobre la ferralla armada ya colocada, sino sobre tableros o similares destinados a tales efectos.
- Los elementos de encofrado se acopiarán de forma ordenada, atendiendo a su momento de utilización, sin que produzcan obstrucciones en el paso.
- Todas las puntas que sobresalgan de cualquier elemento de madera para encofrados, se arrancarán o doblarán tan pronto como queden en esa situación.
- Los elementos de encofrado se revisarán antes de su uso, a fin de comprobar que su estado ofrece garantía para soportar las solicitaciones producidas por el hormigón fresco, y que no tienen alguna parte desprendida capaz de ocasionar enganchones y pinchaduras.
- Los armazones de los paneles verticales, o cualquier otro elemento estructural, del encofrado, no se utilizarán ocasionalmente como plataformas de trabajo o como escaleras de mano. Previamente a la colocación de aquellos, es necesario el montaje de éstas en los emplazamientos correctos.
- El ascenso o descenso del personal se efectuará a través de escaleras reglamentarias.
- Se instalarán listones sobre los fondos de madera para permitir un tránsito más seguro.

- Instalación de barandillas reglamentarias en los frentes de las losas horizontales, impidiendo así la caída de personas, en el caso de que exista riesgo de caída en altura (más de 2 m).
- Los clavos o puntas existentes en la madera se extraerán o remacharán.
- Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.
- Una vez concluido el tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará en lugar conocido hasta su retirada.
- El desencofrado se realizará con la ayuda de uñas metálicas desde el lado en que no puede desprenderse la madera.
- Se prohíbe hacer fuego.
- El personal encofrador acreditará a su contratación ser “carpintero encofrador” con la suficiente experiencia como para desarrollar su trabajo.
- Antes del vertido del hormigón se comprobará la estabilidad del conjunto.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos en la ejecución de estos trabajos.

Normas particulares para encofrado con elementos de madera con apuntalamiento.

- El manejo de los encofrados se realizará utilizando los medios apropiados de elevación y transporte, y asegurando aquellos de manera firme, antes de proceder a soltarlos de las grúas.
- Los operarios se situarán en lugares resguardados, antes de soltar los elementos de encofrado de la maquinaria de elevación y transporte.

Normas particulares para encofrado con elementos metálicos con apuntalamiento.

- Se tendrán en cuenta las normas particulares para encofrado con elementos de madera con apuntalamiento.
- Cuando existan conducciones eléctricas próximas a la actividad, se adoptarán especiales precauciones para no establecer contactos con dichas líneas; y cuando se estime necesario se conectarán a tierra los elementos de encofrado.

Equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (con barbuquejo).
- Calzado de seguridad.
- Arnés anti-caídas cuando se realicen trabajos a más de 2 m de altura.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad anti-proyecciones.
- Botas de goma o de PVC de seguridad.
- Trajes de lluvia.
- Ropa de protección de alta visibilidad (chaleco reflectante).

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Marquesina de protección.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Los andamios utilizados contarán con pasamanos de al menos 90 cm, barandilla intermedia y rodapié de 15 cm.
- Lona ignífuga para cubrimiento de encofrado deslizante.
- Dispositivo de puesta a tierra en equipos de soldadura.
- Se tendrán en cuenta las medidas de protección colectiva descritas en “Trabajos en altura”.

4.12. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURA

Riesgos asociados a la actividad:

- Cortes y pinchazos en extremidades por manejo de redondos de acero.
- Vuelco de la armadura durante su colocación.
- Proyección o caída de partículas incandescentes en procesos de corte de armaduras.
- Aplastamiento durante operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre armaduras.
- Derivados de las eventuales roturas de redondos de acero durante el doblado.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas a diferente nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Vuelco de maquinaria.
- Irritaciones cutáneas, a consecuencia de la manipulación de las armaduras de acero.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas.

Medidas correctoras y/o preventivas:

- El material a colocar en obra, se acopiará en el tajo, clasificado de acuerdo con su orden de montaje, y de forma que no estorbe al normal desarrollo de la actividad. En caso de producirse despuntes de redondos en el tajo, se apartarán de los lugares de paso, al igual que cualquier otro objeto.

- Almacenamiento de paquetes de redondos sobre durmientes de madera.
- El transporte aéreo de paquetes de armadura se hará mediante grúa, suspendiendo la carga por dos puntos, separados mediante eslingas.
- La ferralla montada se almacenará en lugares destinados a tal efecto.
- Los desperdicios o recortes de hierro se recogerán acopiándose en un lugar separado para su posterior carga y transporte a vertedero.
- Barrido periódico de las puntas o alambres.
- Prohibido el transporte aéreo de pilares en posición vertical.
- Las maniobras de ubicación “in situ” de ferralla montada se guiarán mediante un equipo de tres hombres: dos guiarán mediante sogas en dos direcciones la pieza a situar, siguiendo las instrucciones del tercero que procederá manualmente a efectuar las correcciones de aplomado.
- Los focos o lámparas de trabajo no se instalarán directamente sobre las armaduras que se elaboren, o se estén colocando.
- Las armaduras verticales de espera, se protegerán o señalizarán, según las circunstancias, cuando haya riesgo de caída sobre ellas.
- Los emparrillados verticales de armaduras, no podrán utilizarse como escaleras de mano para acceder a otras zonas de trabajo. El paso sobre parrillas horizontales, es aconsejable efectuarlo a través de tablonos o algún elemento similar.
- El estrobo de los paquetes de armadura, a transportar con grúa, se efectuará de modo cuidadoso y con eslingas en buen estado, a fin de garantizar la estabilidad e integridad de aquellos durante su movimiento.
- Los paquetes de armadura, se amarrarán para su izado, de tal forma que quede garantizada la imposibilidad de su deslizamiento; en caso preciso se dotará a los paquetes de cuerdas guía.
- Las eslingas a utilizar, se verificarán antes de cada uso, y de manera especial las gazas de las mismas, sobre todo sus costuras, grapas fija-cables o casquillos prensados.
- Los cables a utilizar deberán verificarse asimismo antes de cada utilización, desechándose aquellos que presenten alambres roto, oxidación interna o cualquier otro defecto.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para ejecutar estos trabajos.

Equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (con barbuquejo).
- Calzado de seguridad.
- Arnés anti-caídas.
- Guantes de cuero.
- Guantes dieléctricos en aquellas circunstancias en que pueda presentarse riesgo eléctrico.
- Plantillas imperforables para todos los operarios en estas actividades.
- Cinturón portaherramientas.
- Gafas de protección.

- Botas de goma o de PVC de seguridad.
- Trajes de lluvia.
- Ropa de protección de alta visibilidad (chaleco reflectante).

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Marquesina de protección.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Los andamios contarán con pasamanos de al menos 90 cm. de altura, barandilla intermedia y rodapié de 15 cm.
- Lona ignífuga para cubrimiento de encofrado deslizante.
- Dispositivo de puesta a tierra en equipos de soldadura.
- Se tendrán en cuenta las medidas de protección colectiva descritas en “Trabajos en altura”.

4.13. HORMIGONADO, VIBRADO Y CURADO

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Hundimiento de encofrados.
- Pisadas sobre instrumentos punzantes.
- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes.
- Fallo en entibaciones en encofrados.
- Salpicaduras de hormigón o mortero.
- Golpes contra el cubilote.
- Vuelco de maquinaria.
- Atrapamientos entre medios de puesta en obra y obstáculos fijos.
- Atropellos por vehículos de puesta en obra del hormigón o mortero.
- Riesgo eléctrico por contacto con vibradores o líneas alimentadoras de los mismos.
- Pérdida de capacidad auditiva, ocasionada por ruidos de maquinaria y herramientas.
- Conjuntivitis, producida por salpicaduras de hormigón o mortero.
- Dermatitis, a consecuencia del contacto con hormigón o mortero.

- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Los trabajos de hormigonado no comenzarán hasta que la zona de trabajo se encuentre libre de objetos relacionados con otra actividad, y la instalación de medios auxiliares, tales como bomba y vibradores, en correcto estado de funcionamiento.
- Los medios auxiliares, se revisarán con frecuencia, atendiendo especialmente al aislamiento de sus componentes eléctricos y a la limpieza de tuberías de impulsión de hormigón y mortero.
- El personal adscrito a trabajos de hormigonado utilizará las protecciones oculares, auditivas y manuales prescritas como obligatorias.
- Es conveniente doblar, en perpendicular hacia los paramentos, las “esperas”, para evitar posibles accidentes.
- La aproximación de los vehículos de transporte de hormigón al tajo, se realizará con precaución. Es aconsejable que los mismos estén provistos de dispositivos ópticos y acústicos, sincronizados con la marcha atrás, para avisar de esta maniobra.
- Se prohíbe el acceso escalando el encofrado.
- Antes del inicio del hormigonado, el capataz, encargado o vigilante de seguridad revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames y para realizar los refuerzos que fueran necesarios.
- Se establecerán fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse para verter el hormigón (dúmpster, camión hormigonera).
- El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, evitando sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.
- La puesta en obra del hormigón y mortero se efectuará desde una altura lo suficientemente reducida para que no se produzcan salpicaduras o golpes imprevistos.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para ejecutar estos trabajos.

Vertido mediante canaletas.

- Se instalará un cable de seguridad amarrado a puntos sólidos, en el que enganchar el mosquetón del arnés anti-caídas en los tajos con riesgo de caídas desde altura; o bien sólidas barandillas en el frente de excavación, protegiendo el tajo de guía de la canaleta.

Vertido mediante cubo o cangilón.

- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- Se procurará no golpear con el cubo los encofrados ni las entibaciones.

- Del cubo penderán cabos de guía, para ayudar a su correcta posición de vertido.

Equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Protectores auditivos.
- Arnés anti-caídas.
- Guantes contra agresivos químicos en manejo de hormigón y mortero.
- Calzado de seguridad.
- Botas de goma o de PVC de seguridad.
- Gafas contra impactos y salpicaduras de hormigón y mortero.
- Ropa de trabajo.
- Ropa protectora de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Trajes impermeables para ambientes húmedos.
- Cinturón anti-vibratorio.
- Gafas de protección.
- Pantalla de seguridad contra proyección de partículas.

Protecciones colectivas:

- Señal normalizada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Marquesina de protección.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Los andamios contarán con pasamanos de al menos 90 cm de altura, barandilla intermedia y rodapié de 15 cm.
- Dispositivo de puesta a tierra en equipos de soldadura.
- Se tendrán en cuenta las medidas de protección colectiva descritas en “Trabajos en altura”.

4.14. TRABAJOS EN ALTURA

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento o manipulación.
- Hundimiento de plataformas por exceso de acopio de materiales.
- Golpes/cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Quemaduras.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- El personal será conocedor de los riesgos de la ejecución de trabajos en altura y del método correcto de puesta en obra de las unidades integrantes del Proyecto.
- Se instalarán mediante pies derechos sobre mordazas de aprieto, barandillas de suplemento hasta alcanzar los 90 cm de altura sobre las plataformas de trabajo.
- En las zonas de trabajo se dispondrán cuerdas, cables de retención, líneas de vida y otros puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.
- Diariamente, antes de iniciar los trabajos, se revisarán los arneses anti-caídas, así como los cables o cuerdas de enganche de éstos.
- Los recipientes para transportar materiales de sellado se llenarán al 50% para evitar derrames innecesarios.
- El acopio de materiales en la plataforma de trabajo se limitará a las necesidades de cada jornada, repartiéndolo uniformemente a lo largo de la misma para reducir al mínimo los desplazamientos del personal.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente después de que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior.
- Para prevenir los contactos eléctricos se instalarán diferenciales acompañados de toma de tierra, se conectarán los receptores con las clavijas normalizadas adecuadas y se usarán las herramientas manuales provistas de doble aislamiento.
- Se tendrá convenientemente iluminada la zona de trabajo.
- Quedarán perfectamente señalizadas aquellas áreas de trabajo en las que se encuentren ubicados elementos para trabajos en altura.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad y calzado antideslizante.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o PVC.
- Arnés anti-caídas.
- Ropa de trabajo.
- Monos de trabajo.
- Gafas de protección.
- Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección distintos a los anteriormente descritos, se dotará a los trabajadores de los mismos.

Protecciones colectivas:

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24 de octubre de 1.997 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.5 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

Se implantarán las siguientes medidas colectivas preventivas para cualquier trabajo en que se tenga una altura de caída mayor a dos metros:

- Aquellas zonas donde los lugares de trabajo puedan presentar riesgo de caída deberán estar claramente señalizadas y, en la medida de lo posible, se dispondrá de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a ellas.
- Las aberturas o desniveles que supongan un riesgo de caída de personas se protegerán mediante barandillas u otros sistemas equivalentes.
- Las plataformas de trabajo que se instalen para realizar trabajos en altura deben ser autoportantes y su estabilidad no debe encontrarse comprometida por la de otros elementos susceptibles de sufrir un fallo durante el trabajo. Además, deben estar protegidas por barandilla completa en todo su perímetro y no se pueden considerar como bases sólidas para nuevos elementos auxiliares.

Escaleras portátiles o de mano:

- Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.
- Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio. En caso contrario se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estará dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.
- Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.

- El apoyo de la escalera deberá realizarse sobre una base perfectamente horizontal y estable. En el caso de desniveles, se podrán adaptar a los pies de la escalera dispositivos extensibles que permitan dejar correctamente nivelados los largueros.
- El final de la escalera deberá sobresalir del nivel de desembarco 1 m.
- Se deberá subir ayudándose con las manos, por lo que estas deberán estar libres de objetos y de herramientas, utilizando para ello y en caso de ser necesario, bolsas portaherramientas, que en ningún caso superarán los 25 Kg de peso.
- Tanto el descenso como la ascensión por la escalera se efectuará de frente a la misma, nunca de espaldas, sin bajar ni subir varios escalones de una vez.
- No se emplearán escaleras a las cuales les falten peldaños.
- Sólo subirá, permanecerá o descenderá por la escalera, una única persona.
- Las escaleras llevarán dispositivos antideslizantes en su base.
- Para evitar posibles separaciones, se sujetarán en su parte superior o zona de desembarco.
- Cuando la escalera sea del tipo de tijera, esta deberá disponer obligatoriamente de la cadena que evite su involuntaria apertura.
- Sólo se utilizarán escaleras con resistencia adecuada, en función de la altura.
- Sólo se empalmarán escaleras que lleven dispositivos especiales preparados para ello.
- Para alturas superiores a 7 metros las escaleras llevarán elementos de sujeción en su parte superior e inferior, siendo obligatorio el uso del arnés anti-caídas.
- Las escaleras de mano utilizadas en postes, se sujetarán a los mismos, con abrazaderas.
- En el caso que sea necesario utilizar cinturones de seguridad, estos nunca se sujetarán a la escalera.
- No se permitirá realizar trabajos que impliquen inclinarse exageradamente al trabajador para alcanzar una zona distante de la escalera. Será necesario en este caso, desplazarla.
- Se desecharán las escaleras que se observen deterioradas por el uso o con peldaños en mal estado.
- Las escaleras de madera estarán pintadas con barnices transparentes que posibiliten observar el estado del material.
- La distancia de la base de la escalera al paramento vertical de apoyo no será inferior a 1/4 de la altura de la misma respecto al punto de apoyo en la zona de desembarco.

Barandillas de protección:

- Las barandillas y plintos o rodapiés, serán de materiales rígidos y resistentes. La altura de las barandillas será de 90 cm, como mínimo, a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una barra horizontal o listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con separación máxima de 15 cm.
- Los rodapiés tendrán una altura mínima de 15 cm sobre el nivel del piso.

- Tanto en su montaje como en aquellas otras situaciones en que las condiciones puedan suponer una caída en altura sin que esta pueda ser evitada por otro tipo de protección, el trabajador hará uso del arnés anti-caídas anclándose a puntos fijos o a una “línea de vida”.

Cuerda de retenida:

- Utilizada para posicionar y dirigir manualmente la canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 mm de diámetro, como mínimo.

Sirgas:

- Sirgas de desplazamiento y anclaje del arnés anticaídas
- Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

Eslingas de cadena:

- El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5% de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

Eslinga de cable:

- A la carga nominal máxima se le aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar; las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces el diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

Plataformas de trabajo:

- Las plataformas de metal (preferiblemente) o de madera tradicionales deberán reunir las siguientes características mínimas:
- Anchura mínima 60 cm (tres tablones de 20 cm de ancho o dos pasarelas metálicas de 30 cm).
- La madera deberá ser de buena calidad sin grietas ni nudos. Será elección preferente el abeto sobre el pino.
- Escuadra de espesor uniforme sin alabeos y no inferior a 7 cm de canto (5 cm sí se trata de abeto).
- Longitud máxima entre apoyos de 2,50 m.
- Los elementos de madera no pueden montar entre sí formando escalones ni sobresalir en forma de llantas, de la superficie lisa de paso sobre las plataformas.
- No puede volar más de cuatro veces su propio espesor (máximo 20 cm).
- Estarán sujetos por lías o sargentos a la estructura portante.
- Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo, así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidos con barandillas de 90 cm de altura, equipada con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, de construcción segura y suficientemente resistente.

- La distancia entre el paramento y plataforma será tal, que evite la caída de los operarios. En el caso de que no se pueda cubrir el espacio entre la plataforma y el paramento, se habrá de cubrir el nivel inferior, sin que en ningún caso supere una altura de 1,80 m.
- Para acceder a las plataformas, se instalarán medios seguros. Las escaleras de mano que comuniquen los diferentes pisos del andamio habrán de salvar cada una la altura de dos pisos seguidos. La distancia que han de salvar no sobrepasará 1,80 m.

4.15. SOLDADURAS

4.15.1. SOLDADURA ELÉCTRICA

Riesgos asociados a la actividad:

- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Incendio por factores de ignición.
- Contacto térmico.
- Lesiones en los ojos por los rayos infrarrojos y ultravioletas emitidos por el arco eléctrico.
- Accidente por sustancias nocivas.
- Explosiones.
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se realizarán inspecciones periódicas del estado de las mangueras del circuito de soldadura y de las mangueras eléctricas de suministro, aislándolas o sustituyendo aquellas que presenten deterioros por otras que se encuentren en perfecto estado de aislamiento. Comprobar periódicamente que los cables del circuito de soldadura se encuentren correctamente protegidos contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares. De la misma forma se protegerán frente a roces, aplastamientos, y especialmente de las partículas incandescentes provocadas por la soldadura, colocándolas alejadas de zonas de paso de trabajadores y/o maquinaria. Las tomas de corriente deben situarse en lugares que permitan su desconexión rápida en caso de emergencia.
- Comprobar antes de utilizar el equipo que la pinza sea la adecuada al tipo de electrodo utilizado y que además sujete fuertemente los electrodos. Se cuidará que el aislamiento del cable no se deteriore en el punto de conexión con la pinza y que los bornes están cubiertos evitando un posible cortocircuito causado por un objeto metálico. La pinza de masa se conectará sobre la pieza a soldar o lo más cercana posible para evitar derivaciones.

- Se usarán guantes aislantes para coger la pinza cuando esté en tensión y cuando tengan que cambiarse los electrodos. Antes de cambiar el electrodo se comprobará que los guantes y las manos están secos.
- Antes de comenzar la realización de los trabajos, balizar o limitar la zona de soldadura (especialmente en la misma vertical) de forma que se impida el paso de otros trabajadores y el contacto accidental de éstos con las chispas de soldadura.
- Antes de comenzar la tarea, se vigilará la ausencia de otras personas o de material inflamable en los alrededores de la zona de trabajo. Si algún objeto combustible no puede ser desplazado, debe cubrirse con material ignífugo y se colocará un extintor de capacidad extintiva mínima 21A-113B en las proximidades de la zona de trabajo.
- El trabajador que utilice el equipo debe utilizar ropa difícilmente inflamable (algodón) nunca fibras artificiales por ser fácilmente inflamables.
- Dejar enfriar el electrodo y el material soldado previamente a su manipulación. Si la manipulación es absolutamente necesaria, utilizar guantes de protección contra riesgos térmicos para tocar dichos elementos.
- Si se abandona momentáneamente el trabajo, se desconectará el equipo y se dejará el electrodo en un lugar seguro que no ocasione este riesgo a otros trabajadores.
- No se debe mirar directamente a la soldadura sin protección ocular.
- Los trabajos se realizan en espacios abiertos bien ventilados. Se adoptará una posición que evite inhalar los humos desprendidos y se recomienda el uso de mascarilla con filtros específicos para gases y vapores. No se deben realizar operaciones de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas. No se permitirá soldar en el interior de contenedores, depósitos o barriles mientras no hayan sido limpiados completamente y desgasificados con vapor.
- Utilización de pantalla facial o gafas de protección ocular anti-proyección durante el proceso de picado o descascarillado. El picado siempre se realizará de forma que las partículas desprendidas salten en dirección contraria a la que ocupa el trabajador.
- No se utilizarán clemas ni hilos pelados conectados directamente, siempre se utilizarán clavijas normalizadas. Si utiliza prolongadores verifique que sean adecuados para ambientes exteriores para trabajos en condiciones de humedad y que también las mangueras eléctricas de dichos prolongadores están en buen estado, sin desperfectos en el aislamiento. Cuando las mangueras eléctricas sean de longitud considerable, se procurará que se mantengan alejadas de zonas de paso de trabajadores y/o maquinaria, bien enterrándolas bien elevándolas 2,5 m al paso de las personas o a 5 m en el caso de paso de vehículos.
- Se comprobará antes de conectar el equipo de soldadura al cuadro eléctrico que éste dispone de dispositivos de protección contra sobrecorrientes (interruptor diferencial de alta sensibilidad 0,03 A) y que la instalación eléctrica dispone de toma de tierra.
- No apoyar la pinza portaelectrodos sobre materiales conductores, siempre apoyarla sobre una superficie aislante. Siempre que sea posible se colocará el equipo sobre una superficie aislante.
- Durante pausas prolongadas en la realización de los trabajos desconecte el equipo.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.

Equipos de protección individual:

- Gafas de protección.
- Pantalla de soldador.
- Guantes de soldador.
- Mandil de cuero.
- Mangos y muñequeras de cuero que cubran los brazos.
- Polainas de cuero.
- Mascarilla respiratoria con filtro para humos de soldadura.
- Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

Protecciones colectivas:

- Delimitación de la zona de soldadura.
- Extintor de capacidad extintiva mínima 21A-113B si hay presencia de material inflamable.

4.15.2. SOLDADURA AUTÓGENA

Riesgos asociados a la actividad:

- Lesiones en los ojos por los rayos infrarrojos y ultravioletas emitidos por el arco.
- Quemaduras por contacto con las piezas soldadas.
- Inhalación de humos nocivos producidos en la soldadura.
- Atrapamientos y aplastamientos por objetos.
- Explosión.
- Incendio.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se verificará antes de realizar los trabajos el correcto montaje del grupo, que disponga de válvulas anti-retorno tanto en los manorreductores como en el soplete.
- Asegurar que todos los equipos, canalizaciones y accesorios (manorreductores, manómetros, válvulas anti-retorno, mangueras, sopletes, etc.) son los adecuados para la presión y el gas a utilizar en cada aplicación. Hay que asegurarse que los acoplamientos en las conexiones del regulador con la válvula de la botella sean coincidentes. No se forzarán nunca las conexiones que no ajusten bien, ni se utilizarán piezas intermedias, salvo las aprobadas por el fabricante del gas.
- No golpear el soplete. No tirar de las mangueras, no realizar empalmes en las mangueras si no son realizadas con racores adecuados, con abrazaderas, nunca con alambre. Las pruebas de estanqueidad no se realizarán utilizando llama, se utilizará con detector de gas o agua jabonosa.
- Si hay que cambiar un componente del grupo lo realizará personal cualificado que antes comprobará que son los adecuados a la presión y al gas a utilizar y una vez colocado hará las perceptivas pruebas de estanqueidad con detector de gas o agua jabonosa.
- Comprobar que el equipo de soldadura se encuentre situado de forma estable sobre el carro portabotellas con la cadenilla de seguridad puesta de forma que quede asegurada la posición vertical de las botellas. Las botellas estarán siempre en posición vertical, y debidamente protegidas para evitar su caída, excepto cuando estén contenidas en algún tipo de bloques, contenedores, baterías o estructuras adecuadas.
- No fumar cerca de botellas con gas aunque se considere que éstas se encuentran vacías.
- Mantener las botellas alejadas de cualquier tipo de proyecciones incandescentes.
- Antes de comenzar la realización de los trabajos, balizar o limitar la zona de soldadura (especialmente en la misma vertical) de forma que se impida el paso de otros trabajadores y el contacto accidental de éstos con el metal incandescente.
- Realizar el encendido del soplete siguiendo el procedimiento adecuado:
 - Abrir lenta y ligeramente la válvula del soplete correspondiente al oxígeno.
 - Abrir la válvula del soplete correspondiente al acetileno 1/4 parte de vuelta.
 - Encender la mezcla con un encendedor de chispa.
 - Regular la llama abriendo el oxígeno según necesidades.
 - Para apagar el soplete cerrar primero el acetileno y después el oxígeno.
- Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire, se debe mantener sobrepresión en las botellas.
- Dejar enfriar tanto el soplete como el material soldado previamente a su manipulación. Si la manipulación es absolutamente necesaria, utilizar guantes de protección contra riesgos térmicos y/o herramientas (tenazas, mordaza, alicates, etc.) que eviten el contacto con dichos elementos.
- Antes de comenzar la tarea, se vigilará la ausencia de otras personas o de material inflamable en los alrededores de la zona de trabajo. Si algún objeto combustible no puede ser desplazado, debe cubrirse con material ignífugo y se colocará un extintor de capacidad extintiva mínima 21A-113B en las proximidades de la zona de trabajo.

- No trabajar con las mangueras y botellas a menos de 5 metros de la llama.
- No se debe mirar directamente a la soldadura sin protección ocular.
- Los trabajos se realizan en espacios abiertos bien ventilados. Se adoptará una posición que evite inhalar los humos desprendidos y se recomienda el uso de mascarilla con filtros específicos para gases y vapores. No se deben realizar operaciones de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas. No se permitirá soldar en el interior de contenedores, depósitos o barriles mientras no hayan sido limpiados completamente y desgasificados con vapor.
- Cerrar los grifos siempre después de cada sesión de trabajo. Comprobar que el soplete no contacta con las botellas, aunque esté apagado.
- El picado siempre se realizará de forma que las partículas desprendidas salten en dirección contraria a la que ocupa el trabajador.
- Sustituir las mangueras de gas cuando así lo indique el fabricante o cuando se observen indicios de picaduras o roturas de las mismas.
- Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión. Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados o ángulos vivos, procurando que no formen bucles.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.

Manipulación de las botellas de gas:

- Proteger las botellas (aunque estén vacías) contra las temperaturas extremas y los rayos solares directos para evitar el sobrecalentamiento de éstas, pues puede aumentar peligrosamente la presión en el interior.
- Los acopios de botellas se realizarán en lugares bien ventilados y frescos, lejos de cuadros y equipos eléctricos o cualquier foco de calor. En caso de sobrecalentamiento se debe proceder a enfriar con abundante agua.
- Durante todo desplazamiento, las botellas, incluso si están vacías, deben tener la válvula cerrada y la caperuza debidamente fijada.
- No arrastrar las botellas o hacerlas girar en posición horizontal pues estas operaciones pueden ocasionar cortes, abolladuras, etc. En la pared de la botella y disminuir sus características mecánicas resistentes. Utilizar carritos de transporte asegurando las botellas con una cadena o, en caso de no disponer de ellos, girar en posición vertical sobre su base. Manipular siempre las botellas como si estuvieran llenas.
- Para la carga/descarga de botellas está prohibido emplear cualquier elemento de elevación de tipo magnético o el uso de cuerdas, cadenas o eslingas si no están equipadas de elementos para permitir su izado con tales medios. Puede usarse cualquier sistema de manipulación o transporte, si se utiliza una cesta, plataforma o cualquier otro sistema que sujete debidamente las botellas.
- Se emplearán guantes de protección contra riesgos mecánicos y calzado de seguridad. Las botellas no se manejarán con manos o guantes grasientos.

- Una vez montado el equipo antes de la realización de los trabajos, y periódicamente, se realizarán pruebas de estanqueidad del equipo para comprobar que no tiene fugas ni por mal estado de los componentes ni por realización de conexiones defectuosas.
- Si al abrir una botella se atasca el grifo, no forzarlo, devolver la botella al proveedor. Antes de comenzar una botella comprobar que el manómetro marca “cero” con el grifo de la botella cerrado, si no lo marca, la botella es defectuosa y tiene fuga de gas, por lo cual se devolverá al proveedor.
- Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical al menos 12 h antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, nunca a menos de 50 cm del suelo.
- Una vez cerrados los grifos de las botellas después de la realización de los trabajos descargar siempre la instalación de gas, descargando el manorreductor, las mangueras y el soplete, así se purgará la instalación.
- Si se incendia un grifo se tratará de cerrarlo y si no se consigue se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo. Después del retroceso de la llama cierre la llave de paso del oxígeno después la del acetileno y luego las llaves de alimentación de ambas botellas.
- Después de un retroceso de llama de una botella o de un incendio de un grifo de una botella de acetileno debe comprobarse que la botella no se calienta sola, en el caso de que aumente la temperatura se deberá enfriar con agua. Una vez apagado debe desmontarse el equipo comprobando que ninguno de sus componentes ha sufrido daños.

Medidas generales para la utilización de botellas y botellones de gases comprimidos:

- Antes de poner en servicio cualquier botella deberá eliminarse todo lo que dificulte su identificación y se leerán las etiquetas y marcas existentes en aquella.
- Si el contenido de una botella no está identificado, deberá devolverse a su proveedor sin utilizarla.
- Los acoplamientos para la conexión del regulador a la válvula de la botella deben ser los reglamentados en la ITC MIE-AP-7 del reglamento de aparatos a presión.
- El protector (sombbrero, caperuza, etc.) móvil de la válvula debe estar acoplado a la botella hasta el momento de su utilización.
- La válvula debe estar siempre cerrada, excepto cuando se emplee el gas, en cuyo momento deberá estar completamente abierta.
- El gas contenido en la botella, se utilizará siempre a través de un medio de regulación de presión adecuado.
- Después de conectar el regulador, y antes de abrir la válvula de la botella, se comprobará que el tornillo de regulación del manorreductor está completamente aflojado. Esta precaución debe asimismo tenerse en cuenta en las interrupciones de trabajo o en el cambio de botella.
- La válvula de la botella se abrirá siempre lentamente. La salida de la misma se colocará en sentido contrario a la posición del operador y nunca en dirección a otras personas; no se emplearán otras herramientas diferentes a las facilitadas o aconsejadas por el proveedor. Se evitará el uso de herramientas sobre las válvulas equipadas con volante manual. Si las válvulas presentan dificultad para su apertura o cierre, o están agarrotadas, se pedirán instrucciones al proveedor.

- No se emplearán llamas para detectar fugas, debiendo usarse los medios adecuados a cada gas; si existiera una fuga en la válvula se cerrará ésta y se avisará al suministrador.
- Está prohibido, al interrumpir el trabajo de soldadura o corte con llama, colgar el soplete de la botella, así como calentar la botella con éste. Las botellas se mantendrán alejadas de cualquier fuente de calor, hornos, etcétera.
- Antes de desconectar el dispositivo de regulación de las botellas, se cerrará su válvula y se eliminará la presión del dispositivo de regulación. Tan pronto la botella esté vacía se cerrará la válvula y se colocará el protector de la misma.
- Se prohíbe terminantemente desmontar las válvulas, dado el peligro que ello implica.
- Se prohíbe pasar gases de una botella a otra.
- No se emplearán nunca gases comprimidos para limpiar los vestidos o para ventilación personal.
- No se emplearán nunca botellas como rodillos, soporte o cualquier otro propósito que no sea el de almacenar gases.
- Se prohíbe terminantemente soldar piezas en las botellas, ya que ello elimina totalmente el tratamiento térmico del material de las mismas, creando una zona de gran fragilidad y dando lugar en muchos casos a la aparición de grietas.
- No se cambiará ni se quitará cualquier marca, etiqueta o calcomanía empleada para la identificación del contenido de la botella y que haya sido colocada por el proveedor del gas.
- El repintado de la botella se realizará únicamente por el fabricante o distribuidor del gas.
- Devolver al proveedor aquellas botellas que no se encuentren correctamente identificadas o que presenten algún tipo de deficiencia. Si como consecuencia de un choque o golpe accidental una botella quedase deformada, marcada o presentase alguna hendidura o corte, se devolverá al suministrador del gas, sin utilizarse. Dichas botellas presentan riesgo de explosión, al haber quedado disminuidas sus características mecánicas resistentes.
- Se recomienda para la manipulación de botellas el uso de calzado de seguridad y guantes adecuados.
- Si el equipo se utiliza de forma puntual se revisarán por completo todos sus componentes antes de volverlo a utilizar

Equipos de protección individual:

- Para realizar operaciones de soldadura, utilizar siempre pantallas de protección ocular, ropa de protección y guantes de protección contra riesgos en soldadura.
- El trabajador utilizará guantes de seguridad, pantallas de soldador, mandil de soldador, gafas anti-proyección, manguitos para proteger los brazos, botas de seguridad y polainas de apertura rápida.
- Utilización de ropa no sintética (recomendable de algodón) para evitar que en caso de quemadura por contacto accidental se agrave la herida.
- El trabajador utilizará guantes de seguridad, mandil de soldador, gafas anti-proyección, manguitos para proteger los brazos, botas de seguridad y polainas de apertura rápida. El trabajador que utilice el equipo debe utilizar ropa difícilmente inflamable (algodón) nunca fibras artificiales por ser fácilmente inflamables.

- Se emplearán guantes de protección contra riesgos mecánicos y calzado de seguridad para el manejo de las botellas de gas.
- Guantes de protección contra riesgos térmicos para la manipulación de material soldado.
- Protección ocular tipo gafas o pantalla durante el proceso de picado o descascarillado.
- Protección respiratoria con mascarillas autofiltrantes para gases y vapores en el caso de procesos de soldadura en recintos con poca ventilación.

Protecciones colectivas:

- Colocar la señal de prohibido fumar en todas aquellas zonas donde se encuentren almacenadas las botellas de gas a presión.
- Balizar y delimitar la zona de soldadura
- Extintor de capacidad extintiva mínima 21A-113B en el caso de presencia de material inflamable.

4.16. ACOPIOS Y ALMACENAMIENTOS DE MATERIAL

- Riesgos asociados a la actividad:
- Caídas de trabajadores a distinto nivel.
- Caídas de trabajadores al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe
- Caída de objetos desprendidos
- Golpes y cortes por objetos inmóviles
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Vuelco de maquinaria.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.
- El acopio de materiales y elementos estructurales se realizará en lugares señalados, debiendo quedar libres de obstáculos las zonas de evolución y paso del personal.
- El material se acopiará clasificado de acuerdo con la orden de montaje sin estorbar el desarrollo de la actividad.
- Colocar dispositivos de calce o retención para evitar el desplome de dichos apilamientos.
- Los materiales deben apilarse de forma que quede asegurada su estabilidad, mantener colocados, siempre que sea posible, los elementos de retención de cargas (embalajes originales etc.)

- Se apartarán los elementos cortantes de los lugares de paso.
- Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acopiarse (tubos, ladrillos, elementos para entibaciones, etc.) Se colocarán a una distancia de al menos 2 m del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes.
- El acopio de elementos prefabricados se efectuará sin que se produzca obstrucciones de paso. En caso de apilamiento, se colocarán las correspondientes cuñas de sujeción para evitar desplazamientos o caídas incontroladas de dichos elementos. Se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos en capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado.
- El acopio de material que pueda rodar (tubos) se realizará sobre una superficie horizontal, utilizando cuñas para el apilamiento escalonado evitando el desplazamiento y delimitando el acopio con el fin de evitar que los tubos rueden y puedan producir accidentes.
- En el caso de realización de trabajos en vías públicas, los materiales a granel no podrán estar depositados directamente en la vía pública, sino que, deberán estar ubicados en contenedores o envasados en recipientes adecuados que minimicen la ocupación, así como, las posibles pérdidas derivadas de la acción de los agentes atmosféricos.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad
- Guantes de protección mecánica
- Calzado de seguridad: mínimo básico con puntera resistente a impactos y suela antideslizante.
- Gafas de protección.
- Ropa de protección.
- Arnés anti-caídas.
- Ropa protección alta visibilidad.

Protecciones colectivas:

- Cinta de balizamiento para determinación de la zona de acopio de material.
- Dispositivos de retención de cargas.

4.17. CONTROL DE EJECUCIÓN, VISITAS Y TRANSITO GENERAL EN ZONA DE OBRA

Conjunto de trabajos destinados a realizar las comprobaciones e indicaciones oportunas para la buena marcha de las obras, de acuerdo con el proyecto ejecutivo y el buen oficio de la construcción. Se incluyen en este apartado las visitas de obra que puedan realizar otras personas, sin funciones operativas, por otros motivos.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel

- Pisadas sobre objetos
- Golpes y cortes contra objetos inmóviles
- Golpes y cortes por objetos móviles
- Golpes y cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por o entre objetos
- Vuelco de maquinaria.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Contacto eléctrico.
- Contacto con sustancias tóxicas o nocivas.
- Sobreesfuerzos.
- Accidente durante el desplazamiento como peatón o pasajero.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras o consignas preventivas:

- Se informará a todos aquellos visitantes de obra, que no formen parte de los profesionales con funciones productivas en obra, de la obligación de respetar las normas de seguridad en obra, y especialmente, la utilización de elementos de protección individual. Previamente a su visita a la obra, se les facilitarán aquellos elementos de protección que deban usar, y que serán devueltos al finalizar la visita.
- Los visitantes de obra, que no formen parte de los profesionales con funciones productivas en obra, sólo podrán acceder a las zonas en que lo autoricen la dirección facultativa, la dirección de seguridad y la jefatura de la obra, y utilizando los accesos a dichas áreas que las mismas autoridades de obra indiquen. Asimismo, dichas personas deberán ser acompañadas por el encargado o jefe de obra, o persona por ellos delegada, durante su permanencia en la misma. En todos los casos, es aconsejable que el encargado o jefe de obra preceda los recorridos que el resto de personas realizan por la obra, pues son ellos quienes mejor conocen los riesgos y las precauciones a tomar, que pueden variar de un día a otro.
- No se permitirá el acceso a la obra de los vehículos particulares, excepto autorización expresa de la dirección facultativa, del responsable de seguridad y salud, o de la jefatura de obra.
- No se accederá a zonas que presenten riesgo de caída superior a 2 metros si no se encuentran perfectamente protegidos mediante el uso de protecciones colectivas (valladas perimetrales a 1,5 m de separación, barandillas de seguridad con resistencia mínima de 150 Kg por metro lineal con pasamanos a 90 cm, listón intermedio y rodapiés). Si no es posible la colocación de protecciones colectivas, se usará arnés de seguridad o elementos de protección individual. Si la caída es inferior a 2 metros, dicho punto quedará señalizado.
- Mantener el orden y limpieza de las áreas de trabajo.
- Evitar circular por zonas de almacenamiento de material.

- No invadir las zonas señalizadas con riesgo de caída de objetos. No transitar bajo el radio de acción de maquinaria de elevación de cargas. No entrar en el radio de acción de máquinas: mantener la distancia de seguridad a maniobras de máquinas.
- Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite una evaporación elevada que puede acabar en un golpe de calor. Protegerse a su vez de las radiaciones solares. En zonas cerradas se controlará la ventilación y se dispondrá en la obra de agua para que los trabajadores puedan hidratarse. En condiciones extremas de calor se establecerán horarios de trabajo especiales que aprovechen los horarios de menor radiación solar. Se dotará a los trabajadores de prendas adecuadas para el calor y el frío.
- Preservar el cableado eléctrico de deficiencias como picaduras, empalmes con cinta aislante y regletas.
- Los revisará de forma especial las fugas de combustibles que puedan presentar los vehículos.
- Todos los vehículos y máquinas eléctricas o de gasoil, dispondrán de su propio extintor.
- Se establecerá una política de tráfico.

Equipos de protección individual:

Será obligatorio el uso de botas de seguridad, casco, gafas de protección y ropa protección de alta visibilidad.

4.18. MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbe
- Caída de objetos desprendidos
- Golpes y cortes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos
- Atrapamiento por o entre objetos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Ruido.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Presencia de recurso preventivo.
- Las estructuras metálicas serán montadas según las especificaciones de montaje del fabricante.

- Estará prohibido el uso de cuerdas con bandoleras de señalización, a manera de protección, aunque se pueden emplear para delimitar zonas de trabajo.
- Debido a que la altura máxima de la estructura será de aproximadamente 4 m, se podrá ejecutar los trabajos desde un andamio homologado de un solo cuerpo o, preferiblemente, desde PEMP (plataformas elevadoras móviles para personal).
- Para aquellas zonas donde no fuera posible trabajar desde el andamio o plataforma de trabajo, se hará uso de los arneses de seguridad anclados a puntos fuertes o líneas de vida homologadas.
- Andamios y plataformas de trabajo homologados, PEMP, etc.
- Accesos y escaleras homologadas.
- Líneas de vida y amarres adecuados en trabajos en altura.
- Se habilitarán espacios determinados para el acopio de la perfilería.
- Se compactará aquella superficie de la parcela que deba recibir los transportes de alto tonelaje.
- Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera estableciendo capas hasta una altura no superior a 1,5 m. Se clasificarán en función de sus dimensiones.
- Las maniobras de ubicación “in situ” de pilares y vigas (montaje de la estructura) serán gobernadas por tres operarios. Dos de ellos guiarán el perfil mediante sogas o sujetos a sus extremos siguiendo las directrices del tercero.
- Entre pilares, se tenderán líneas de vida a los que amarrar el mosquetón del arnés y equipo anti-caída que será usado durante los desplazamientos sobre las alas de las vigas.
- Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.
- Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador o un andamio homologado, provista de una barandilla perimetral de 1 m de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del arnés a un cable de seguridad o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.
- Los perfiles se izarán cortados a la medida requerida por el montaje. Se evitará el oxicorte en altura, en la intención de evitar riesgos innecesarios.
- Se prohíbe dejar la pinza y el electrodo directamente en el suelo conectado al grupo. Se exige el uso de recogepinzas.
- Se prohíbe tender las mangueras o cables eléctricos de forma desordenada. Siempre que sea posible se colgará de los “pies derechos”, pilares o paramentos verticales.
- Las botellas de gases permanecerán siempre en el interior del carro portabotellas correspondiente.
- Se prohíbe la permanencia dentro del radio de acción de cargas suspendidas.
- Se prohíbe la permanencia de personal directamente sobre los tajos de soldadura.
- Para soldar sobre los tajos de otros operarios, se tenderán “tejadillos”, viseras o protectores en chapa.
- No trepar directamente por la estructura.

- No desplazarse sobre las alas de una viga sin atar arnés y equipo anti-caída.
- El ascenso o descenso a otro nivel, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma, que sobrepase la escalera 1 m la altura de desembarco.
- Las operaciones de soldadura se realizarán desde andamios metálicos tubulares provistos de plataformas de trabajo de 60 cm de anchura y de barandilla perimetral de 90 cm compuesta de pasamanos, barra intermedia y rodapié.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos
- Calzado de seguridad: mínimo básico (resistente a hidrocarburos y con puntera resistente a impactos) con resistencia a la perforación.
- Sistema de protección anti-caídas para trabajos en altura.
- Protectores auditivos
- Protección respiratoria con mascarillas autofiltrantes para partículas
- Protección ocular resistente a proyecciones
- Ropa protección alta visibilidad.

Protecciones colectivas:

- Cinta de señalización y perfecta delimitación de la zona de trabajo.
- Calzos para acopio de tubos.

4.19. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

Un recinto confinado es cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador.

Riesgos asociados a la actividad:

- Atrapamientos, choques y golpes, por chapas deflectoras, agitadores, elementos salientes, dimensiones reducidas de la boca de entrada, obstáculos en el interior, etc.
- Riesgos de electrocución por contacto con partes metálicas que accidentalmente pueden estar en tensión.
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Ambiente físico agresivo. Ambiente caluroso o frío. Ruido y vibraciones (martillos neumáticos, amoladoras rotativas, etc.). Iluminación deficiente.
- Otros.

Específicos:

- Riesgos derivados de problemas de comunicación entre el interior y el exterior.
- Asfixia por reducción de la concentración de O₂.
- Incendio y explosión.
- Intoxicación.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Todo personal que participe en trabajos en espacios confinados deberá tener una autorización de entrada al recinto. Con ella, se pretende garantizar que los responsables de producción y mantenimiento hayan adoptado una serie de medidas fundamentales para que se pueda intervenir en el recinto.
- La autorización de entrada deberá de venir firmada por los responsables de producción y mantenimiento.
- Antes de cada jornada de trabajo deben efectuarse una evaluación de la atmósfera interior.
- El porcentaje de oxígeno no debe ser inferior al 20,5%.
- Si no es factible mantener este nivel con aporte de aire fresco, deberá realizarse el trabajo con equipos respiratorios semi autónomos o autónomos, según el caso.
- La medición de sustancias inflamables en aire se efectuará mediante explosímetros, equipos calibrados respecto a una sustancia inflamable.
- Cuando se pueda superar el 5% del límite inferior de inflamabilidad el control y las medidas serán continuadas.
- Mientras se efectúen trabajos previos desde el exterior de espacios con posibles atmósferas inflamables hay que vigilar escrupulosamente la existencia de focos de ignición en las proximidades de la boca del recinto.
- La ventilación es una de las medidas preventivas fundamentales para asegurar la inocuidad de la atmósfera interior, tanto previa a la realización de los trabajos caso de encontrarse el ambiente contaminado o irrespirable o durante los trabajos por requerir una renovación continuada del ambiente interior.
- Los circuitos de ventilación (soplado y extracción) deben estar en perfecto estado de mantenimiento.
- Cuando se generen sustancias peligrosas durante la realización de los trabajos en el interior, la eliminación de los contaminantes se realizará mediante extracción localizada o por difusión.
- La velocidad del aire no deberá ser inferior a 0,5 m/s al nivel en el que puedan encontrarse los operarios.
- Todos los equipos de ventilación deberán estar conectados a tierra.
- En ningún caso el oxígeno será utilizado para ventilar.

- Desde el exterior en todo momento se tendrá contacto con las operaciones que se están ejecutando en el interior.
- Las personas situadas en el exterior serán los responsables en caso de emergencia y avisar tan pronto adviertan algo anormal.
- Todo el personal que realice trabajos deberá de poseer formación en espacios confinados.
- Estos trabajos deberán de ser realizados por personal apropiado que no sea claustrofóbico, ni temerario, con buenas condiciones físicas y mentales y preferiblemente menores de 50 años.
- Se realizarán prácticas y simulaciones periódicas de situaciones de emergencia y rescate.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad (preferiblemente con barbuquejo)
- Guantes de protección mecánica.
- Botas de seguridad con puntera resistente a impactos y suela antideslizante.
- Cinturón o bolsa portaherramientas.
- Arnés anti-caídas.
- Ropa de protección adecuada a la climatología.
- Ropa protectora de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Equipo de respiración autónoma o semiautónoma en caso necesario.

Protecciones colectivas:

- Sistemas de ventilación de soplado y extracción.

4.20. TRABAJOS EN AMBIENTES PULVÍGENOS

Durante la realización de todos los trabajos, se dará el contacto con nubes de polvo por la realización de forma esporádica y aleatoria de actividades como demoliciones, desescombro, corte o lijado de determinados materiales con equipos tipo radial, etc. que generan polvo.

La variabilidad de las condiciones de trabajo de cada puesto de trabajo, tanto por las distintas actividades como por el entorno de la obra o por la variabilidad del tiempo de exposición, imposibilita obtener resultados concluyentes sobre la real exposición de los trabajadores, y mediciones puntuales de polvo no se consideran representativas. Por este motivo, no se establecerá para el análisis de estas condiciones de trabajo una estrategia de muestreo del agente higiénico, sino que se propondrán las medidas oportunas para el control del riesgo considerando la situación de exposición más desfavorable.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Las actividades generadoras de polvo se harán en espacios bien ventilados.
- Antes de proceder a realizar demoliciones se mojará la zona a demoler.

- En el caso del uso de equipos de compactación del terreno, regar la zona a compactar para que se reduzca el polvo que puede producirse.

Equipos de protección individual a utilizar:

- Cuando se trabaje sobre superficies que generen ambientes pulverulentos, utilizar protección respiratoria con mascarilla auto filtrante para partículas.

4.21. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

Se entiende por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores (R.D. 487/97, art. 2).

Riesgos asociados a la actividad:

- Sobreesfuerzos
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbe
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Fatiga física por el manejo manual de cargas.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Utilizar los medios mecánicos para el traslado de materiales presentes en la obra siempre que sea posible. Hacer uso de fajas lumbares para la manipulación manual de cargas.
- Cuando el peso de una carga sea demasiado y no sea posible hacer uso de los medios mecánicos, solicitar la ayuda de algún compañero.
- Coger la carga con la palma de la mano y la base de los dedos. Si el objeto es muy pesado prepararlo previamente sobre calzos para situar correctamente las manos.
- La superficie de la carga no tendrá elementos que generen lesiones. En caso contrario, usar guantes de protección mecánica.
- En el levantamiento de la carga:
 - Mantener los pies separados y firmemente apoyados.
 - Doblar las rodillas para levantar la carga del suelo, manteniendo la espalda recta.

- No levantar la carga por encima de la cintura en un solo movimiento. O No girar el cuerpo mientras se transporta la carga.
- Mantener la carga cercana al cuerpo, así como los brazos, y éstos lo más tensos posible.
- Se recomienda no sobrepasar el peso de 25 Kg de la carga en condiciones normales de manipulación.
- La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante y sin que estorbe el avance.
- La postura correcta al manejar una carga es con la espalda derecha. Se evitará manipular cargas en lugares donde el espacio vertical sea insuficiente.
- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:
 - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de portadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los portadores de los detalles de la operación (ademanes a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
 - La situación de los portadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
 - Estando el portador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
 - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
 - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.
- El recorrido será lo más corto posible y se mantendrá libre de obstáculos.
- Realizar pausas adecuadas, preferiblemente flexibles para prevenir la fatiga física. Rotación de tareas alternando actividades que no conlleven esfuerzo físico y que no impliquen la utilización de los mismos grupos musculares.
- El transporte de tramos de tuberías a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, evitando golpes y choques con objetos y con otros operarios.

Equipos de protección individual:

- Fajas lumbares para la manipulación manual de cargas.
- Calzado de seguridad: mínimo básico con puntera reforzada y suela antideslizante
- Casco de seguridad
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Ropa de protección
- Ropa protección alta visibilidad.

- Gafas de protección.

4.22. MANIPULACIÓN MECÁNICA DE CARGAS

En este apartado se considera tanto el izado de las cargas como su desplazamiento horizontal.

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de objetos por desplome o derrumbe
- Caída de objetos desprendidos
- Golpes y cortes por objetos móviles
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de personas a distinto nivel
- Accidente durante la conducción de máquinas o vehículos
- Contacto eléctrico.
- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras o consignas preventivas:

- Señalizar y acotar dentro de lo posible la zona en la que se manipulen las cargas. Prohibir el tráfico en la zona para evitar las colisiones entre vehículos y cargas transportadas.
- Determinar previamente a los trabajos las interferencias con instalaciones y otras máquinas según los siguientes factores:
 - Desplazamientos horizontales, laterales y verticales o giros de la máquina y de cada una de sus partes.
 - Movimiento pendular de los cables de izado en vacío o con cargas suspendidas teniendo en cuenta la posibilidad de un estrobo defectuoso.
 - Naturaleza y estado del terreno sustentante de la máquina.
- Tras el montaje de la maquinaria de elevación se procederá, en vacío, a comprobar cada uno de los movimientos posibles con sus correspondientes detenciones “fin de carrera” (si es de aplicación).
- Indicar, sobre la máquina de elevación y en un lugar visible, la carga máxima admisible. Nunca sobrecargar los equipos ni los accesorios de elevación.
- La maniobra de izado comenzará lentamente para tensar los cables antes de realizar la elevación una vez que se haya comprobado la ausencia de personal debajo de la trayectoria de la carga. En general, las cargas deben levantarse, bajarse y trasladarse lentamente evitando los movimientos bruscos de la carga.
- Se prohíbe la permanencia de personas en la vertical de las cargas izadas, o a lo largo de todo su desplazamiento.
- Antes de proceder a maniobrar con la carga, se comprobará la estabilidad de la misma.

- Cuando la maniobra se realice en un lugar de acceso público, como una carretera, el vehículo-grúa dispondrá de luces intermitentes o giratorias de color amarillo-azul, situadas en su plano superior, que deberán permanecer encendidas únicamente durante el tiempo necesario para su ejecución y con el fin de hacerse visible a distancia, especialmente durante la noche.
- Durante el desplazamiento horizontal de la carga, el operario deberá tener contacto visual permanente con la carga, especialmente cuando se pase bajo obstáculos y con la colaboración de uno o varios ayudantes para la realización de las maniobras. Los operadores no atenderán a señal alguna que provenga de otra persona distinta al señalista designado al efecto.
- Se observará constantemente el movimiento de las cargas, gálidos y distancias de seguridad a líneas eléctricas, especialmente en máquinas que admitan traslación en su base.
- No se permitirá el acercamiento de personal a la carga para estabilizarla cuando se trabaje en las cercanías de alguna línea a fin de evitar contacto o arco eléctrico. Si se utilizan cuerdas para el guiado de la carga, éstas serán de material dieléctrico.
- En trabajos sin carga, izar el gancho a una altura adecuada, de forma que no exista riesgo contra las personas y objetos.
- Los equipos de izado no se dejan con cargas suspendidas al interrumpir el trabajo.
- Será obligatorio la presencia de recursos preventivos para la ejecución de estos trabajos.

Accesorios de elevación y transporte

- El estrobado de los elementos a transportar se efectuará de forma cuidadosa y con elementos de enganche en buen estado que garanticen la estabilidad e integridad de la carga.
- Los elementos de enganche de las cargas irán provistos de dispositivos que impidan el desprendimiento de las mismas (ej. Los ganchos estarán provistos de pestillos de seguridad).
- Las piezas serán de buena construcción, material sólido y de resistencia adecuada a la carga a transportar.
- No tirar de cadenas, cables o cuerdas que estén aprisionadas debajo de la carga.
- Nunca utilizar un dispositivo de izado en sustitución de otro (ej. Usar grilletes como ganchos) si el equipo no está preparado para ello.

Cables.

- Serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- Factor de seguridad no inferior a 6.
- Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas estarán provistos de guardacabos resistentes.
- Previamente a su uso, verificar que están libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos. Se desecharán aquellos cables que presenten un 10% de hilos rotos.
- Se prohíben los empalmes en cables utilizados directamente para levantar o soportar carga.
- Mantener un nivel óptimo de engrasado del cable según recomendaciones del fabricante.

Cadenas.

- Utilizar cadenas de hierro forjado o acero, de forma que los anillos, ganchos, eslabones o argollas de los extremos sean del mismo material que las cadenas a las que van a ser fijados.
- Factor de seguridad como mínimo de 5 para la carga nominal máxima.
- Revisar las cadenas antes de su puesta en servicio vigilando el desgaste de los eslabones, dobleces, grietas, presencia de nudos, torceduras, etc. Especialmente con tiempo frío pues la cadena se fragiliza. Proteger la cadena del roce con aristas vivas, suelo, polvo, escorias, humedad y agentes químicos.
- Se retirarán las cadenas que presenten un 5% de reducción del diámetro por desgaste o que tengan un eslabón doblado, aplastado, estirado o abierto.
- Utilizar tambores, ejes o poleas que permitan el enrollado de la cadena sin torcedura.
- Realizar la unión entre el gancho de elevación y la cadena mediante un anillo, nunca directamente.
- Nunca sustituir un eslabón por un bulón o por una ligadura de alambre de hierro ni soldar un eslabón en una forja o con el soplete.
- Mantener correctamente engrasadas las cadenas para evitar problemas de corrosión que reduzcan la resistencia y la vida útil.

Ganchos.

- Serán de acero o hierro forjado de buena resistencia mecánica.
- Estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad que eviten el desprendimiento de las cargas o desenganche accidental. El gancho irá provisto de una lengüeta que impide la salida involuntaria del cable o cadena.
- Las partes en contacto con cadenas, cables o cuerdas serán redondeadas.
- Las eslingas y cadenas se engancharán de tal forma que descansen en el fondo de la curvatura del gancho y no en la punta.
- Queda absolutamente prohibido el uso de ganchos de fabricación improvisada a partir de acero de la obra.
- No se deformará el gancho para aumentar la capacidad de paso del cable. Los ganchos abiertos o doblados serán retirados.
- No soldar piezas al gancho pues el calentamiento modifica las características del acero.
- Si el gancho es móvil, debe estar bien engrasado de forma que gire libremente.
- Durante el enganchado de la carga se deberá controlar:
 - Que los esfuerzos sean soportados por el asiento del gancho, nunca por el pico.
 - Que el dispositivo de seguridad funcione correctamente.
 - Que las dimensiones y la disposición de la carga no tiendan a deformar la abertura del gancho.

Argollas y anillos

- Las argollas serán de acero forjado y constarán de un estribo y un eje ajustado que habitualmente se roscará a uno de los brazos del estribo. Nunca sustituir el eje de una argolla por un perno.
- El fabricante indicará la carga de trabajo de las argollas según el acero y el tratamiento térmico.

- Se recomiendan los anillos en forma de pera por ser estos más resistentes.
- Los anillos han de conservar su forma geométrica a lo largo del tiempo.
- Grilletes
- Al roscar el bulón deberá hacerse a fondo menos media vuelta.
- Realizar la unión de grilletes a través de la garganta de la horquilla, nunca por el bulón.
- Los estrobos y eslingas trabajarán sobre la garganta de la horquilla, nunca sobre las patas rectas ni sobre el bulón.
- El cáncamo tendrá el espesor adecuado para que no se produzca la rotura del bulón por flexión ni por compresión diametral.
- Nunca calentar o soldar sobre los grilletes.

Eslingas

- Vigilar la disminución de la resistencia de las eslingas especialmente en función de: desgaste del trabajo, presencia de nudos, soldaduras de los anillos terminales u ojales y uniones con los sujetacables. Las eslingas de cables no deberán estar oxidadas, presentar deformaciones ni tener mechas rotas ni nudos. Toda eslinga deformada se pondrá fuera de servicio.
- Las uniones o empalmes deberán quedar en las zonas libres trabajando únicamente a tracción.
- Se deben escoger eslingas (cables, cadenas, etc.) y aparatos de elevación (horquillas, garras, pinzas) apropiados a la carga. No utilizar jamás alambre de hierro o acero cementado.
- Los cables utilizados en eslingas sencillas y eslingas sinfín deben estar provistos en sus extremos de un anillo emplomado o cerrados por terminales de cable (sujeta-cables). Estos sujeta-cables deben ser de tamaño apropiado al diámetro de los cables y colocados de tal forma que el asiento se encuentre en el lado del cable que trabaja.
- Evitar dobleces excesivos en las eslingas, especialmente en los cantos vivos: se interpondrán entre las eslingas y dichos cantos vivos materiales blandos (madera, caucho, trapos, cuero, etc.)
- Comprobar siempre que la carga esté bien equilibrada y repartida entre los ramales, tensando progresivamente las eslingas.
- Tras el uso de las eslingas, serán colocadas sobre soportes. Si han de estar colgadas de los aparatos de elevación, se colocarán en el gancho y se subirá éste al máximo.
- Tener en cuenta las medidas y consignas en el uso de ganchos para el enganchado de cargas verificando el estado de dichos ganchos, funcionamiento de los dispositivos de seguridad, etc.
- Serán de aplicación las medidas y consignas reflejadas en los apartados de cadenas y cables según corresponda a la naturaleza de la eslinga.

Trácteles

- Deberán estar perfectamente engrasados quedando prohibido engrasar el cable del tráctel.
- Antes de cualquier maniobra deberá comprobarse:
 - Que el peso de la carga es adecuado al aparato a utilizar.
 - Los amarres de la carga y la utilización de cantoneras.

- Que la dirección del eje longitudinal del aparato sea la misma que la del cable (que no forme ángulo).
- No deberán maniobrase al mismo tiempo las palancas de marcha hacia delante o hacia atrás. La máquina deberá ser accionada por un solo operario.
- Utilizar cables de diámetro y longitud adecuados a la máquina y a la maniobra.
- Se tendrán en cuenta las normas y consignas correspondientes al uso de cables.

Poleas

- Previamente a su uso se comprobará el correcto funcionamiento: inexistencia de holguras entre polea y eje, inexistencia de fisuras y deformaciones, etc.
- Las gargantas de las poleas se acomodarán para el fácil desplazamiento y enrollado de las cadenas, cables y cuerdas. La superficie de la garganta será lisa y con bordes redondeados.
- Las poleas se revisarán y engrasarán semanalmente sustituyéndose cuando se noten indicios de desgaste, cuando se observe que los engrasadores no tomen grasa o cuando presente holgura sobre el eje.
- Las poleas se montarán siempre por intermedio de grilletes a fin de que puedan orientarse evitando que el cable tire oblicuamente de la polea, lo cual queda prohibido.
- Queda prohibido soldar sobre las poleas.

Medidas generales

- Verificación periódica y mantenimiento preventivo de cada máquina garantizando un eficaz funcionamiento de todos los dispositivos.
- Las órdenes serán emitidas mediante un código de señales gestuales que deberán conocer perfectamente tanto el encargado de la maniobra y sus ayudantes como el gruista, quien a su vez responderá por medio de señales acústicas o luminosas. Generalmente se utiliza el código de señales definido por la norma une 003.
- Utilizar siempre los dispositivos de izado de cargas recomendados por el fabricante del equipo de elevación.
- Nunca sobrecargar los equipos ni los dispositivos de izado.

Equipos de protección individual:

- Casco de seguridad
- Guantes de protección mecánica
- Calzado de seguridad: mínimo básico con puntera resistente a impactos y suela antideslizante.
- Ropa de protección.
- Gafas de protección.
- Ropa protección alta visibilidad.

Protecciones colectivas:

- Cartel indicativo de carga máxima admisible sobre el equipo de elevación en un lugar visible.
- Cinta de balizamiento para determinación del área de influencia del transporte de cargas.

4.23. MONTAJE DE SOPORTES

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos (piezas al izar).
- Desplome de aparatos de izado.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes contra objetos inmóviles
- Vuelco de maquinaria.
- Quemaduras.
- Proyección de partículas.
- Explosión e incendio.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Ruidos.
- Desprendimientos, desplome, derrumbe.
- Contactos térmicos.
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Acotar la zona de izado, cerrándola para las personas no autorizadas.
- No colocarse en la vertical de la pieza izada.
- Las orejetas de izado deben tener coeficiente de seguridad 6.
- No sobrecargar la grúa de izado.
- Colocar los estrobos de forma que no se puedan deslizar, realizando el izado de forma estable.
- Inspeccionar la zona para evitar obstáculos durante el izado.
- No utilizar la grúa para desencajar la pieza.
- Comprobar la solidez del terreno y los apoyos de la grúa.
- Cumplir las exigencias de mantenimiento de la grúa.
- Usar retenidas en los izados de piezas.
- No ponerse, jamás, entre un elemento fijo y una pieza izada.

- No permanecer en la zona de giro de la maquinaria.
- No coger los estrobos con la mano por las zonas próximas al gancho o a la pieza.
- Se respetarán, siempre, las tablas de cargas de los estrobos.
- Todos los elementos de izado tendrán su certificado de calidad.
- Los estrobos se revisarán antes de usarse, destruyendo los que no estén en condiciones de uso.
- Izar las piezas en la posición correcta, con la espalda recta.
- Para hacer esfuerzos posicionar el cuerpo en posturas estables.
- Para mover cargas pesadas usar medios de izado y la ayuda de otro compañero.
- Anclar el arnés a un punto fijo o a un cable vida.
- Mantener las botellas en posición vertical y atadas.
- Poner a todas las botellas de gases comburentes o combustibles válvulas de anti-retroceso a la salida del mano-reductor y entrada a la caña.
- Almacenar los gases por separado.
- No eslingar las botellas de gases.
- En lugares cerrados desconectar el soplete antes de parar el trabajo.
- Inspeccionar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles, madera, cables, goma.
- Inspeccionar la zona de trabajo y conocer la localización de los medios de extinción.
- No golpear los discos.
- Estudiar el comportamiento de la pieza cuando se corte, para evitar atrapamientos del disco.
- No utilizar cestas para trabajos en altura elaboradas artesanalmente. Debe trabajarse mediante plataformas elevadoras debidamente homologadas.

Equipos de protección individual:

- Casco de protección.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de goma y de cuero.
- Gafas de protección contra impactos y anti-polvo.
- Arnés anti-caídas.
- Los soldadores emplearán guantes, mandiles de cuero, gafas y botas con polainas.
- Protecciones auditivas.
- Mascarillas anti-polvo y gases.

Protecciones colectivas:

- Interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y 300 mA para fuerza.
- Limpieza en las zonas de trabajo.
- Iluminación adecuada de la zona de trabajo.

4.24. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de materiales por mala ejecución de la maniobra de izado y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Atrapamientos de manos o pies en el manejo de materiales.
- Atrapamientos de personas entre medios auxiliares (plataformas elevadoras, andamios, etc.) y equipos.
- Caídas de objetos o herramientas sueltas o en manipulación.
- Aplastamiento de personas.
- Explosiones o incendios debido al uso de gases en trabajos con soplete o por proyecciones incandescentes sobre productos inflamables.
- Caída o vuelcos de los medios de elevación.
- Proyecciones de partículas
- Conjuntivitis por arco eléctrico.
- Vuelco de maquinaria.
- Cortes y golpes en el manejo de materiales o herramientas.
- Quemaduras
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos (directos o indirectos)
- Los generados por trabajos superpuestos.
- Radiaciones no ionizantes.
- Radiaciones ionizantes.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se prohíbe utilizar flejes de los paquetes como asideros de carga.
- El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma, que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre.

- Los bancos de trabajo se mantendrán en buenas condiciones de uso, evitando se levanten astillas durante la labor.
- El local destinado a almacenar bombonas o botellas de gases licuados tendrá ventilación constante por “corriente de aire”, puerta con cerradura de seguridad e iluminación artificial en su caso.
- La iluminación eléctrica del local donde se almacenen las botellas o bombonas de gases licuados se efectuará mediante mecanismos estancos anti-deflagrantes de seguridad.
- El almacén de gases licuados se señalizará mediante “peligro explosión” y “prohibido fumar” y se instalará un extintor de polvo químico seco.
- Se prohíbe usar mecheros y sopletes junto a materiales inflamables y abandonarlos encendidos.
- Se controlará la dirección de la llama durante las operaciones de soldadura para evitar incendios.
- Se evitará soldar con las botellas o bombonas expuestas al sol.
- Los cables y mangueras se mantendrán colgados y ordenados evitando interferencias en zonas de paso.
- Se revisarán los medios auxiliares y de elevación, la instalación y herramientas eléctricas.
- Se colocarán calzos en los acopios para evitar deslizamientos de los materiales.
- Se evitarán en lo posible las caídas de partículas incandescentes, colocando mantas ignífugas o en su defecto se señalizará la zona de influencia.
- Para trabajos puntuales en altura se utilizarán plataformas elevadoras propulsadas. No autorizándose el uso de cestas colgadas sobre grúa para estos trabajos.
- Para los trabajos en altura se montarán andamios, en perfectas condiciones como marca la legislación vigente.
- En los andamios y plataformas no se acopiarán ni dejarán materiales innecesarios.
- Siempre se hará uso del arnés a más de 2 m de altura.
- Se instalarán cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no puedan montarse plataformas con barandillas.
- No se deben utilizar cestas de trabajo en altura que no se encuentren homologadas. Se deberán utilizar en la medida de lo posible plataformas elevadoras homologadas.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado con pantalla de soldador.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de trabajo.
- Mandil de cuero.
- Gafas de soldador.

- Yelmo de soldador.
- Pantalla de soldadura.
- Manoplas de cuero.
- Polainas de cuero.
- Arnés anti-caídas.
- Gafas de protección.
- Puntualmente mascarillas y protectores auditivos.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.25. PINTURA DE TUBERÍAS, SOPORTES Y ACCESORIOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Contactos eléctricos.
- Afecciones respiratorias por atmósferas nocivas.
- Contactos con sustancias químicas.
- Sobreesfuerzos.
- Vuelco de maquinaria.
- Los derivados de la rotura de las mangueras de compresores.
- Ruido
- Incendios.
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se utilizarán los medios de protección colectiva y personal para trabajos en altura al resto de actividades.
- Cuando la ventilación no sea la adecuada, se instalarán medios de extracción y/o se utilizarán mascarillas y en caso necesario equipos de respiración autónoma.
- Las pinturas y disolventes se mantendrán alejados de fuentes de calor, de proyecciones incandescentes y los recipientes cuando no se utilicen estarán siempre cerrados.
- Se impartirá formación a los operarios que realizan estos trabajos, sobre los riesgos que conllevan y las medidas preventivas que son necesarias para evitarlos.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Guantes de trabajo.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Gafas de protección.
- Mascarilla anti-polvo
- Mascarilla con filtro para sustancias químicas
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos para la buena disposición y distribución del personal, maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Utilización de andamios de seguridad metálicos, con barandillas de protección.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.26. MONTAJE DE EQUIPOS MECÁNICOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques contra objetos móviles e inmóviles.
- Golpes, cortes por objetos y herramientas.

- Pisadas sobre objetos.
- Proyección de fragmentos y partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Exposición a sustancias nocivas.
- Contactos eléctricos
- Contactos térmicos
- Ruido
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Herramientas manuales en buen estado de conservación.
- Maquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).
- Cuando el equipo vaya en el techo o sobre una fachada o muro, tanto al exterior como al interior, sobre el vacío, se utilizarán andamios tubulares debidamente arriostrados, o andamios colgados suficientemente anclados.
- Para trabajos puntuales en altura se utilizarán plataformas elevadoras homologadas. No autorizándose el uso de cestas colgadas sobre grúa para estos trabajos.
- Utilización de redes elásticas para delimitar las posibles caídas del personal que interviene en los trabajos, colocándose estas de manera que la altura máxima de caída sea de 6 m, siendo de fibra, poliamida o poliéster con una cuadrícula máxima de 10 x 10 cm.
- Todas las zonas de izado y arriado de materiales estarán permanentemente señalizadas mediante acordonamiento, con cinta reflexible, (blanca y roja), evitando el estacionamiento y paso de personas.
- El personal que realice este tipo de trabajos estará debidamente cualificado para realizarlos.
- El acopio de los materiales se efectuará en el lugar señalado para ello, y se utilizaran los medios de inmovilización y sujeción adecuados para evitar posibles desplazamientos.
- La Dirección facultativa, junto con los distintos suministradores de los equipos planificará las medidas de seguridad a establecer y los caminos a seguir entre la zona de recepción o de almacenamiento y la de instalación.
- Se utilizarán medios de calzado e inmovilización para impedir desplazamientos o caídas accidentales de equipos antes de su instalación y fijación definitiva.
- Todos los trabajos de soldadura se realizarán siguiendo las medidas preventivas aplicables a este tipo de trabajo. Se tomarán medidas especiales (NTP-223) para los trabajos en espacios confinados.

- Se esmerará el orden y la limpieza en las vías de paso para el transporte de equipos para su instalación, así como en las áreas de trabajo.
- Las maniobras serán dirigidas por una sola persona. En caso de no tener visibilidad, se utilizarán radioteléfonos para comunicarse, y así poder ser dirigidas por la misma persona.
- Se utilizarán los medios adecuados a la carga a izar, estrobos, eslingas de cables, redes, siendo revisados antes de hacer la estrobada.
- Cuando se transporten cargas con grúas, se izarán a la menor altura posible.
- Todas las cargas de materiales deben ir adecuadamente sujetas a las máquinas que las transportan.
- Se prohíbe permanecer o transitar sobre cargas suspendidas o en movimiento.
- No se pueden transportar personas en las máquinas de trabajo.
- No se realizarán tiros oblicuos, se utilizarán poleas de reenvío.
- A la hora del montaje el terreno será firme y se situarán las máquinas de manera que se corra el menor riesgo posible.
- En caso de que las máquinas no estén en perfecto estado de funcionamiento, deberá comunicarse al mando superior. Nunca se comenzará a trabajar sin una total garantía de seguridad.
- En el estrobado, en el caso de que la pieza no sea cilíndrica, se colocarán cantoneras metálicas (si es posible) en las aristas. Estas cantoneras deberán ir sujetas con cadenas para que, en el momento del desestrobado, queden sujetas al mismo.
- Antes de soltar la maniobra, la pieza deberá estar sujeta con un mínimo del 35% de tornillos o soldadura.
- Los grilletes nunca se deben tirar desde altura, por peligro de posibles fisuras, imposibles de apreciar a simple vista.
- Realizar el montaje de las escaleras definitivas, a la vez que el montaje de la estructura, para que ésta tenga un buen acceso. Si, por cualquier circunstancia, no se pueden montar las definitivas, se montarán escaleras de gato con protección.
- Siempre que sea posible, se sustituirán los estrobos por cáncamos (atornillados o soldados).
- Cuando las piezas estén suspendidas por grúas o maniobras, irán conducidas por cuerdas de retenida.
- Se debe hacer uso del arnés siempre que se trabaje en altura.
- No cogerse a las piezas transportadas por grúas.
- No situarse nunca debajo de las cargas suspendidas.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado con pantalla.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Ropa de trabajo adecuada.

- Guantes de goma y de cuero.
- Gafas de protección contra impactos y anti-polvo.
- Arnés anti-caídas homologado en situaciones de riesgo de caída.
- Los soldadores emplearán guantes, mandiles de cuero, gafas y botas con polainas.
- Protecciones auditivas.
- Mascarillas anti-polvo y gases.

Protecciones colectivas:

- Interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y 300 mA para fuerza.
- No utilizar la entibación, bandejas, etc., como escalas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Utilización de andamios de seguridad metálicos, con barandillas de protección.
- Escaleras de mano sujetas y con dispositivo antideslizante.
- Anclajes firmes para elementos de elevación, cabrestantes, trácteles, etc.
- Iluminación adecuada con focos fijos a 220 v y portátiles a 24 v.
- Orden y limpieza en los tajos.
- Las zonas de trabajo deben estar acotadas y señalizadas, para que nadie ajeno al trabajo penetre en la zona.

4.27. MONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Corte por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Pinchazos en las manos por manejo de guías y conductores.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes, cortes por objetos y herramientas.
- Sobreesfuerzos.
- Vuelco de maquinaria.
- Contactos eléctricos.
- Quemaduras.
- Atrapamientos
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico se observará el cumplimiento de las cinco reglas de oro:
 - Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión.
 - Enclavamiento y bloqueo de los aparatos de corte señalizado en el mando.
 - Comprobación de ausencia de tensión.
 - Puesta a tierra y en cortocircuito de las instalaciones a intervenir.
 - Aislar todas las partes vecinas que se encuentren bajo tensión.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y aislamiento de los conductores.
- Herramientas manuales en buen estado de conservación.
- Maquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).
- El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado siempre por personal especialista.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando “portalámparas estancos con mango aislante” y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 v.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetes.
- Las herramientas de los instaladores eléctricos cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado, de forma inmediata.
- Para evitar la conexión accidental a la red de la instalación eléctrica, el último cableado que se ejecutará será el que va del cuadro general al de la “compañía suministradora” guardando en lugar seguro los mecanismos necesarios para la conexión, que serán los últimos en instalarse.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.
- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica, se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos e indirectos, de acuerdo con el R.E.B.T.
- La entrada en servicio de las celdas de transformación, se efectuará con el edificio desalojado de personal, en presencia de la Dirección Facultativa.
- Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación se procederá a comprobar la existencia real en la sala, de la banqueta de maniobras, pértigas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín, y que los operarios se encuentran vestidos con los equipos de protección individual.
- Las cajas de enchufes tendrán claramente reflejada la tensión de la corriente.

- Los cuadros de distribución y las máquinas eléctricas no portátiles estarán conectadas a la toma de tierra general. Las máquinas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento, y estarán conectadas a la red por medio de disyuntores diferenciales.
- El manejo de baterías se realizará utilizando los equipos de protección individual apropiados para manejo de sustancias peligrosas (p.e. ácido sulfúrico).

Trabajos bajo líneas eléctricas

- Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
- No se realizará ninguna labor en proximidad a la línea eléctrica, cuyo corte se ha solicitado, hasta haber comprobado que las tomas a tierra de los cables están concluidas y el operario de la compañía propietaria de la línea así lo comunique.
- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra queda fijada en 5 m en zonas accesibles durante la construcción.
- Antes de comenzar los trabajos, se balizará la distancia de seguridad de la línea eléctrica para la construcción del pórtico de protección, según el siguiente procedimiento:
 - Se marcarán mediante taquímetro, teodolito, etc. alineaciones perpendiculares a la línea a nivel del suelo, a la distancia de 5 m de separación.
 - Sobre cada alineación se marcará a cada lado de la línea, la distancia de 5 m según los casos, más el 50% del ancho del conjunto del cableado del tendido eléctrico.
 - Sobre los puntos así obtenidos, se levantarán pies derechos (madera preferiblemente) de una altura de 5 m en los que se habrá pintado una franja de color blanco a esa altura bajo la línea.
- El recorrido del giro del brazo de la grúa quedará limitado al recorrido acotado por la intersección de éste, con la distancia de seguridad reglamentaria.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado con pantalla.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Botas aislantes de la electricidad.
- Calzado de protección dieléctrica.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de goma y de cuero.
- Guantes dieléctricos, alfombrilla aislante, pantalla facial aislante.
- Gafas de protección contra impactos.
- Arnés y equipo anti-caída en situaciones de riesgo de caída a distinto nivel.
- Los soldadores emplearán guantes, mandiles de cuero, pantalla de soldador y botas con polainas.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas, nunca inferior a 250 lux medidos a 2 m del suelo.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Utilización de andamios de seguridad metálicos, con barandillas de protección.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Comprobadores de tensión.
- Equipos de puesta a tierra.
- Herramientas aislantes

4.28. MONTAJE DE BANDEJAS PARA CABLEADO

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Cortes por manejo de herramientas o por manejo de las propias bandejas.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Vuelco de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos.
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se revisará el estado de los estrobos y para protegerlos se colocarán cantoneras.
- Se comprobará antes del izado el perfecto estado del aparato de elevación.
- Se elevará la carga de forma suave y continua.
- Se vigilará que, durante la operación de izado, ninguna persona esté situada en la vertical de carga.
- En cada maniobra se designará a una persona con conocimiento de los gestos convencionales de guiado que será quien ordene los movimientos correspondientes a la maquinaria.
- El gruista debe dominar visualmente todo el campo de influencia de la carga y si no lo consigue deberá disponer de un ayudante que le dirija.
- No se acompañará la carga con las manos, si es preciso guiar la carga, utilizar útiles adecuados, tampoco se intentará controlar o parar la carga de forma manual.
- Durante el montaje de soportes se comprobará el perfecto estado de los taladros y cables, que deberán estar en perfectas condiciones de aislamiento.
- Serán conectadas a la red por medio de disyuntores diferenciales.
- La broca a utilizar corresponderá a la medida del taladro a colocar.
- En trabajos en altura a más de 2 m es obligatorio el uso del arnés anti-caídas.

- En la colocación de las bandejas se usarán llaves de la medida adecuada a las tuercas.
- Se comprobará el perfecto estado de dichas llaves, debiendo tener las bocas bien templadas y sin desgastar.
- Ningún operario irá subido en el lugar destinado a la carga.
- Si se requiriese el uso de escaleras y/o andamios dichos elementos estarán homologados y en perfectas condiciones.

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra impactos.
- Arnés anti-caídas homologado en situaciones de riesgo de caída a distinto nivel.
- Los soldadores emplearán guantes, mandiles de cuero, pantalla de soldador y botas con polainas.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.29. INSTALACIÓN Y TENDIDO DE CABLES

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.

- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Vuelco de maquinaria.
- Contactos eléctricos.
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se revisará el estado de los estrobos y ejes.
- Se engancharán las bobinas de forma correcta y se comprobará el perfecto funcionamiento de los útiles de elevación antes de proceder al izado del cable.
- Las bobinas durante el transporte irán calzadas.
- Ningún operario podrá ir subido en el camión, en el lugar destinado a las bobinas, durante el transporte.
- Antes de iniciar la operación de asentamiento de las bobinas sobre gatos y cunas, se revisará el estado de los gatos y cunas, así como su capacidad para resistir los pesos a los que van a ser sometidos. Se elegirá el sitio más idóneo para su colocación.
- Se elegirá el eje más apto, dependiendo de las características de la bobina.
- La colocación de los rodillos se realizará a una determinada distancia entre sí, dependiendo del diámetro y peso del cable.
- Si los rodillos están situados en el suelo, se colocarán en sitios visibles para evitar golpes contra ellos.
- Si van colocados sobre las bandejas, se amarran para evitar su deslizamiento o posible caída.
- Durante el tendido habrá total coordinación entre los operarios y las personas que estén dirigiendo los trabajos.
- Cuando las condiciones del lugar de tendido lo requieran, será colocada una camisa con cuerda a la punta del cable para facilitar su tendido.
- El tendido se realizará de forma suave, evitando tirones bruscos.
- En trabajos en altura es obligatorio el uso de arnés.
- Si se requiere el uso de escaleras y andamios, estos serán homologados, se encontrarán en buen estado y con sus elementos completos.
- No se desplazará el personal por las bandejas de cableado.
- Todo acopio de bobinas que no estén en uso deberá estar correctamente balizado y ordenado.
- Los trabajos se realizarán sin tensión, durante el montaje.
- Desconexión eléctrica de la zona de trabajo y aislamiento de las partes conductoras.
- Comprobación de la no existencia de tensión en la zona de trabajo.

- Todos los componentes de la instalación cumplirán las especificaciones de las Normas Oficiales correspondientes.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70 %, así como en ambientes corrosivos se potenciarán las medidas de seguridad.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y aislamiento de los conductores.
- Herramientas manuales aisladas y en buen estado de conservación.
- Maquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad anti-perforantes.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de goma.
- Guantes dieléctricos, pantalla facial protectora, alfombrilla aislante y banqueta aislante.
- Gafas de protección contra impactos.
- Arnés anti-caídas homologado en situaciones de riesgo de caída a distinto nivel.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.30. CONEXIONADO DE CABLES

- Riesgos asociados a la actividad:
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.

- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Vuelco de maquinaria.
- Contactos eléctricos.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras o consignas preventivas:

- Los trabajos se realizarán sin tensión, durante el montaje de la instalación.
- Descargo eléctrico de la línea o el equipo y conectar a tierra y en cortocircuito.
- Comprobación de que los cables o el equipo no está en tensión.
- No conexionar nunca en cuadros sometidos a tensión.
- Comprobar el perfecto estado de los sistemas de comprobación de ausencia de tensión.
- Utilización de suelo o banqueta aislante.
- Estricta observación de las distancias mínimas de seguridad, para los trabajos efectuados en la proximidad de instalaciones en tensión de A. T.
- Para trabajos en tensión el personal estará específicamente adiestrado.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70 %, así como en ambientes corrosivos se potenciarán las medidas de seguridad.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y aislamiento de los conductores.
- Herramientas manuales aisladas y en buen estado de conservación.
- Para la preparación y pelado del cable, se usará siempre la herramienta adecuada (pelacables, alicate de corte, prensa-terminales, etc.).
- No colocar las manos delante del trayecto del pelacables.
- Maquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

Equipos de protección individual:

- Casco de protección.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Calzado de protección dieléctrico.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de goma y de cuero.
- Guantes dieléctricos para maniobras en tensión, pantalla facial aislante, pértiga aislante, banqueta aislante o manta aislante.
- Gafas de protección contra impactos.
- Arnés anticaídas en situaciones de riesgo de caída a distinto nivel.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

4.31. INSTALACIÓN E INTERCONEXIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Contactos eléctricos.
- Vuelco de maquinaria.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Los trabajos se realizarán sin tensión, durante el montaje de la instalación.
- Descargo eléctrico del equipo y conectar a tierra y en cortocircuito.
- Comprobación de que el equipo no está en tensión.
- Estricta utilización del sistema de señalización a base de tarjetas de “Prohibición de maniobras y de pruebas”, de obligado cumplimiento.
- Para trabajos en tensión en B. T. el personal estará específicamente adiestrado para TET-BT.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70 %, así como en ambientes corrosivos se potenciarán las medidas de seguridad.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y aislamiento de los conductores.
- Herramientas manuales aisladas y en buen estado de conservación.
- Maquinas herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble aislamiento y utilización de bajas tensiones de alimentación, así como protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

Equipos de protección individual:

- Casco homologado.
- Botas de seguridad anti-perforante.
- Chaleco reflectante o ropa de alta visibilidad.
- Guantes de protección (goma y cuero).
- Gafas de protección.
- Ropa de trabajo adecuada.
- En caso de trabajos con riesgo eléctrico, calzado dieléctrico, guantes dieléctricos, pantalla facial aislante, pértiga aislante, banqueta aislante.
- Arnés anti-caídas homologado, en caso de trabajos a más de 2 m de altura.

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos, para la buena disposición y distribución del personal y de la maquinaria y materiales.
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas de acuerdo con la Norma Oficial vigente sobre iluminación en los centros de trabajo.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.

4.32. ACTIVIDADES DE PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Se entiende por actividades de pruebas y puesta en marcha al conjunto de pruebas, trabajos y ensayos que hay que realizar antes de entregar al cliente la planta con todas las garantías sobre su correcto funcionamiento.

Destacar:

- Energizaciones de cuadros
- Energizaciones de los trafos principales, auxiliares y componentes.
- Alimentaciones provisionales y definitivas.
- Pruebas funcionales y pre-operacionales.
- Pruebas de presión.
- Verificación de los soportes
- Pruebas de lógica y señales.
- Pruebas de lazos (frío y caliente)
- Arranque de componentes y sistemas

4.32.1. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques y golpes contra objetos inmóviles.
- Choques y golpes contra objetos móviles.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas.
- Vuelco de maquinaria.
- Explosiones.
- Incendios.
- Ruidos
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se cumplirán las prescripciones del RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, especialmente lo establecido en el anexo IV: Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.
- Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico se observará el cumplimiento de las cinco reglas de oro:
 - Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión.
 - Enclavamiento y bloqueo de los aparatos de corte señalizado en el mando.
 - Comprobación de ausencia de tensión.
 - Puesta a tierra y en cortocircuito de las instalaciones a intervenir.
 - Aislar todas las partes vecinas que se encuentren bajo tensión.
- Se cumplirán los procedimientos de trabajo propios del Departamento de Puesta en Marcha.
- Se seguirán las instrucciones indicadas en los procedimientos de seguridad del emplazamiento.
- Todos los equipos usados para la puesta en marcha (pértigas, banquetas aislantes, multímetros, “meggers”, etc.) deberán estar convenientemente calibrados.
- Durante la realización de las pruebas se señalará correctamente la zona de trabajo y se tomarán las medidas de seguridad adecuadas para la protección del personal y equipos. Se indicará peligro de Alta tensión, circundando el área de los trabajos para evitar riesgos al personal, cuando las tensiones de trabajo superen los 1000 v.
- Todas las verificaciones previas de los equipos (estado de limpieza, estado de la pintura, estanqueidad, aprietes de tornillos, disposición de las fases y colores, etc.) se deberá realizar antes de energizar los equipos.
- Verificar que los equipos y sus componentes han sido debidamente probados en fábrica
- Comprobar que todos los equipos se encuentran debidamente identificados.
- En baterías, comprobar que los interruptores automáticos de cada una de ellas con su correspondiente cuadro de corriente continua están abiertos y no pueden ser cerrados sin previo aviso.
- La sala donde se ubiquen baterías deberá estar bien ventilada y contará con los elementos de seguridad necesarios (lavajos, agua de lavado, etc.)
- En rectificadores comprobar que los siguientes elementos están abiertos y no pueden ser cerrados sin previo aviso:
 - Interruptores automáticos de alimentación a cada uno de los rectificadores
 - Interruptores automáticos de alimentación a los cuadros de distribución de corriente continua
 - Interruptores automáticos de salida de los cuadros de distribución de corriente continua
- En interruptores, contactores y trafos de tensión e intensidad, comprobar que no hay tensión en el devanado de alta de los trafos auxiliares de alimentación a barras de , ni existe la posibilidad de que se restituya sin previo aviso.

- En pruebas de transformadores del sistema de Baja Tensión:
 - Comprobar que las protecciones eléctricas se encuentran operativas y ajustadas.
 - Comprobar que las envolventes de los transformadores han sido conectadas a la red de tierras.
 - Comprobar que no hay tensión en el devanado de alta de los transformadores, ni existe la posibilidad de que se restituya sin previo aviso.
- En pruebas de transformadores de potencia:
 - Las tierras de las masas del transformador están conectadas.
 - Comprobar que el transformador está desenergizado con todas las partes activas sin tensión.
 - Comprobar que el neutro del transformador (en la conexión estrella) se encuentra conectado a tierra.
 - Comprobar que las porcelanas de las bornas están limpias.
 - Comprobar que la red contra incendios del transformador está operativa
 - Comprobar que las autoválvulas de protección se encuentran operativas.
- Cuando se utilice el “megguer” para comprobar la resistencia de aislamiento del equipo a poner en marcha, se señalará adecuadamente todas las partes del sistema con las que alguien pudiera ponerse en contacto de forma accidental y recibir una descarga eléctrica. Comprobar que el sistema no puede ser alimentado por una fuente de tensión distinta, así como la descarga adecuada de los circuitos antes y después de cada medida.
- Verificar que el equipamiento de seguridad de la sala está disponible y que el sistema de protección contra incendios está operativo.
- Comprobar que los equipos han sido adecuadamente conectados a la red de tierras de la central y que ésta se encuentra operativa.
- Durante la realización de las pruebas, tanto el área de trabajo como los equipos permanecerán convenientemente señalizados según se describa en el procedimiento de seguridad. No se permitirá el acceso a la zona de personal ajeno a PEM.
- Se tomarán las medidas de seguridad para Trabajos en Tensión necesarias para la protección de personas y equipos; según lo establecido en el anexo III del RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Queda terminantemente prohibido fumar durante las pruebas en zonas clasificadas como 0 y 1 según el RD 681/2003 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. En el resto de zonas siempre que no exista riesgo de incendio y/o explosión, se seguirán las indicaciones marcadas por el equipo de seguridad y salud laboral del emplazamiento.
- Queda terminantemente prohibido usar teléfonos móviles y walki-talkies que no sean anti-deflagrantes durante las pruebas en zonas clasificadas como 0 y 1 según el RD 681/2003 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Durante y después de la realización de las pruebas, se regulará el acceso del personal a la zona de ubicación de las instalaciones energizadas-probadas.

Equipos de protección individual:

- Casco de protección, nivel de aislamiento hasta 440 V.
- Guantes dieléctricos adecuados al nivel de tensión de trabajo.
- Gafas de protección
- Pantalla de protección facial (cuando exista riesgo de proyección por explosión)
- Calzado con plantilla y puntera reforzada de composite (no metálicas) y suela aislante.
- Ropa de trabajo adecuada
- Chaleco reflectante.
- Arnés anti-caídas.
- Protecciones auditivas (cuando se superen los límites de ruido establecidos por normativa).

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Equipos de medición de atmósferas explosivas.
- Banquetas aislantes
- Pértigas aislantes y adecuadas al nivel de tensión
- Puestas a tierra aisladas
- Telas vinílicas o mantas aislantes

4.32.2. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS MECÁNICOS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques y golpes contra objetos inmóviles.
- Choques y golpes contra objetos móviles.

- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.
- Vuelco de maquinaria.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas.
- Explosiones.
- Incendios.
- Otros.

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se cumplirán los procedimientos de trabajo propios del Departamento de Puesta en Marcha.
- Se seguirán las instrucciones indicadas en los procedimientos de seguridad del emplazamiento.
- Todos los equipos y herramientas usados para la puesta en marcha del equipo deberán estar convenientemente calibrados.
- Verificar que todos los equipos se encuentran conectados a tierra y que la red de tierras de la central se encuentra disponible.
- Comprobar que la zona donde se encuentre el elemento a poner en servicio se encuentra limpia y en condiciones de trabajo seguro.
- Durante la realización de las pruebas se señalará correctamente la zona de trabajo y se tomarán las medidas de seguridad adecuadas para la protección del personal y equipos. Se indicará peligro de Alta tensión, circundando el área de los trabajos para evitar riesgos al personal, cuando las tensiones de trabajo superen los 1000 v.
- Todas las verificaciones previas de los equipos (estado de limpieza, estado de la pintura, estanqueidad, aprietes de tornillos, disposición de las fases y colores, etc) se deberá realizar antes de energizar los equipos.
- Verificar que los equipos y sus componentes han sido debidamente probados en fábrica.
- Comprobar que todos los equipos se encuentran debidamente identificados.
- Durante la realización de pruebas, tanto el área de trabajo como los equipos permanecerán convenientemente señalizados.
- En grupo diésel:
 - Verificar que las entradas y salidas de aire de la sala del grupo diésel no están obstruidas.
 - Verificar que los equipos están correctamente puestos a tierra.

- Verificar visualmente la ausencia de vertidos de aceite, agua, combustible o electrolito (baterías) así como el correcto nivel de los mismos.
- Cuando se utilice el megguer para comprobar la resistencia de aislamiento del equipo a poner en marcha, se señalará adecuadamente todas las partes del sistema con las que alguien pudiera ponerse en contacto de forma accidental y recibir una descarga eléctrica. Comprobar que el sistema no puede ser alimentado por una fuente de tensión distinta, así como la descarga adecuada de los circuitos antes y después de cada medida.
- Cuando los equipos que se hayan de comprobar estén conectados eléctricamente, se deberán tomar las debidas precauciones de manejo del equipo en tensión.
- Queda terminantemente prohibido fumar durante las pruebas en zonas clasificadas como 0 y 1 según el RD 681/2003 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. En el resto de zonas siempre que no exista riesgo de incendio y/o explosión, se seguirán las indicaciones marcadas por el equipo de seguridad y salud laboral del emplazamiento.
- Queda terminantemente prohibido usar teléfonos móviles y walki-talkies que no sean antideflagrantes durante las pruebas en zonas clasificadas como 0 y 1 según el RD 681/2003 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Durante y después de la realización de las pruebas, se regulará el acceso del personal a la zona de ubicación de las instalaciones probadas.

Equipos de protección individual:

- Casco de protección.
- Pantalla de protección facial (cuando sea necesario).
- Gafas de protección.
- Botas de seguridad
- Chaleco reflectante.
- Guantes de protección
- Ropa de trabajo adecuada a la actividad
- Arnés anti-caídas.
- Protecciones auditivas (cuando se superen los límites de ruido establecidos por normativa).
- Equipos de protección anti-ácido

Protecciones colectivas:

- Organización diaria de los trabajos
- Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Las zonas de trabajo estarán bien iluminadas.
- Utilización de vallas o cordones de balizamiento en señalización de las áreas de trabajo que así lo requieran por trabajos en el mismo plano.

- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.
- Equipos de medición de atmósferas explosivas.

4.32.3. PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS QUE SUPONGAN TRASIEGO O MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Riesgos asociados a la actividad:

- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personas al mismo nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choques y golpes contra objetos inmóviles.
- Choques y golpes contra objetos móviles.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.
- Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Contactos térmicos.
- Vuelco de maquinaria.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas.
- Explosiones.
- Incendios.
- Ruidos
- Otros

Normas de seguridad y medidas preventivas

Medidas correctoras y/o preventivas:

- Se señalizará adecuadamente la zona afectada por la limpieza química o manejo de sustancias.
- Asegurar que los elementos primarios e instrumentación u otros aparatos de medida definitivos han sido desmontados para evitar que sean dañados y tapados los racores o huecos que ocupaban.
- En todos los recipientes usados para el almacenamiento de productos químicos, se deberá indicar de forma clara y visible el producto que contiene, debiendo disponer de igual modo de la ficha de seguridad del producto.
- La manipulación de sustancias químicas deberá realizarse sólo por personal debidamente cualificado para ello en base a su formación y experiencia y en locales que dispongan de ventilación suficiente y sin focos de ignición en las cercanías.