



**RESUMEN DE FIRMAS DEL DOCUMENTO**

COLEGIADO1

COLEGIADO2

COLEGIADO3

COLEGIO

COLEGIO

OTROS

OTROS

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





# Anteproyecto de una planta solar fotovoltaica de 6 MW denominada Espartales, en el T.M. de Sariñena (Huesca)

PROMOTOR:

*SALIX ENERGIAS RENOVABLES S.L.*



NOVIEMBRE DE 2020

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS Profesional
24/11 2020
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO ANTEPROYECTO: 201322
 COIINVA



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>MEMORIA TECNICA.....</b>	<b>7</b>
1.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
1.1.1	PETICIONARIO - PROMOTOR .....	7
1.1.2	REDACTOR.....	7
1.2	OBJETO.....	8
1.3	ANTECEDENTES.....	8
1.4	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CON CONEXIÓN A RED - GENERALIDADES .....	9
1.4.1	FOMENTO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES.....	12
1.4.2	VENTA DE ENERGIA EN EL MERCADO ELECTRICO .....	13
1.4.3	GESTION DE LA ENERGIA. ACTIVIDAD DEL COMERCIALIZADOR.....	14
1.5	UBIACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	15
1.6	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	15
1.6.1	CARACTERISTICAS CLIMÁTICAS.....	16
1.7	NORMATIVA APLICABLE.....	18
1.8	EQUIPOS PRINCIPALES .....	21
1.8.1	MODULO FOTOVOLTAICO .....	21
1.8.2	INVERSORES ELECTRONICOS .....	25
1.8.3	INSTALACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA ELECTRICA BT/MT.....	29
1.8.4	TRANSFORMADOR.....	36
1.8.5	CELDAS DE MEDIA TENSION .....	41
1.9	EQUIPOS SECUNDARIOS .....	42
1.9.1	ESTRUCTURA DE SUPORTACION.....	42
1.9.2	CUADROS ELECTRICOS – CUADROS DE STRING.....	47
1.9.3	CABLES Y TERMINALES.....	49
1.9.4	PROTECCIONES .....	51
1.10	INSTALACIONES.....	53
1.10.1	SEGUIDORES SOLARES Y SERVICIOS AUXILIARES.....	53
1.10.2	PUESTA A TIERRA .....	54
1.10.3	MONITORIZACION DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA .....	56
1.10.4	MEDIDA.....	60
1.11	REQUISITOS TECNICOS DE CONEXIÓN DE SISTEMAS HVDC P.O.12 .....	60
1.11.1	OBJETO.....	61
1.11.2	DEFINICIONES .....	61
1.11.3	AMBITO DE APLICACION.....	61
1.11.4	POWER PLANT CONTROLLER - PPC.....	62
1.12	OBRA CIVIL .....	63
1.12.1	PREPARACION DEL TERRENO.....	64
1.12.2	CIMENTACIONES DE LAS POWER STATION.....	64
1.12.3	CANALIZACIONES .....	64

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)**



1.12.4	DESMONTE Y TERRAPLENADO (RELLENO).....	67
1.12.5	SISTEMA DE DRENAJE .....	67
1.12.6	VALLADO PERIMETRAL Y ACCESO A LA PLANTA FOTOVOLTAICA .....	68
1.13	NORMATIVA URBANISTICA.....	70
1.14	PRODUCCION ESTIMADA POR LA INSTALACIÓN .....	71
1.15	GARANTIAS Y MANTENIMIENTO .....	74
1.15.1	GARANTIAS .....	74
1.15.2	MANTENIMIENTO .....	74
1.16	DEFINICION DE ETAPAS, METAS E HITOS A ALCANZAR .....	74
<b>2</b>	<b>ANEXO I CÁLCULOS .....</b>	<b>76</b>
2.1	CALCULO DE LA CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA.....	76
2.1.1	CONFIGURACION SERIE-PARALELO DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS .....	76
2.1.2	CALCULO DEL SEGUIDOR SOLAR Y DISTANCIAS ENTRE FILAS DE GENERADORES.....	79
2.2	CALCULOS ELECTRICOS DE CENTRO DE TRANSFORMACION.....	83
2.2.1	AISLAMIENTO DE LOS MATERIALES.....	83
2.2.2	INTENSIDAD NOMINAL EN MEDIA TENSION .....	83
2.2.3	INTENSIDAD NOMINAL EN BAJA TENSION .....	84
2.2.4	CARACTERISTICAS DE CELDAS DE MEDIA TENSION.....	85
2.2.5	PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR.....	86
2.2.6	PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACION .....	86
2.3	CALCULO DE CAMPOS MAGNETICOS .....	89
2.3.1	DESCRIPCION .....	89
2.3.2	CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO .....	91
2.3.3	CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO GENERADO POR CABLE DE BAJA TENSION .....	92
2.3.4	CAMPO MAGNETICO GENERADO POR CABLE DE MEDIA TENSION .....	95
2.3.5	CAMPO MAGNETICO GENERADO POR TRANSFORMADOR.....	95
2.3.6	CERTIFICADOS Y ENSAYOS .....	95
2.4	ESTUDIO DE NIVELES DE RUIDO EN CENTRO DE TRANSFORMACION.....	96
2.5	CALCULOS ELECTRICOS PLANTA DE GENERACION .....	96
2.5.1	NOMENCLATURA Y FORMULAS UTILIZADAS.....	97
2.5.2	PUESTA A TIERRA .....	98
2.6	PROTECCIONES ELECTRICAS .....	100
2.6.1	CORRIENTE CONTINUA .....	100
2.6.2	CORRIENTE ALTERNA .....	100
2.7	SECCIONES DE CABLEADO.....	101
2.7.1	CALCULO DE SECCIONES POR CRITERIO TERMICO .....	102
2.7.2	CALCULO DE SECCIONES POR CRITERIO DE CAIDA DE TENSION .....	102
2.7.3	RESULTADOS.....	103
2.8	CALCULO DE LA PRODUCCION.....	104
<b>3</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>116</b>

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  


COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322-24/11/20  
**VISADO**  
 ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA CONSTRUIR HASTA EL VISADO DEFINITIVO COMO -PROYECTO-

**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES  
EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)**



3.1	INTRODUCCION.....	116
3.2	NORMATIVA APLICABLE.....	117
3.3	DISPOSICIONES GENERALES.....	118
3.3.1	DIRECCION DE OBRA.....	119
3.3.2	CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO.....	120
3.3.3	PERSONAL DEL CONTRATISTA.....	121
3.3.4	ORDENES AL CONTRATISTA.....	121
3.3.5	LIBRO DE INCIDENCIAS.....	122
3.3.6	OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES DEL CONTRATISTA.....	123
3.3.7	RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA.....	123
3.3.8	PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	124
3.3.9	SUBCONTRATAS.....	124
3.3.10	GASTOS DE ENSAYO DE HINCA Y RESISTENCIA AL ARRANQUE.....	125
3.3.11	MODIFICACIONES DEL PROYECTO DURANTE LA EJECUCION DEL CONTRATO DE OBRAS.....	125
3.3.12	PROGRAMA DE TRABAJO A PRESENTAR POR EL CONTRATISTA.....	126
3.3.13	APORTACION DE EQUIPOS DE MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.....	126
3.3.14	MATERIAL DE REPUESTO.....	127
3.3.15	TERMINACION DE LAS OBRAS.....	128
3.3.16	RECEPCION DE OBRA Y PLAZO DE GARANTIA.....	128
3.3.17	CERTIFICACION Y LIQUIDACION FINAL.....	130
3.4	CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR MATERIALES, HERRAMIENTA Y MAQUINARIA....	130
3.4.1	ACOPIO DE MATERIALES.....	130
3.4.2	RECEPCION DE LOS MATERIALES.....	131
3.4.3	ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES.....	132
3.4.4	EXAMEN DE LOS MATERIALES.....	132
3.4.5	ENSAYOS Y PRUEBAS.....	133
3.4.6	MATERIALES QUE NO REUNAN LAS CONDICIONES NECESARIAS.....	134
3.4.7	MATERIALES DEFECTUOSOS QUE RESULTEN ACEPTABLES.....	134
3.4.8	MATERIALES NO ESPECIFICADOS.....	135
3.5	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES.....	135
3.5.1	MODULOS FOTOVOLTAICOS.....	135
3.5.2	ESTRUCTURA DE SOPORTE – SEGUIDORES SOLARES.....	138
3.5.3	POWER STATION - INVERSORES DE CORRIENTE Y CENTRO DE TRANSFORMACION.....	140
3.5.4	CUADROS DE STRING.....	141
3.5.5	CUADROS ELECTRICOS DE MANIOBRA Y PROTECCION.....	143
3.5.6	RECEPTORES ELECTRICOS (luminarias y motores).....	145
3.5.7	CABLEADO DE BAJA TENSION DE CORRIENTE CONTINUA.....	146
3.5.8	CABLEADO DE BAJA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA.....	148
3.5.9	CABLEADO DE MEDIA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA.....	149
3.5.10	CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS.....	150
3.5.11	CANALIZACIONES ELECTRICAS.....	153
3.5.12	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	164
3.5.13	SISTEMA DE MONITORIZACION.....	165
3.5.14	EXCAVACIONES DE ZANJAS.....	166

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES  
EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)**



3.5.15	FORMACION DE CAMINO CON ZAHORRA NATURAL.....	167
3.5.16	EXCAVACION Y RELLENO NATURAL .....	168
3.6	PROCEDIMIENTO TECNICO PARA LA EJECUCION DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS.....	169
3.6.1	MARCADO DE TRAZADO Y APERTURA DE ZANJAS .....	169
3.6.2	REALIZACION DE CANALIZACIONES .....	170
3.6.3	CABLE DIRECTAMENTE ENTERRADO .....	171
3.6.4	CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS .....	172
3.6.5	TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES.....	173
3.6.6	TENDIDO DE CABLES .....	174
3.6.7	SEÑALIZACION.....	175
3.6.8	CIERRE DE ZANJAS.....	176
3.6.9	REPOSICION DE PAVIMENTOS .....	176
3.7	PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION DE OBRA CIVIL.....	176
3.7.1	MOVIMIENTOS DE TIERRAS .....	177
3.7.2	REPLANTEOS .....	177
3.7.3	DRENAJES.....	178
3.7.4	EJECUCION DE HORMIGON EN MASA O ARMADO .....	178
3.7.5	VALLADO PERIMETRAL.....	182
3.8	CONTROL DE CALIDAD .....	183
3.8.1	CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCCION .....	183
3.8.2	CONTROL DE CALIDAD DE RECEPCION POR DIRECCION DE OBRA.....	185
3.9	APROBACION DE SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES.....	187
3.10	GESTION MEDIOAMBIENTAL .....	187
3.11	SEGURIDAD Y PREVENCION DE ACCIDENTES.....	188
<b>4</b>	<b>PLAN DE SEURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>189</b>
4.1	OBJETO.....	189
4.2	VARIACION DEL PLAN .....	190
4.3	ALCANCE .....	190
4.4	DESCRIPCION DE LA OBRA .....	190
4.4.1	EMPLAZAMIENTO .....	190
4.4.2	NUMERO DE OPERARIOS PREVISTO .....	191
4.4.3	INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS .....	192
4.4.4	CLIMATOLOGIA .....	192
4.4.5	PLAZO DE EJECUCION DE LAS OBRAS .....	193
4.4.6	DENOMINACION Y ORDEN DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS .....	193
4.4.7	MEDICINA PREVENTIVA Y SERVICIOS DE EMERGENCIAS .....	196
4.5	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO. ....	196
4.5.1	CONDICIONES CONSTRUCTIVAS .....	197
4.5.2	ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACION .....	198
4.5.3	CONDICIONES AMBIENTALES .....	199
4.5.4	ILUMINACION.....	199

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)**



4.5.5	SERVICIOS HIGIENICOS Y LOCALES DE DESCANSO.....	199
4.5.6	MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS .....	200
4.6	DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	200
4.6.1	OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO .....	201
4.7	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDA Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.....	201
4.7.1	OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO .....	202
4.7.2	DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO .....	203
4.7.3	DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.....	204
4.7.4	DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS .....	204
4.7.5	DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL .....	204
4.7.6	DISPOSICIONES MINIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA EN GENERAL .....	206
4.8	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION .....	207
4.8.1	RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION .....	207
4.8.2	MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL .....	208
4.8.3	MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO .....	210
4.8.4	DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	212
4.9	DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.....	212
4.9.1	OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.....	212
4.10	CONTROL DE LA PREVENCION .....	214
4.10.1	ORGANIZACION.....	216
4.10.2	COORDINACION EMPRESARIAL RD171/2004 .....	218
4.10.3	INFORMACION Y FORMACION A LOS TRABAJADORES.....	220
4.10.4	MUTUA DE ACCIDENTES .....	220
4.10.5	ACTUACIONES EN CASO DE EMERGENCIA.....	221
4.10.6	ACTUACIONES EN CASO DE ACCIDENTE .....	221
<b>5</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES EN SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>224</b>
5.1	OBJETO.....	224
5.2	MARCO LEGAL.....	224
5.3	CONVENIOS COLECTIVOS DE LA CONSTRUCCION. SEGUROS.....	227
5.4	DE CARÁCTER GENERAL.....	227
5.4.1	AVISO PREVIO Y COMUNICACION DE APERTURA DE CENTRO DE TRABAJO .....	227
5.4.2	PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE LA OBRA .....	228
5.4.3	DELEGADO DE PREVENCION – COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD .....	228

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES  
EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)**



5.4.4	OBLIGACIONES DE LAS PARTES.....	229
5.4.5	RESPONSABILIDADES Y SANCIONES.....	231
5.4.6	COORDINACION DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.....	231
5.4.7	FORMACION E INFORMACION DE LOS TRABAJADORES.....	232
5.4.8	ASISTENCIA SANITARIA .....	232
5.4.9	LIBRO DE INCIDENCIAS.....	233
5.4.10	CONTROL PERIODICO DE RIESGOS .....	233
5.4.11	SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL.....	234
5.4.12	CERTIFICACIONES.....	234
5.5	DE CARÁCTER TECNICO.....	235
5.5.1	CONDICIONES PREVIAS.....	235
5.5.2	CONDICIONES DURANTE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS.....	236
<b>6</b>	<b>GESTION DE RESIDUOS.....</b>	<b>263</b>
6.1	OBJETO.....	263
6.2	EMPLAZAMIENTO .....	263
6.3	DESCRIPCION DE LAS OBRAS .....	263
6.4	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUE SE VAN A GENERAR Y ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD EN m <sup>3</sup> Y Tn DE CADA TIPO (SEGÚN ORDEN MAM/304/2002).....	264
6.4.1	CLASIFICACIÓN RESIDUOS .....	264
6.4.2	CODIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN (M <sup>3</sup> Y T DE CADA TIPO SEGÚN ORDEN MAM/304/2002) .....	267
6.5	MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE DICHOS RESIDUOS.....	268
6.6	OPERACIONES ENCAMINADAS A LA POSIBLE REUTILIZACIÓN, SEPARACIÓN Y VALORIZACIÓN DE ESTOS RESIDUOS.....	269
6.7	PLIEGO DE CONDICIONES .....	274
6.7.1	PRESCRIPCIONES GENERALES.....	276
6.7.2	PRESCRIPCIONES CON CARÁCTER PARTICULAR .....	277
6.8	INSTALACION PARA ALMACENAJE MANEJO Y SEPARACION DE RESIDUOS .....	280
6.9	VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO PARA LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RCDS Y DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS NO REUTILIZABLES NI VALORIZABLES "IN SITU".....	281
6.10	PRESUPUESTO DETALLADO .....	282
<b>7</b>	<b>MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>286</b>
<b>8</b>	<b>PLANOS.....</b>	<b>297</b>

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  






## 1 MEMORIA TÉCNICA

### 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

#### 1.1.1 PETICIONARIO - PROMOTOR

Se redacta el presente documento a petición de la empresa SALIX ENERGIAS RENOVABLES S.L., empresa promotora de la instalación fotovoltaica descrita en el presente documento.

El promotor de la planta fotovoltaica objeto de la presente memoria es:

Nombre: SALIX ENERGIAS RENOVABLES, S.L.  
C.I.F.: B31921620  
Dirección: Polígono Carrilabarca, Nave B27  
Municipio: Murchante – CP 31521  
Contacto: Miguel Ángel Orta Álava  
Teléfono: 638 291 152

#### 1.1.2 REDACTOR

El redactor del presente anteproyecto de la planta fotovoltaica objeto de la presente memoria es:

Nombre y apellidos: JOSE JAVIER BARRICARTE RIVAS  
N.I.F.: 78.750.212-Y  
Titulación: Doctor Ingeniero Industrial  
Colegio profesional: Colegio de Ingenieros Superiores Industriales de Navarra  
Nº de colegiado: 1.228  
Dirección profesional: Poligono Carrilabarca nave B27  
Teléfono: 619 750 201  
Correo electronico: [ingenieria@salixsolar.com](mailto:ingenieria@salixsolar.com)



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 1.2 OBJETO

El objeto de este Proyecto es la descripción y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, con conexión a red y en régimen ordinario de producción, ubicada en el término municipal de Sariñena (Huesca) con potencia nominal de 6 MW y potencia de modulo solar instalada de 7,8 MWp, con el fin de establecer los criterios de diseño, parámetros de funcionamiento y exponerlos ante los Organismos y Autoridades competentes para la obtención de las licencias necesarias para la ejecución de la obra descrita.

El alcance del presente proyecto termina en la conexión de la planta solar ESPARTALES con las celdas de media tensión de línea ubicadas en el centro de seccionamiento, protección y medida de la propia planta ubicado fuera del vallado perimetral.

En este centro se instalarán las protecciones generales de la planta fotovoltaica y los equipos de medida de la energía producida, y desde el cual saldrá una línea de media tensión que enlazará con el punto de conexión y evacuación ubicado en barras de media tensión de la SET SARIÑENA propiedad de la compañía distribuidora ENDESA DISTRIBUCION S.L.U.

No es objeto de este proyecto definir y justificar las instalaciones del Centro de Seccionamiento Protección y Medida y la Línea Subterránea de Evacuación de energía en Medida Tensión hasta dicha subestación, las cuales están descritas en otro proyecto independiente que acompaña al presente documento.

## 1.3 ANTECEDENTES

La sociedad SALIX ENERGIAS RENOVABLES S.L. promociona este proyecto fotovoltaico de 6 MW de potencia nominal, proyecto denominado ESPARTALES en el término municipal de Sariñena (Huesca).

Las parcelas donde se va a realizar la instalación objeto de esta memoria, se encuentran al Noroeste del municipio de Sariñena. Igualmente, al Norte de las parcelas, a una distancia de aproximadamente 250 metros, se encuentra el punto de conexión de la planta fotovoltaica, concretamente en las barras de media tensión de la SET Sariñena, de la compañía distribuidora Endesa Distribución con una posición de enganche a un nivel de 25 KV, en la cual se ha solicitado el punto de conexión de la planta fotovoltaica.

La producción de la energía eléctrica se realizará en baja tensión pero, para proceder a la entrega de la misma en el punto de la red de distribución de la compañía eléctrica, será necesario su transformación, hasta el nivel de 25 KV que es la tensión de servicio de la línea aérea de media tensión donde se ubica el punto de conexión.

A fecha de la redacción del presente anteproyecto se tienen los siguientes documentos o permisos:

- Punto de enganche por parte de la compañía eléctrica Endesa Distribución.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



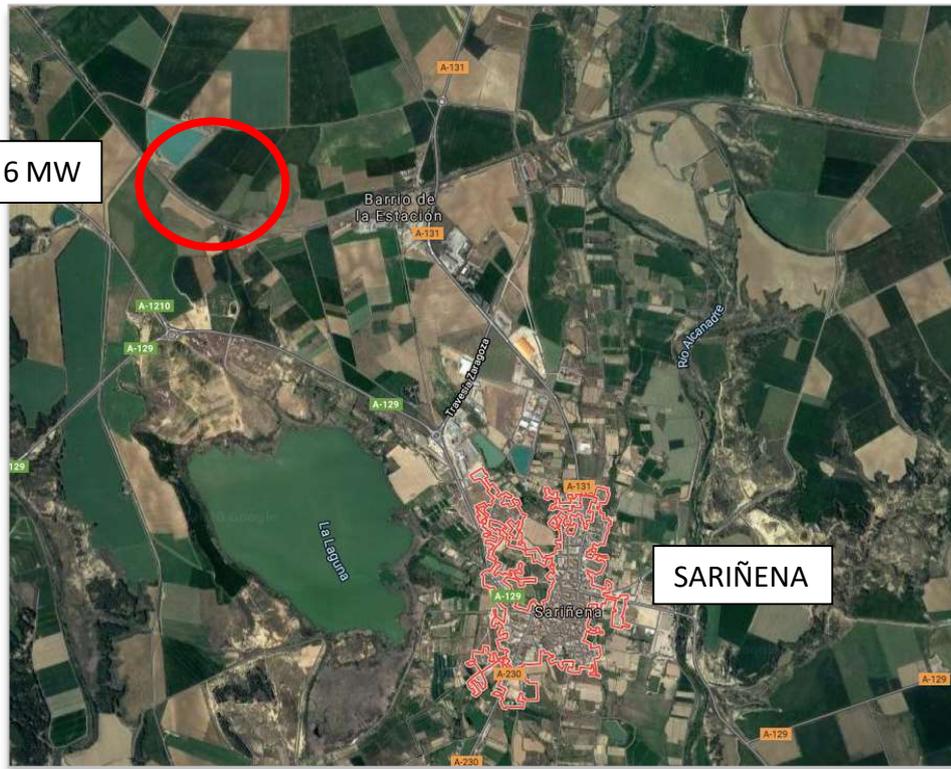


Ilustración 1.1. Ubicación de la instalación solar proyectada

#### 1.4 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON CONEXIÓN A RED - GENERALIDADES

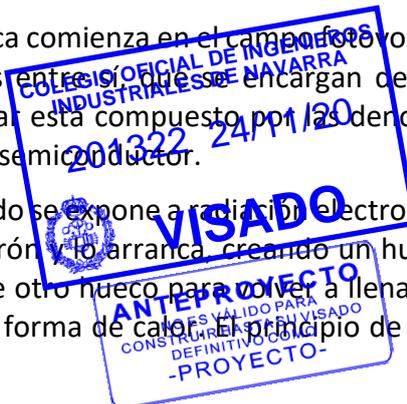
Como se ha mencionado en el punto 1.2, el presente desarrollo es la construcción y puesta en marcha de una planta de generación de energía que usa como energía primaria la energía solar, en concreto la energía solar fotovoltaica en la modalidad de conexión a la red eléctrica.

Un sistema fotovoltaico de conexión a red, es aquel que aprovecha la energía del sol para transformarla en energía eléctrica que cede a la red eléctrica de distribución, para que pueda ser distribuida y comercializada hasta servirla a los usuarios y consumidores conectados a dicha red.

En la actualidad esta venta de energía a la red está regulada principalmente por los Reales Decretos 1663/2000, 661/2004 y 413/2014, que favorecen este tipo de instalaciones.

El proceso de generación eléctrica comienza en el campo fotovoltaico, que se compone de una serie de módulos solares conectados entre sí, que se encargan de transformar la energía del sol en energía eléctrica. El módulo solar está compuesto por las denominadas células fotovoltaicas, que están formadas por un material semiconductor.

Cuando un semiconductor dopado se expone a radiación electromagnética, se desprende del mismo un fotón, que golpea a un electrón, lo arranca, creando un hueco en el átomo. Normalmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor. El principio de una célula fotovoltaica es obligar a



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





los electrones y a los *huecos* a avanzar hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente recombinarse en él: así, se producirá una diferencia de potencial y por lo tanto tensión entre las dos partes del material, generando una corriente eléctrica en el campo fotovoltaico.

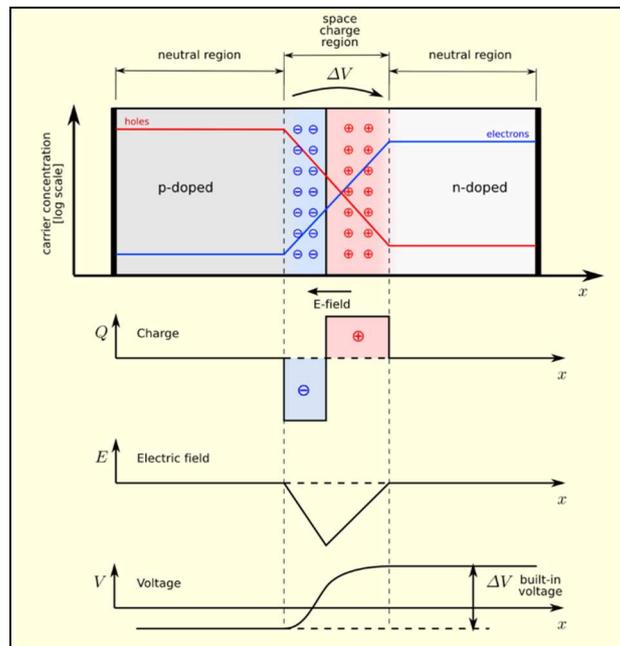


Ilustración 1.2. Funcionamiento de la célula fotovoltaica

Posteriormente, un inversor de corriente transforma la energía producida por los paneles en corriente continua a corriente alterna, para poder ser cedida a la red convencional.

Se coloca un contador que es el que refleja la producción de los paneles y donde se realiza la lectura de energía de manera que permita ser facturada. Junto con los componentes principales, existen otros componentes que garantizan un correcto dimensionado y funcionamiento, así como protecciones eléctricas correspondientes de acuerdo a la reglamentación y normativas vigentes.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



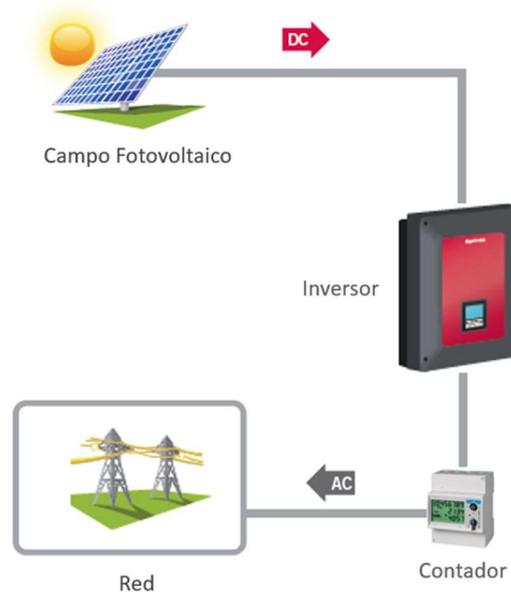


Ilustración 1.3. Esquema simplificado de instalación solar fotovoltaica conectada a la red

La descripción y dimensionado de los componentes y del conjunto de planta se exponen en el desarrollo del presente proyecto, así como su representación en el apartado de planos.

La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se generan pérdidas de la energía incidente. Debido a ello, en las plantas de conexión a red se ha popularizado el uso de seguidores solares para maximizar la producción de energía.

La producción se ve afectada asimismo por las condiciones meteorológicas adversas, como la falta de sol, nubes o la suciedad que se deposita sobre los paneles. Esto implica que para garantizar el suministro eléctrico y una red estable es necesario complementar esta energía con otras fuentes de energía gestionables como la energía hidráulica, la energía eólica, energía de biomasa así como con las centrales tradicionales basadas en la quema de combustibles fósiles o la energía nuclear.

La implantación de las energías renovables a gran escala con múltiples centrales distribuidas por la geografía estatal, junto a una gestión organizada de la producción eléctrica de las mismas permitirá realizar una programación de cierre de las centrales tradicionales que funcionan con quema de combustibles fósiles e incluso las propias centrales nucleares.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y a economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



### 1.4.1 FOMENTO DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

El *cambio climático* es uno de los mayores desafíos a los que nos enfrentamos, requiriendo medidas a escala mundial para estabilizar la temperatura de la superficie del planeta para evitar daños sin vuelta atrás. En este sentido la UE ha propuesto un paquete integrado de medidas sobre cambio climático y energía que prevé nuevos y ambiciosos objetivos para 2020. **Objetivos UE** ([https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es))

Con respecto a las cifras de 1990, los compromisos de la Unión Europea para lograrlo son:

- **Reducir las emisiones** de gases de efecto invernadero (GEI) en un 20% (30% si se alcanza un acuerdo internacional).
- **Ahorrar el 20%** del consumo de **energía** mediante una mayor eficiencia energética, además, en cada país el 10% de las necesidades del transporte deberán cubrirse mediante biocombustibles.
- **Promover las energías renovables hasta el 20%**

Por lo tanto, **Ecoeficiencia** y **Energías Renovables** serán dos vectores de vital importancia en el desarrollo de estrategias para lograr los objetivos comentados de la Directiva 20/20/20.

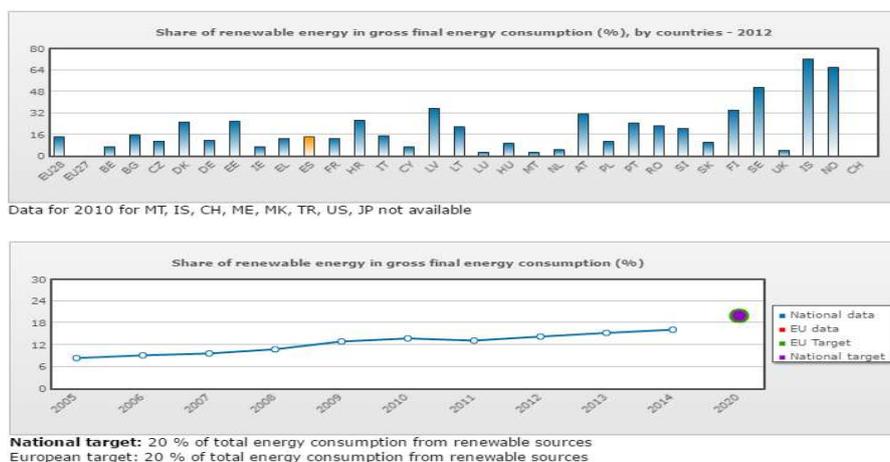
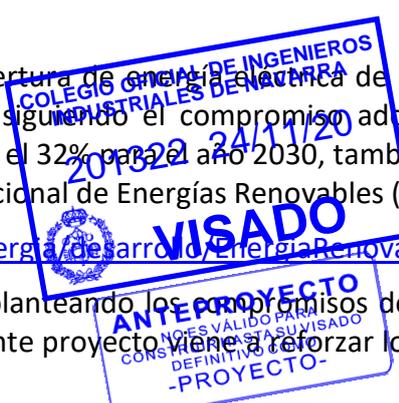


Ilustración 1.4. Cumplimiento de programa por países miembros de la UE

Actualmente en España, la cobertura de energía eléctrica de origen renovable sobre el consumo eléctrico final es del 26,4%, y siguiendo el compromiso adquirido en la Unión Europea, debe aumentar dicha cobertura hasta el 32% para el año 2030, también recogidos a nivel nacional en los Objetivos del Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER).

<http://www.minetad.gob.es/energia/Desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/Paner.aspx>

Al mismo tiempo, ya se están planteando los compromisos de mayor cobertura para un periodo posterior. Por lo tanto, el presente proyecto viene a reforzar los esfuerzos que se están realizando



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Habilitación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



a nivel nacional para lograr el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el programa europeo.

#### 1.4.2 VENTA DE ENERGIA EN EL MERCADO ELECTRICO

Según el cambio introducido por el Real Decreto 413/2014 (art 6.2): “la energía eléctrica procedente de instalaciones que utilicen fuentes de energía renovable (...) tendrá **prioridad de despacho a igualdad de condiciones económicas en el mercado.**

La energía generada por la planta fotovoltaica será vendida íntegramente en dicho mercado eléctrico, gestionado por el OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía - Pool Español). <http://www.omie.es/>

Desde julio de 2007, el mercado diario de la energía se desarrolla para todo el mercado Ibérico (España y Portugal peninsulares). Participan en dicho mercado unidades de producción y consumo, tanto españolas como portuguesas.

Si la interconexión España-Portugal no se satura, el precio de casación es el mismo en ambos países. Si por el contrario la interconexión se satura, se realiza una “separación de mercados” haciéndose dos casaciones por separado con precios diferentes.

Desde el 13 de mayo de 2013, el mercado diario del MBEL esta acoplado también con el centro-norte de Europa. Esto supone que el MIBEL utiliza el mismo algoritmo para resolver la casación. A continuación se muestran los intercambios internacionales de 2019.

Collegado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Intercambios internacionales físicos de energía eléctrica. Año 2019 GWh



Ilustración 1.5. Interconexiones de España con países fronterizos

### 1.4.3 GESTION DE LA ENERGIA. ACTIVIDAD DEL COMERCIALIZADOR

La energía generada por una instalación fotovoltaica debe ser expuesta en el mercado a través de un agente comercializador.

No obstante, el titular puede optar bien por participar en el sistema de subasta (Pool) en el que existe una variación continua del precio por MWh producido, o bien por firmar un contrato de venta a largo plazo con algún operador comercializador, con el que pacta un precio por MWh producido durante la duración del contrato.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

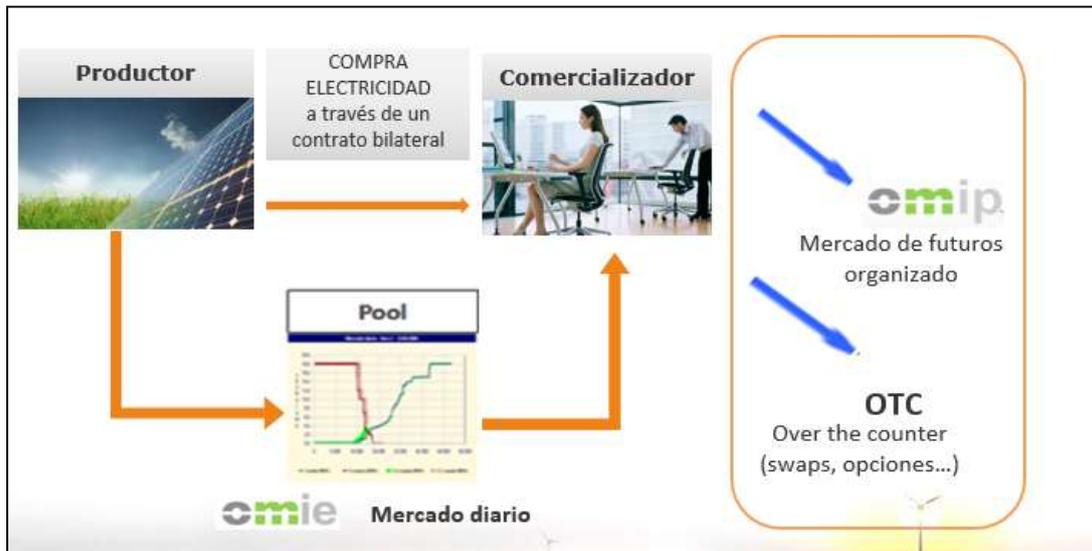


Ilustración 1.6. Modos de cesión de energía producida a la red

### 1.5 UBIACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación objeto de este proyecto se ubica en las siguientes parcelas del Término Municipal de Sariñena, provincia de Huesca:

Polígono	Parcela	Ref. Catastral
19	112	22294A019001120000BE
19	110	22294A019001100000BI
19	109	22294A019001090000BE
19	104	22294A019001040000BR

Las coordenadas UTM del centro de la zona a ocupar en el Huso 30, son:

Coordenada X (metros)	Coordenada Y (metros)
733.789	4.633.316

Tabla 1.1. Parcelas de desarrollo del proyecto y coordenadas

### 1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Esta instalación se ha diseñado como un sistema fotovoltaico con **montaje en suelo sobre seguidor solar de un eje horizontal**, mediante giro de Este a Oeste, en el que se instalarán 17.334 módulos fotovoltaicos de 450Wp, lo que suma una potencia total de 7.800 kWp.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





La orientación de los módulos solares será variable de Este a Oeste, instalados sobre mesas alineadas en eje de Norte a Sur, quedando totalmente horizontales en el cenit de medio día. Las alineaciones de las mesas del seguidor solar estarán separadas entre sí mismas a la distancia de 9,5 metros, tal y como se muestra en los planos adjuntos.

La distribución de la planta solar se divide en una instalación de 6 MW de potencia nominal, que es la potencia de salida de la Power Station que la compone. Dicha Power Station es una solución centralizada y está compuesta principalmente por cuatro inversores electrónicos, un transformador de potencia y celdas de maniobra y protección.

A la Power Station acometen los 17.334 módulos solares repartidos en 642 series de 27 módulos solares cada una, conectados a través de armarios de protecciones e infraestructura eléctrica a los cuatro inversores que componen dicha Power Station.

La evacuación de energía se hará en corriente alterna, desde los inversores, pasando por un cuadro de baja tensión hasta el transformador de tensión con relación de transformación 0,63/25 kV para posteriormente realizar el seccionamiento, lectura y medida de la energía generada y entrega de la misma al nivel de tensión de 25 KV, acorde al nivel de tensión del punto de conexión.

Potencia nominal de la instalación	6 MWn
Potencia pico de la instalación	7,8 MWp
Producción anual estimada	15.835.000 MWh/año
Número de módulos	17.334
Fabricante de los módulos FV	Longi Solar
Modelo de módulo FV / Potencia	LR4-72HPH-450M
Fabricante de los inversores / Nº Inversores	Ingeteam / 4
Modelo de inversores / Potencia	PowerMax B Series 1500 Vdc

Tabla 1.2. Características de la instalación fotovoltaica de 5 MW nominales

### 1.6.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Geográficamente, la ubicación de la planta solar se corresponde con la margen izquierda del valle del río Ebro, enclavada en una zona de transición entre la parte central del valle del Ebro y las últimas estribaciones del somontano oscense.

Es un clima mediterráneo de costa mediterránea, con precipitaciones escasas y concentradas principalmente en otoño e invierno. Corresponde a un régimen térmico templado. Por lo que respecta al régimen de humedad, tanto la duración, intensidad y situación estacional en período seco, lo definen como clima seco.

Las lluvias que llegan a la zona provienen de los temporales mediterráneos asociadas a viento del Sureste (aguas arriba del Ebro) y a las aportaciones de tormentas de verano. Los valores del



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



coeficiente de variación interanual de la precipitación son muy elevados, con unas precipitaciones medias de unos 405 mm.

La temperatura media anual es de 13,5 °C, con grandes variaciones anuales, ya que la temperatura media es de 24°C en el mes de julio y de 3,6°C en el mes de enero.

Debido a estas circunstancias, las horas de sol despejado anuales son de 2500, con más de 120 días despejados al año, debido a la influencia del viento racheado del noroeste, denominado Cierzo.

Por lo tanto, se corresponde con una zona de veranos secos, temperaturas con grandes oscilaciones anuales, lluvias irregulares y una fuerte presencia del viento, predominando el de dirección NO denominado “cierzo”.

Debido a esta situación, la radiación solar para el aprovechamiento fotovoltaico es óptima, como lo demuestran los datos del posterior apartado referente a producción estimada de la instalación.

Según el PVGIS, para la zona donde se emplazarán las instalaciones, la irradiación sobre el plano horizontal viene dada por la tabla:

Mes	Radiación Solar (kWh/m <sup>2</sup> día)
Enero	3,61
Febrero	4,83
Marzo	5,97
Abril	6,13
Mayo	6,45
Junio	7,06
Julio	7,51
Agosto	7,33
Septiembre	6,58
Octubre	5,47
Noviembre	4,22
Diciembre	3,44
Promedio	5,72

Tabla 1.3. Irradiación anual media mensual y anual estimada sobre plano horizontal, en la zona a emplazar la instalación



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



## 1.7 NORMATIVA APLICABLE

En la ejecución de la obra se deberá observar la normativa vigente. Se incluye la siguiente relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable a instalaciones de energía solar fotovoltaica:

- **Real Decreto 1699/2011**, de 6 de junio, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto 1565/2000**, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía en régimen especial.
- **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 Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se reglan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Publicado en el BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000.
- **Real Decreto 186/2016**, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- **Real Decreto 187/2016**, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión
- **Ley 54/1997**, de 27 de noviembre del Sector Eléctrico. Publicada en el BOE n.º 285, de 28 de noviembre de 1997
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Publicado en el BOE núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.
- **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 314/2006**, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Y sus modificaciones.
- **Decreto 352/2001**, de 18 de diciembre, sobre procedimiento administrativo aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica. Publicado en DOGC núm. 3544, de 2 de enero de 2002.
- **Real Decreto 1627/1997**, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en las obras. Publicado en BOE de 25, de octubre de 1997.
- **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Publicado en BOE, de 23 de abril de 1997.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Publicado en BOE de 7, de agosto de 1997.
- **Real Decreto 229/2016**, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.
- **Norma UNE-EN 60060-1**: 2012: Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.
- **Norma UNE-EN 60060-2**: 2012: Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida
- **Norma UNE-EN 60071-1/A1**: 2010 Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- **Norma UNE-EN 60617-2**: 1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
- **Norma UNE-EN 60617-3**: 1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.
- **Norma UNE-EN 60617-6**: 1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.
- **Norma UNE-EN 60617-7**: 1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 7: Aparatación y dispositivos de control y protección.
- **Norma UNE-EN 60617-8**: 1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
- **Norma 207020:2012 IN** Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.
- **UNE-EN 60168/A2**: 2001 Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V.
- **UNE-EN 62271-1/A1**: 2011 Aparatación de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.
- **UNE-EN 62271-102**: 2005/A2: 2013 Aparatación de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **UNE-EN 62271-103**: 2012 Aparatación de alta tensión. Parte 103: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 Kv e inferiores o iguales a 52 Kv.
- **Norma UNE-EN 50102/A1 CORR**: 2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- **Norma UNE-EN 60076-1**: 2013 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- **Norma UNE-EN 60076-2**: 2013 Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.
- **Norma UNE-EN 30076-3**: 2006 Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- **Norma UNE-EN 60076-5**: 2008 Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.
- **Norma UNE-EN 62271-202**: 2007 Aparatación de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- **Norma UNE-EN 50532:** 2011 Conjuntos compactos de aparamenta para centros de transformación (CEADS)
- **Norma UNE-EN 50482:** 2009 Transformadores de medida. Transformadores de tensión inductivos trifásicos con Um hasta 52 Kv.
- **Norma UNE-EN 61869-1:** 2010 Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- **Norma UNE-EN 61869-2:** 2013 Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- **Norma UNE-EN 61869-5:** 2012 Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- **Norma UNE-EN 61869-3:** 2012 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.
- **Norma UNE-EN 60282-1:** 2011 Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.
- **Norma UNE 21120-2:** 1998 Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.
- **Norma UNE-EN 60228:** 2005 Conductores de cables aislados.
- **Norma UNE 211620:** 2012 Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) KV hasta 20,8/36 (42) kV.
- **Norma UNE 211027:** 2013 Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 Kv).
- **Norma UNE 211028:** 2013 Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36Kv).
- **Norma UNE-EN 50160:** Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- **Norma UNE-EN 61000-3-2:** Compatibilidad electromagnética (CEM). Límites para las corrientes armónicas.
- **Norma UNE 206006 IN:** Ensayos de detección de funcionamiento en isla de múltiples inversores fotovoltaicos conectados a red en paralelo.
- **UNE 206007-1 IN:** Requisitos de conexión a la red eléctrica.
- **UNE 217001 IN:** Requisitos y ensayos para sistemas que eviten el vertido de energía a la red de distribución.
- **Norma UNE-EN 60060-3:** Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- **Norma UNE-EN 60270:** Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- **Norma UNE-EN 60909-3:** Documentos de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.
- **Norma UNE 21144-1-3:** Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo.
- **Norma UNE-EN 60228:** Conductores de cables aislados.
- **Norma UNE-HD 620-5-E-1:** Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) Kv hasta 20,8/36 (42) Kv Parte 5: Cables unipolares y

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- unipolares reunidos, con aislamiento XLPE. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 5E-1, 5E-4 Y 5E-5)
- **Norma UNE 21021:** Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72 KV.
- **Norma UNE-HD 629-1/A1:** Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) Kv hasta 20,8/36 (42) Kv. Parte 1: Cables con aislamiento seco.
- **Norma UNE 157001** de febrero de 2002, sobre los criterios generales para la elaboración de proyecto.
- **Normas** Particulares de Red Eléctrica de España.
- **PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL OPERADOR DEL SISTEMA R.E.E.**
  - ✓ PO12.3: Requisitos de respuesta frente a huecos de tensión de las instalaciones eólicas e instalaciones fotovoltaicas de potencia superior a 2 MW.
  - ✓ PO10.1: Condiciones de instalación de los puntos de medida.
  - ✓ PO10.2: Verificación de los equipos de medida.
  - ✓ PO10.3: Requisitos de los equipos de inspección.
  - ✓ PO10.4: Concentradores de medidas eléctricas y sistemas de comunicaciones.
  - ✓ PO10.5: Calculo del mejor valor de energía en los puntos de frontera y cierres de energía del sistema de información de medidas eléctricas.
- **NORMATIVA PARTICULAR DE ENDESA DISTRIBUCION**
  - Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
  - Recomendaciones UNESA.
  - Guía Técnica de Aplicación GUIA-BT-40, Instalaciones Generadoras de Baja Tensión, en su edición vigente, publicada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COIINN

## 1.8 EQUIPOS PRINCIPALES

### 1.8.1 MODULO FOTOVOLTAICO

El grupo generador fotovoltaico está formado por la interconexión en serie y paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos, que son los encargados de captar la luz del sol y transformarla en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la radiación solar recibida.

En la instalación objeto de la memoria se instalarán módulos solares de última tecnología de silicio monocristalino. El módulo a instalar será el modelo LR-72HPH-450M, de 450Wp de potencia unitaria y compuesto de 72 células de 6" cada una del fabricante LONGI SOLAR o similar, cuyas características se muestran en la Tabla 1.4. Características del módulo fotovoltaico.





Los módulos estarán fabricados según normativa vigente en Europa, certificados bajo IEC61215, IEC61730, UL1703, TUV, IEC y CE, y dotados con el sello de calidad y homologado en su fabricación.

Dentro de cada módulo, están instalados hasta 3 diodos by-pass para evitar el efecto “hot stop”, para evitar averías de las células y sus circuitos por sobrecalentamientos parciales.

El módulo solar estará constituido por un laminado compuesto por vidrio ultra transparente templado, de bajo contenido en hierro en la parte frontal, encapsulante de EVA embebiendo a las células y aislante eléctrico de material TPT compuesto de teblar y poliéster en la parte trasera para prevenir el ingreso de humedad dentro del módulo. El marco es resistente, de aluminio anodizado, proporcionando alta resistencia al viento y un acceso fácil para montaje. Consta de 9 Busbar para la evacuación de la energía eléctrica disminuyendo las pérdidas por el efecto Joule y, por tanto, aumentando su eficiencia hasta un 20,7%.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322







\*Both 6BB & 9BB are available

# LR4-72HPH 425~455M

**Hi-MO 4m**  
NEW

*High Efficiency  
Low LID Mono PERC with  
Half-cut Technology*

12-year Warranty for Materials and Processing;  
25-year Warranty for Extra Linear Power Output



**Complete System and Product Certifications**

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730  
 ISO 9001:2008: ISO Quality Management System  
 ISO 14001: 2004: ISO Environment Management System  
 TS62941: Guideline for module design qualification and type approval  
 OHSAS 18001: 2007 Occupational Health and Safety



\* Specifications subject to technical changes and tests. LONGi Solar reserves the right of interpretation.

**Positive power tolerance** (0 ~ +5W) guaranteed

**High module conversion efficiency** (up to 20.9%)

**Slower power degradation** enabled by Low LID Mono PERC technology: first year <2%, 0.55% year 2-25

**Solid PID resistance** ensured by solar cell process optimization and careful module BOM selection

**Reduced resistive loss** with lower operating current

**Higher energy yield** with lower operating temperature

**Reduced hot spot risk** with optimized electrical design and lower operating current



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA**  
 201322 24/11/20  
**VISADO**

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.82 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China  
 Tel: +86-21-80162006 Email: sales@longi-solar.com Facebook: www.facebook.com/LONGi Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, the technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for their contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

20200401V11

**ANTEPROYECTO**  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
 DEFINITIVO COMO  
 -PROYECTO-

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  



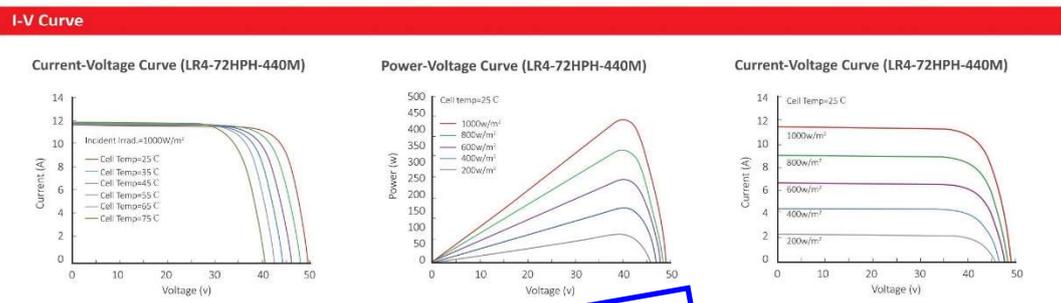

## LR4-72HPH 425~455M

Design (mm)	Mechanical Parameters	Operating Parameters
	Cell Orientation: 144 (6×24) Junction Box: IP68, three diodes Output Cable: 4mm <sup>2</sup> , 300mm in length, length can be customized Glass: Single glass 3.2mm coated tempered glass Frame: Anodized aluminum alloy frame Weight: 23.5kg Dimension: 2094x1038x35mm Packaging: 30pcs per pallet 150pcs per 20'GP 660pcs per 40'HC	Operational Temperature: -40°C ~ +85°C Power Output Tolerance: 0 ~ +5W Voc and Isc Tolerance: ±3% Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL) Maximum Series Fuse Rating: 20A Nominal Operating Cell Temperature: 45±2°C Safety Class: Class II Fire Rating: UL type 1 or 2

Electrical Characteristics		Test uncertainty for Pmax: ±3%												
Model Number	LR4-72HPH-425M	LR4-72HPH-430M	LR4-72HPH-435M	LR4-72HPH-440M	LR4-72HPH-445M	LR4-72HPH-450M	LR4-72HPH-455M							
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	425	317.4	430	321.1	435	324.9	440	328.6	445	332.3	450	336.1	455	339.8
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.3	45.3	48.5	45.5	48.7	45.7	48.9	45.8	49.1	46.0	49.3	46.2	49.5	46.4
Short Circuit Current (Isc/A)	11.23	9.08	11.31	9.15	11.39	9.21	11.46	9.27	11.53	9.33	11.60	9.38	11.66	9.43
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.5	37.7	40.7	37.9	40.9	38.1	41.1	38.3	41.3	38.5	41.5	38.6	41.7	38.8
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.50	8.42	10.57	8.47	10.64	8.53	10.71	8.59	10.78	8.64	10.85	8.70	10.92	8.75
Module Efficiency(%)	19.6		19.8		20.0		20.2		20.5		20.7		20.9	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Spectra at AM1.5  
 NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/S

Temperature Ratings (STC)		Mechanical Loading	
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C	Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C	Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C	Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
 REVISADO

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned is subject to modification accordingly. LONGI have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding parties request for technical data shall be provided as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

Tabla 1.4. Características del módulo fotovoltaico

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 1.8.2 INVERSORES ELECTRONICOS

El inversor es un dispositivo electrónico de potencia cuya función básica es transformar la corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna apta para la conexión a la red eléctrica, además de ajustarla en frecuencia y en tensión eficaz.

El inversor ha de producir una corriente alterna con un tipo de onda sinusoidal pura que tiene que ser capaz de evitar armónicos en la línea más allá de los límites establecidos por el pliego de condiciones técnicas de Red Eléctrica.

Por otra parte, este tipo de inversor se sincroniza con la frecuencia de la red para que el sistema fotovoltaico y la red trabajen en fase, es decir, sincronizados.

Al mismo tiempo, es el elemento encargado del seguimiento del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico maximizando de esta forma la producción de energía, sean cuales sean las condiciones meteorológicas.

El inversor opera automáticamente y controla el arranque y parada del mismo. Incorpora un sistema avanzado de seguimiento de la potencia máxima (MPPT) para maximizar la energía obtenida de los paneles fotovoltaicos. Para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión, usa tecnología de conmutación mediante transistores bipolares de puerta aislada (IGBT's). Se pueden paralelizar múltiples inversores para instalaciones de más potencia.

Para la instalación descrita, se ha optado por la solución de inversores trifásicos, seleccionando el modelo PowerMax B Series 1640TL del fabricante Ingeteam, ubicados en la solución integrada del mismo fabricante denominada Skidless Inverter Station o Power Station, con una potencia unitaria de salida de 6 MW, repartidos entre los cuatro inversores que la componen de manera que la potencia de salida de cada inversor será la siguiente:

- Inversor 1: 1.500 kVA @ 25°C
- Inversor 2: 1.500 kVA @ 25°C
- Inversor 3: 1.500 kVA @ 25°C
- Inversor 4: 1.500 kVA @ 25°C

En dicha solución se integra la fase de inversores electrónicos, centro de transformación y celdas y aparataje de media tensión. De esta manera, y en un solo bloque, quedan integradas todas las fases de conversión de la energía solar y entrega a la compañía distribuidora al nivel de media tensión. Por tanto, en el conjunto de la planta solar se colocará una Power Station, con una potencia total de salida de 6 MW.

El inversor está diseñado acorde con la normativa europea, cumple por lo tanto todos los requisitos CE, así como la normativa aplicable y está certificada por TÜV Rheinland.

Los inversores de la marca Ingeteam son unos de los más reconocidos mundialmente por su calidad, fiabilidad y facilidad de control. Estos inversores llevan incorporado un sistema de monitorización

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





donde puede verse el estado de todos los parámetros que afectan a la producción de energía eléctrica final de nuestra instalación a tiempo real, lo que permite conocer el correcto estado de funcionamiento de la instalación.

En la siguiente Tabla se representan las características principales de este tipo de inversor, pudiendo ser cambiado por otro de similares características, pero de igual Potencia Nominal, si la disponibilidad del mercado así lo demanda. El modelo elegido de la familia es el 1640TL B630.



**INVERSORES CENTRALES SIN TRANSFORMADOR CON UN ÚNICO BLOQUE DE POTENCIA**

**Hasta 1800 kVA con tecnología de 1500 V**

**Máxima densidad de potencia**

Estos inversores FV centrales despliegan mayor potencia por metro cúbico y, gracias al uso de componentes de alta calidad, rinden al más alto nivel posible.

**Electrónica de última generación**

Los inversores Serie B integran una innovadora tarjeta de control que funciona más rápido y permite un control del inversor más eficiente y sofisticado, ya que utiliza un procesador de señales digitales de última generación. Además, el hardware de la tarjeta de control permite medidas más precisas y un mayor grado de protección.

Estos inversores soportan huecos de tensión y también presentan un menor consumo de potencia gracias a una tarjeta de suministro de potencia más eficiente.

**Conexión AC mejorada**

La conexión de salida ha sido diseñada para facilitar la conexión directa por pletinas con el transformador de media tensión.

**Protección máxima**

Estos equipos trifásicos disponen de un seccionador DC de apertura en carga motorizado para desacoplar el generador fotovoltaico del inversor. Además, incorporan un seccionador magneto-térmico motorizado. Opcionalmente pueden incorporar fusibles, kit de puesta a tierra y monitorización de corrientes de entrada.

**Máximos valores de eficiencia**

El uso de novedosas topologías de conversión electrónica permite alcanzar valores de eficiencia de hasta el 98,9%. Gracias a un sofisticado algoritmo de control, este equipo puede garantizar la máxima eficiencia en función de la potencia FV disponible.

**Prestaciones mejoradas**

La nueva gama de inversores INGECON®SUN Power presenta una envolvente renovada y mejorada que, junto a un novedoso sistema de refrigeración por aire, permite aumentar la temperatura de trabajo.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
 COIINA

**INGECON SUN** Power Serie B 1.500 Vdc

Hasta 1800 kVA con tecnología de 1500 V

**Diseño duradero**

El diseño de estos equipos, junto a las pruebas de estrés a las que son sometidos, permite garantizar una larga vida útil. Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años.

**SopORTE de red**

La familia INGECON® SUN Power Serie B está preparada para cumplir los requerimientos de conexión a red de los diferentes países, contribuyendo a la calidad y estabilidad del sistema eléctrico. Así, por ejemplo, son capaces de soportar huecos de tensión, inyectar potencia reactiva incluso por la noche y controlar la potencia activa inyectada a la red. Además, pueden operar en redes débiles con un bajo SCR (short-circuit ratio).

**Fácil mantenimiento**

Todos los elementos pueden ser reemplazados o retirados directamente desde la parte frontal del inversor, gracias a su novedoso diseño.

**Manejo sencillo**

Los inversores INGECON® SUN Power disponen de una pantalla LCD que permite visualizar de forma sencilla y cómoda el estado del inversor, así como diferentes variables internas.

Además, el display dispone de varios LEDs que indican el estado de funcionamiento del inversor y avisan de cualquier incidencia mediante una indicación luminosa, lo cual simplifica y facilita las tareas de mantenimiento del equipo.

**Monitorización y comunicación**

Comunicación Ethernet integrada de serie. Incluye sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet. Permite monitorizar las variables internas de funcionamiento (alarmas, producción en tiempo real, etc.), así como el histórico de datos de producción.

Disponibles dos puertos de comunicación (uno para monitorización y otro para el control de planta), permitiendo un control de planta rápido y simultáneo.

PROTECCIONES

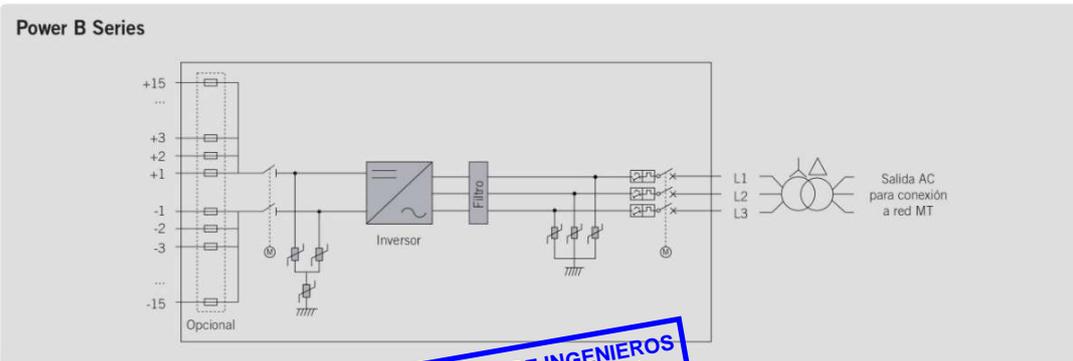
- Polarización inversa DC.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Vigilante de aislamiento DC.
- Hasta 15 pares de porta-fusibles.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC y AC, tipo II.
- Interruptor DC motorizado para desconectar el inversor del campo FV.
- Seccionador magneto-térmico AC motorizado.
- Soporta huecos de tensión.
- Protección del hardware vía firmware.
- Protección adicional para la electrónica de potencia, gracias a un circuito cerrado de ventilación.

ACCESORIOS OPCIONALES

- Kit para alimentar servicios auxiliares.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC, tipo I+II.
- Kit de puesta a tierra.
- Kit para trabajar hasta -30 °C de temperatura ambiente.
- Fusibles DC.
- Monitorización de las corrientes de agrupación de la entrada DC.
- Vatímetro en el lado AC.
- Kit despolarizador nocturno (previene el PID: Potential Induced Degradation).
- Inyección de potencia reactiva nocturna.
- Kit atrapa-arenas.
- Caja de agrupamiento DC integrada.

VENTAJAS DE LA SERIE B

- Mayor densidad de potencia.
- Electrónica de última generación.
- Protección electrónica más eficiente.
- Alimentación nocturna para comunicar con el inversor por la noche.
- Mayor rendimiento.
- Mantenimiento sencillo gracias al diseño de su nueva envolvente.
- Piezas de recambio más ligeras.
- Permite aterrar el campo fotovoltaico.
- Componentes fácilmente reemplazables.



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA**  
 201322 24/11/20  
**VISADO**  
 ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR NI SU VISADO  
 DEFINITIVO  
 -PROYECTO-

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
 VNIIOO



INGECON SUN PowerMax B Series 1,500 V<sub>dc</sub>

	1640TL B630	1665TL B640	1690TL B650	1740TL B670	1800TL B690
<b>Input (DC)</b>					
Recommended PV array power range <sup>(1)</sup>	1,620 - 2,128 kWp	1,646 - 2,162 kWp	1,672 - 2,196 kWp	1,723 - 2,263 kWp	1,775 - 2,330 kWp
Voltage Range MPP <sup>(2)</sup>	910 - 1,300 V	922 - 1,300 V	937 - 1,300 V	965 - 1,300 V	994 - 1,300 V
Maximum voltage <sup>(3)</sup>	1,500 V				
Maximum current	1,850 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
<b>Input protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
<b>Output (AC)</b>					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,663 kVA / 1,496.5 kVA	1,689 kVA / 1,520 kVA	1,741 kVA / 1,567 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(4)</sup>	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,663 kVA / 1,472 kVA	1,689 kVA / 1,495 kVA	1,741 kVA / 1,541 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(5)</sup>	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage <sup>(6)</sup>	630 V IT System	640 V IT System	650 V IT System	670 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor <sup>(9)</sup>	1				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) <sup>(7)</sup>	<3%				
<b>Output protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
<b>Features</b>					
Maximum efficiency	98.9%				
Euroefficiency	98.5%				
Max. consumption aux. services	4,700 W (25 A)				
Stand-by or night consumption <sup>(8)</sup>	90 W				
Average power consumption per day	2,000 W				
<b>General Information</b>					
Operating temperature	-20 °C to +57 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)				
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)				
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)				
Air flow range	0 - 7,800 m <sup>3</sup> /h				
Average air flow	4,200 m <sup>3</sup> /h				
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m				
Marking	CE				
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100				
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CE10-10-00, III, Terrestrial Grid code, IEC 61851-1, IEC 61851-2, IEC 61851-3, IEC 61851-4, IEC 61851-5, IEC 61851-6, IEC 61851-7, IEC 61851-8, IEC 61851-9, IEC 61851-10, IEC 61851-11, IEC 61851-12, IEC 61851-13, IEC 61851-14, IEC 61851-15, IEC 61851-16, IEC 61851-17, IEC 61851-18, IEC 61851-19, IEC 61851-20, IEC 61851-21, IEC 61851-22, IEC 61851-23, IEC 61851-24, IEC 61851-25, IEC 61851-26, IEC 61851-27, IEC 61851-28, IEC 61851-29, IEC 61851-30, IEC 61851-31, IEC 61851-32, IEC 61851-33, IEC 61851-34, IEC 61851-35, IEC 61851-36, IEC 61851-37, IEC 61851-38, IEC 61851-39, IEC 61851-40, IEC 61851-41, IEC 61851-42, IEC 61851-43, IEC 61851-44, IEC 61851-45, IEC 61851-46, IEC 61851-47, IEC 61851-48, IEC 61851-49, IEC 61851-50, IEC 61851-51, IEC 61851-52, IEC 61851-53, IEC 61851-54, IEC 61851-55, IEC 61851-56, IEC 61851-57, IEC 61851-58, IEC 61851-59, IEC 61851-60, IEC 61851-61, IEC 61851-62, IEC 61851-63, IEC 61851-64, IEC 61851-65, IEC 61851-66, IEC 61851-67, IEC 61851-68, IEC 61851-69, IEC 61851-70, IEC 61851-71, IEC 61851-72, IEC 61851-73, IEC 61851-74, IEC 61851-75, IEC 61851-76, IEC 61851-77, IEC 61851-78, IEC 61851-79, IEC 61851-80, IEC 61851-81, IEC 61851-82, IEC 61851-83, IEC 61851-84, IEC 61851-85, IEC 61851-86, IEC 61851-87, IEC 61851-88, IEC 61851-89, IEC 61851-90, IEC 61851-91, IEC 61851-92, IEC 61851-93, IEC 61851-94, IEC 61851-95, IEC 61851-96, IEC 61851-97, IEC 61851-98, IEC 61851-99, IEC 61851-100, IEC 61851-101, IEC 61851-102, IEC 61851-103, IEC 61851-104, IEC 61851-105, IEC 61851-106, IEC 61851-107, IEC 61851-108, IEC 61851-109, IEC 61851-110, IEC 61851-111, IEC 61851-112, IEC 61851-113, IEC 61851-114, IEC 61851-115, IEC 61851-116, IEC 61851-117, IEC 61851-118, IEC 61851-119, IEC 61851-120, IEC 61851-121, IEC 61851-122, IEC 61851-123, IEC 61851-124, IEC 61851-125, IEC 61851-126, IEC 61851-127, IEC 61851-128, IEC 61851-129, IEC 61851-130, IEC 61851-131, IEC 61851-132, IEC 61851-133, IEC 61851-134, IEC 61851-135, IEC 61851-136, IEC 61851-137, IEC 61851-138, IEC 61851-139, IEC 61851-140, IEC 61851-141, IEC 61851-142, IEC 61851-143, IEC 61851-144, IEC 61851-145, IEC 61851-146, IEC 61851-147, IEC 61851-148, IEC 61851-149, IEC 61851-150, IEC 61851-151, IEC 61851-152, IEC 61851-153, IEC 61851-154, IEC 61851-155, IEC 61851-156, IEC 61851-157, IEC 61851-158, IEC 61851-159, IEC 61851-160, IEC 61851-161, IEC 61851-162, IEC 61851-163, IEC 61851-164, IEC 61851-165, IEC 61851-166, IEC 61851-167, IEC 61851-168, IEC 61851-169, IEC 61851-170, IEC 61851-171, IEC 61851-172, IEC 61851-173, IEC 61851-174, IEC 61851-175, IEC 61851-176, IEC 61851-177, IEC 61851-178, IEC 61851-179, IEC 61851-180, IEC 61851-181, IEC 61851-182, IEC 61851-183, IEC 61851-184, IEC 61851-185, IEC 61851-186, IEC 61851-187, IEC 61851-188, IEC 61851-189, IEC 61851-190, IEC 61851-191, IEC 61851-192, IEC 61851-193, IEC 61851-194, IEC 61851-195, IEC 61851-196, IEC 61851-197, IEC 61851-198, IEC 61851-199, IEC 61851-200, IEC 61851-201, IEC 61851-202, IEC 61851-203, IEC 61851-204, IEC 61851-205, IEC 61851-206, IEC 61851-207, IEC 61851-208, IEC 61851-209, IEC 61851-210, IEC 61851-211, IEC 61851-212, IEC 61851-213, IEC 61851-214, IEC 61851-215, IEC 61851-216, IEC 61851-217, IEC 61851-218, IEC 61851-219, IEC 61851-220, IEC 61851-221, IEC 61851-222, IEC 61851-223, IEC 61851-224, IEC 61851-225, IEC 61851-226, IEC 61851-227, IEC 61851-228, IEC 61851-229, IEC 61851-230, IEC 61851-231, IEC 61851-232, IEC 61851-233, IEC 61851-234, IEC 61851-235, IEC 61851-236, IEC 61851-237, IEC 61851-238, IEC 61851-239, IEC 61851-240, IEC 61851-241, IEC 61851-242, IEC 61851-243, IEC 61851-244, IEC 61851-245, IEC 61851-246, IEC 61851-247, IEC 61851-248, IEC 61851-249, IEC 61851-250, IEC 61851-251, IEC 61851-252, IEC 61851-253, IEC 61851-254, IEC 61851-255, IEC 61851-256, IEC 61851-257, IEC 61851-258, IEC 61851-259, IEC 61851-260, IEC 61851-261, IEC 61851-262, IEC 61851-263, IEC 61851-264, IEC 61851-265, IEC 61851-266, IEC 61851-267, IEC 61851-268, IEC 61851-269, IEC 61851-270, IEC 61851-271, IEC 61851-272, IEC 61851-273, IEC 61851-274, IEC 61851-275, IEC 61851-276, IEC 61851-277, IEC 61851-278, IEC 61851-279, IEC 61851-280, IEC 61851-281, IEC 61851-282, IEC 61851-283, IEC 61851-284, IEC 61851-285, IEC 61851-286, IEC 61851-287, IEC 61851-288, IEC 61851-289, IEC 61851-290, IEC 61851-291, IEC 61851-292, IEC 61851-293, IEC 61851-294, IEC 61851-295, IEC 61851-296, IEC 61851-297, IEC 61851-298, IEC 61851-299, IEC 61851-300, IEC 61851-301, IEC 61851-302, IEC 61851-303, IEC 61851-304, IEC 61851-305, IEC 61851-306, IEC 61851-307, IEC 61851-308, IEC 61851-309, IEC 61851-310, IEC 61851-311, IEC 61851-312, IEC 61851-313, IEC 61851-314, IEC 61851-315, IEC 61851-316, IEC 61851-317, IEC 61851-318, IEC 61851-319, IEC 61851-320, IEC 61851-321, IEC 61851-322, IEC 61851-323, IEC 61851-324, IEC 61851-325, IEC 61851-326, IEC 61851-327, IEC 61851-328, IEC 61851-329, IEC 61851-330, IEC 61851-331, IEC 61851-332, IEC 61851-333, IEC 61851-334, IEC 61851-335, IEC 61851-336, IEC 61851-337, IEC 61851-338, IEC 61851-339, IEC 61851-340, IEC 61851-341, IEC 61851-342, IEC 61851-343, IEC 61851-344, IEC 61851-345, IEC 61851-346, IEC 61851-347, IEC 61851-348, IEC 61851-349, IEC 61851-350, IEC 61851-351, IEC 61851-352, IEC 61851-353, IEC 61851-354, IEC 61851-355, IEC 61851-356, IEC 61851-357, IEC 61851-358, IEC 61851-359, IEC 61851-360, IEC 61851-361, IEC 61851-362, IEC 61851-363, IEC 61851-364, IEC 61851-365, IEC 61851-366, IEC 61851-367, IEC 61851-368, IEC 61851-369, IEC 61851-370, IEC 61851-371, IEC 61851-372, IEC 61851-373, IEC 61851-374, IEC 61851-375, IEC 61851-376, IEC 61851-377, IEC 61851-378, IEC 61851-379, IEC 61851-380, IEC 61851-381, IEC 61851-382, IEC 61851-383, IEC 61851-384, IEC 61851-385, IEC 61851-386, IEC 61851-387, IEC 61851-388, IEC 61851-389, IEC 61851-390, IEC 61851-391, IEC 61851-392, IEC 61851-393, IEC 61851-394, IEC 61851-395, IEC 61851-396, IEC 61851-397, IEC 61851-398, IEC 61851-399, IEC 61851-400, IEC 61851-401, IEC 61851-402, IEC 61851-403, IEC 61851-404, IEC 61851-405, IEC 61851-406, IEC 61851-407, IEC 61851-408, IEC 61851-409, IEC 61851-410, IEC 61851-411, IEC 61851-412, IEC 61851-413, IEC 61851-414, IEC 61851-415, IEC 61851-416, IEC 61851-417, IEC 61851-418, IEC 61851-419, IEC 61851-420, IEC 61851-421, IEC 61851-422, IEC 61851-423, IEC 61851-424, IEC 61851-425, IEC 61851-426, IEC 61851-427, IEC 61851-428, IEC 61851-429, IEC 61851-430, IEC 61851-431, IEC 61851-432, IEC 61851-433, IEC 61851-434, IEC 61851-435, IEC 61851-436, IEC 61851-437, IEC 61851-438, IEC 61851-439, IEC 61851-440, IEC 61851-441, IEC 61851-442, IEC 61851-443, IEC 61851-444, IEC 61851-445, IEC 61851-446, IEC 61851-447, IEC 61851-448, IEC 61851-449, IEC 61851-450, IEC 61851-451, IEC 61851-452, IEC 61851-453, IEC 61851-454, IEC 61851-455, IEC 61851-456, IEC 61851-457, IEC 61851-458, IEC 61851-459, IEC 61851-460, IEC 61851-461, IEC 61851-462, IEC 61851-463, IEC 61851-464, IEC 61851-465, IEC 61851-466, IEC 61851-467, IEC 61851-468, IEC 61851-469, IEC 61851-470, IEC 61851-471, IEC 61851-472, IEC 61851-473, IEC 61851-474, IEC 61851-475, IEC 61851-476, IEC 61851-477, IEC 61851-478, IEC 61851-479, IEC 61851-480, IEC 61851-481, IEC 61851-482, IEC 61851-483, IEC 61851-484, IEC 61851-485, IEC 61851-486, IEC 61851-487, IEC 61851-488, IEC 61851-489, IEC 61851-490, IEC 61851-491, IEC 61851-492, IEC 61851-493, IEC 61851-494, IEC 61851-495, IEC 61851-496, IEC 61851-497, IEC 61851-498, IEC 61851-499, IEC 61851-500, IEC 61851-501, IEC 61851-502, IEC 61851-503, IEC 61851-504, IEC 61851-505, IEC 61851-506, IEC 61851-507, IEC 61851-508, IEC 61851-509, IEC 61851-510, IEC 61851-511, IEC 61851-512, IEC 61851-513, IEC 61851-514, IEC 61851-515, IEC 61851-516, IEC 61851-517, IEC 61851-518, IEC 61851-519, IEC 61851-520, IEC 61851-521, IEC 61851-522, IEC 61851-523, IEC 61851-524, IEC 61851-525, IEC 61851-526, IEC 61851-527, IEC 61851-528, IEC 61851-529, IEC 61851-530, IEC 61851-531, IEC 61851-532, IEC 61851-533, IEC 61851-534, IEC 61851-535, IEC 61851-536, IEC 61851-537, IEC 61851-538, IEC 61851-539, IEC 61851-540, IEC 61851-541, IEC 61851-542, IEC 61851-543, IEC 61851-544, IEC 61851-545, IEC 61851-546, IEC 61851-547, IEC 61851-548, IEC 61851-549, IEC 61851-550, IEC 61851-551, IEC 61851-552, IEC 61851-553, IEC 61851-554, IEC 61851-555, IEC 61851-556, IEC 61851-557, IEC 61851-558, IEC 61851-559, IEC 61851-560, IEC 61851-561, IEC 61851-562, IEC 61851-563, IEC 61851-564, IEC 61851-565, IEC 61851-566, IEC 61851-567, IEC 61851-568, IEC 61851-569, IEC 61851-570, IEC 61851-571, IEC 61851-572, IEC 61851-573, IEC 61851-574, IEC 61851-575, IEC 61851-576, IEC 61851-577, IEC 61851-578, IEC 61851-579, IEC 61851-580, IEC 61851-581, IEC 61851-582, IEC 61851-583, IEC 61851-584, IEC 61851-585, IEC 61851-586, IEC 61851-587, IEC 61851-588, IEC 61851-589, IEC 61851-590, IEC 61851-591, IEC 61851-592, IEC 61851-593, IEC 61851-594, IEC 61851-595, IEC 61851-596, IEC 61851-597, IEC 61851-598, IEC 61851-599, IEC 61851-600, IEC 61851-601, IEC 61851-602, IEC 61851-603, IEC 61851-604, IEC 61851-605, IEC 61851-606, IEC 61851-607, IEC 61851-608, IEC 61851-609, IEC 61851-610, IEC 61851-611, IEC 61851-612, IEC 61851-613, IEC 61851-614, IEC 61851-615, IEC 61851-616, IEC 61851-617, IEC 61851-618, IEC 61851-619, IEC 61851-620, IEC 61851-621, IEC 61851-622, IEC 61851-623, IEC 61851-624, IEC 61851-625, IEC 61851-626, IEC 61851-627, IEC 61851-628, IEC 61851-629, IEC 61851-630, IEC 61851-631, IEC 61851-632, IEC 61851-633, IEC 61851-634, IEC 61851-635, IEC 61851-636, IEC 61851-637, IEC 61851-638, IEC 61851-639, IEC 61851-640, IEC 61851-641, IEC 61851-642, IEC 61851-643, IEC 61851-644, IEC 61851-645, IEC 61851-646, IEC 61851-647, IEC 61851-648, IEC 61851-649, IEC 61851-650, IEC 61851-651, IEC 61851-652, IEC 61851-653, IEC 61851-654, IEC 61851-655, IEC 61851-656, IEC 61851-657, IEC 61851-658, IEC 61851-659, IEC 61851-660, IEC 61851-661, IEC 61851-662, IEC 61851-663, IEC 61851-664, IEC 61851-665, IEC 61851-666, IEC 61851-667, IEC 61851-668, IEC 61851-669, IEC 61851-670, IEC 61851-671, IEC 61851-672, IEC 61851-673, IEC 61851-674, IEC 61851-675, IEC 61851-676, IEC 61851-677, IEC 61851-678, IEC 61851-679, IEC 61851-680, IEC 61851-681, IEC 61851-682, IEC 61851-683, IEC 61851-684, IEC 61851-685, IEC 61851-686, IEC 61851-687, IEC 61851-688, IEC 61851-689, IEC 61851-690, IEC 61851-691, IEC 61851-692, IEC 61851-693, IEC 61851-694, IEC 61851-695, IEC 61851-696, IEC 61851-697, IEC 61851-698, IEC 61851-699, IEC 61851-700, IEC 61851-701, IEC 61851-702, IEC 61851-703, IEC 61851-704, IEC 61851-705, IEC 61851-706, IEC 61851-707, IEC 61851-708, IEC 61851-709, IEC 61851-710, IEC 61851-711, IEC 61851-712, IEC 61851-713, IEC 61851-714, IEC 61851-715, IEC 61851-716, IEC 61851-717, IEC 61851-718, IEC 61851-719, IEC 61851-720, IEC 61851-721, IEC 61851-722, IEC 61851-723, IEC 61851-724, IEC 61851-725, IEC 61851-726, IEC 61851-727, IEC 61851-728, IEC 61851-729, IEC 61851-730, IEC 61851-731, IEC 61851-732, IEC 61851-733, IEC 61851-734, IEC 61851-735, IEC 61851-736, IEC 61851-737, IEC 61851-738, IEC 61851-739, IEC 61851-740, IEC 61851-741, IEC 61851-742, IEC 61851-743, IEC 61851-744, IEC 61851-745, IEC 61851-746, IEC 61851-747, IEC 61851-748, IEC 61851-749, IEC 61851-750, IEC 61851-751, IEC 61851-752, IEC 61851-753, IEC 61851-754, IEC 61851-755, IEC 61851-756, IEC 61851-757, IEC 61851-758, IEC 61851-759, IEC 61851-760, IEC 61851-761, IEC 61851-762, IEC 618				



### 1.8.3 INSTALACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA ELECTRICA BT/MT

La energía eléctrica producida en cada uno de los inversores será en baja tensión, a un nivel de 0,63 KV, mientras que la red de distribución de la zona, a la cual se entregará es de 25 KV; esta es la razón por la cual será necesario la creación de la estación de transformación de la energía producida en la planta solar para su adecuación a la tensión de 25 KV indicada por la compañía.

De esta forma, la instalación de 6 MW, contará con un centro de transformación, cumpliendo en su totalidad con la norma vigente.

El centro de transformación estará integrado en un mismo bloque junto con los inversores, mediante la solución denominada MSK Skid Inverter Station o Power Station, siendo esta una solución compacta suministrada por el propio fabricante del inversor Ingeteam. Se trata de integrar los equipos en una sola ubicación, que cuenta con tres zonas diferenciadas, que son transformador, celdas de media tensión de protección maniobra y medida, y los inversores electrónicos de corriente.

Todo el equipo es adecuado para la instalación en exteriores (outdoor), por lo que no se necesita ningún tipo de envoltente o edificio prefabricado. Gracias a este diseño, la accesibilidad a todos los componentes es completa, facilitando las tareas de mantenimiento y reparación.

Todas las conexiones eléctricas existentes, especialmente las conexiones entre inversores y transformador están aisladas y protegidas contra contactos directos. Las acometidas a la Power Station, tanto de Baja Tensión y de Media Tensión se realizan por canalización subterránea, debajo de los componentes, por lo que no son visibles ni accesibles sin seguir el protocolo de actuación en mantenimientos o reparaciones. La Power Station estará ubicada en la planta de tal forma que las caídas de tensión en los conductores sean las mínimas.

Los componentes se instalarán sobre una plataforma de hormigón armado, y estará compuesta principalmente por los siguientes equipos:

- 1 Transformador 6.500 KVA, 0,63 KV/ 25 KV clase E3. Transformador hermético con tensión de servicio hasta 36 KV.
- Celdas de media tensión para maniobra y protección. Tensión de servicio hasta 36 KV.
- 4 inversores Ingeteam PowerMax B Series 1640TL.
- 1 transformador de servicios auxiliares para los consumos internos de la planta solar.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**INGECON**

**SUN**

InverterStation  
1,500 Vdc

**MEDIUM VOLTAGE  
INVERTER STATION,  
CUSTOMIZED  
UP TO 6.55 MVA**

**From 1.17 to 6.55 MVA**

This brand new medium voltage solution integrates all the devices required for a multi-megawatt system.

**Maximize your investment with a minimal effort**

Ingeteam's Inverter Station is a compact, customizable and flexible solution that can be configured to suit each customer's requirements. It is supplied together with up to four photovoltaic inverters. All the equipment is suitable for outdoor installation, so there is no need of any kind of housing.

**Higher adaptability and power density**

This PowerStation is now more versatile, as it presents the MV transformer integrated into a steel base frame together with the MV switchgear. Moreover, it features the greatest power density on the market: 317 kW/m<sup>3</sup>.

**Plug & Play technology**

This MV solution integrates power conversion equipment –up to 6.55 MVA-, liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV and provision for low voltage equipment.

The MV Skid is delivered pre-assembled for a fast on-site connection with up to four PV inverters from Ingeteam's B Series central inverter family.

**Complete accessibility**

Thanks to the lack of housing, the inverters, the switchgear and the transformer can have immediate access. Furthermore, the design of the B Series central inverters has been conceived to facilitate maintenance and repair works.

**Maximum protection**

Ingeteam's B Series central inverters integrate the latest generation electronics and a much more efficient electronic protection. Apart from that, they feature the main electrical protections and they deploy grid support functionalities, such as low voltage ride-through capability, reactive power deliverance and active power injection control.

Furthermore, the electrical connection between the inverters and the transformer is fully protected from direct contact.



www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
201322 24/11/20  
**VISADO**

**ANTEPROYECTO**  
NO ES VÁLIDO PARA  
CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
DEFINITIVO COMO  
-PROYECTO-

**Ingeteam**

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**INGECON SUN** InverterStation 1,500 Vdc

Medium voltage inverter station, customized up to 6.55 MVA

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>CONSTRUCTION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Steel base frame.</li> <li>- Suitable for slab or piers mounting.</li> <li>- Compact design, minimizing freight costs.</li> </ul> | <p><b>STANDARD EQUIPMENT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Up to four inverters with an output power of 6.55 MVA.</li> <li>- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV.</li> <li>- Oil-retention tank.</li> <li>- Frame for installation of LV equipment.</li> <li>- Minimum installation at project site.</li> </ul> | <p><b>OPTIONS UPON REQUEST</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Low voltage distribution panel.</li> <li>- Power plant commissioning.</li> <li>- High-speed Ethernet / fibre optic communication infrastructure for Plug &amp; Play connection to the Power Plant Controller and/or SCADA systems.</li> <li>- INGECON® SUN StringBox with 16 / 24 / 32 input channels. Intelligent or passive string combiner box.</li> <li>- Sand trap kit.</li> <li>- Meteo station.</li> <li>- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.</li> <li>- Insulation monitoring relay for continuous monitoring of IS systems insulation.</li> <li>- Reactive power regulation when there is no PV power available.</li> <li>- Ground connection of the PV array.</li> </ul> |
|---|--|---|

	MSK19 - Single Inverter	MSK19 - Dual Inverter	MSK19 - Single + Dual Inverter	MSK19 - Double Dual Inverter
Number of inverters	1	2	3	4
Max. power @30 °C / 86 °F <sup>(1)</sup>	1,793 kVA	3,586 kVA	5,379 kVA	6,548 kVA
Rated power @50 °C / 122 °F <sup>(1)</sup>	1,613 kVA	3,227 kVA	4,840 kVA	5,892 kVA
Skid Size	5,880 x 2,100 mm / 19 x 7 ft	5,880 x 2,100 mm / 19 x 7 ft	5,880 x 2,100 mm / 19 x 7 ft	5,880 x 2,100 mm / 19 x 7 ft
Max. estimated skid weight (without inverters)	10 tons	16 tons	21 tons	26 tons
Voltage class	24 - 36 kV			
Installation altitude <sup>(2)</sup>	Up to 4,500 m (14,765 ft)			
Operating temperature range	-20 °C to +57 °C / -4 °F to +135 °F	-20 °C to +57 °C / -4 °F to +135 °F	-20 °C to +57 °C / -4 °F to +135 °F	-20 °C to +57 °C / -4 °F to +135 °F

**Notes:** <sup>(1)</sup> Power referring to the model INGECON® SUN 1800TL B690, except for the four inverter solution, for which the power rating is referring to the model INGECON® SUN 1640TL B630  
<sup>(2)</sup> For installations beyond 1,000 m (3,280 ft), please contact Ingeteam's solar sales department.

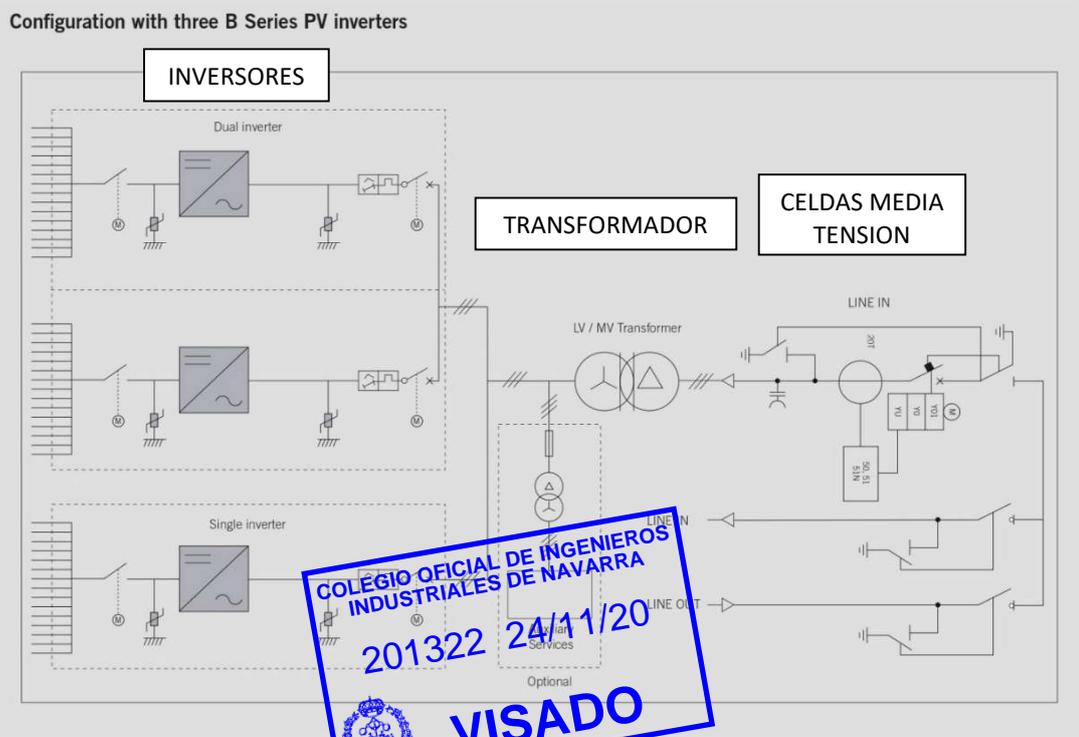


Tabla 1.6. Transformador y Gabinete de MT - Inversores

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322





A continuación, se describen las características principales que componen a cada uno de ellos.

### 1.8.3.1 CENTRO DE TRANSFORMACION COMPACTO

Se trata de un centro de transformación outdoor MT/BT diseñado en una solución conjunta con los inversores solares, suministrado en su conjunto sobre un chasis metálico que permite una fácil instalación debido a su compacidad y un cómodo transporte debido a sus dimensiones.

En él se incluirá de fábrica, el transformador, celdas de media tensión de seccionamiento, protección y medida, así como elementos anejos que posteriormente se describirán, además de los inversores solares.

Cumple con las normativas sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, así como con la norma UNE-EN-61330/97.

#### Ubicación y accesibilidad

Este centro será ubicado en el interior de la planta fotovoltaica tal y como se muestra en el apartado de planos, de forma que no generen sombras a los paneles solares y que las longitudes de conductores que a ellos derivan, sean lo más pequeñas posibles para disminuir al máximo las caídas de tensión.

Debido a que la planta fotovoltaica estará cerrada con un vallado perimetral, el acceso a la misma y consecuentemente a los centros de transformación, solo se permitirá a personal autorizado por la empresa promotora, siendo en todo momento personal con formación adecuada en instalaciones eléctricas y centros de transformación, así como en las condiciones de seguridad y salud que a este tipo de instalaciones les sean de aplicación.

Como se puede observar en las imágenes de la Ilustración 1.7., existe accesibilidad al centro por los cuatro lados, habiendo zonas diferenciadas dentro el mismo, como son la zona de inversores, zona de transformador y zona de maniobra, cumpliendo en todo momento todas las normativas de aislamiento eléctrico.

Como se ha mencionado, el acceso al Centro de Transformación se realizará únicamente por personal autorizado.

#### Cimentación

Para este tipo de centro será necesario realizar una cimentación de hormigón armado, que permita un correcto apoyo de todo el chasis. Esta cimentación se realizará mediante hormigón armado y tendrá las dimensiones necesarias para que alrededor del edificio quede una acera de 1,2 mt de ancho en todo su perímetro, cumpliendo de este modo con la normativa eléctrica. Todas sus masas metálicas se unirán a tierra mediante una instalación efectuada a tal fin, con un valor no superior a los 10 ohmios.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### Dimensiones y peso

Las dimensiones exteriores del centro de transformación (no incluyendo los inversores) son las siguientes:

- Longitud: 5,880 m
- Anchura: 2,100 m
- Altura total: 2,292 m
- Peso en conjunto: 21.000 Kg.

### Canalizaciones, conducciones y almacenamientos

Las canalizaciones de acometida al centro de transformación se realizarán de manera que coincidan con las entradas de cable que los componentes tienen en su parte inferior, evitando de este modo el tendido de cableado sobre la superficie de hormigón.

Por lo tanto, la losa de hormigón se ejecutará con unas canalizaciones concretas según las especificaciones del fabricante para que todo el cableado quede oculto y protegido.

El centro de transformación no contendrá canalizaciones, conducciones ajenas ni almacenamiento de agua o fluidos combustibles.

#### **1.8.3.2 CONDICIONES GENERALES PARA LAS INSTALACIONES Y OTRAS PRESCRIPCIONES**

Los celdas, cuadros y pupitres de control de las instalaciones de media tensión estarán situados en lugares de amplitud e iluminación adecuados, y sus características constructivas cumplirán con los parámetros de señalización, conexionado, tipo de bornes, etc. que recoge la instrucción MIE-RAT-10.

### Celdas

El dieléctrico a emplear es el gas SF6, con características no inflamables e incombustibles de modo que no será preciso crear tabiques de separación entre las celdas para cortar la propagación de una posible explosión o incendio.

La parte posterior de las celdas están provistas con un tabique mural, realizando de este modo una protección física con la zona del transformador, evitando de este modo los riesgos de incendios.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COIINA



## Ventilación

La ventilación del centro de transformación como se puede observar en la Ilustración 1.7. Vista centro de transformación, al ser una solución de exterior outdoor, se realizará de modo natural por la corriente de aire o por convección, garantizando la ventilación de todos los equipos.

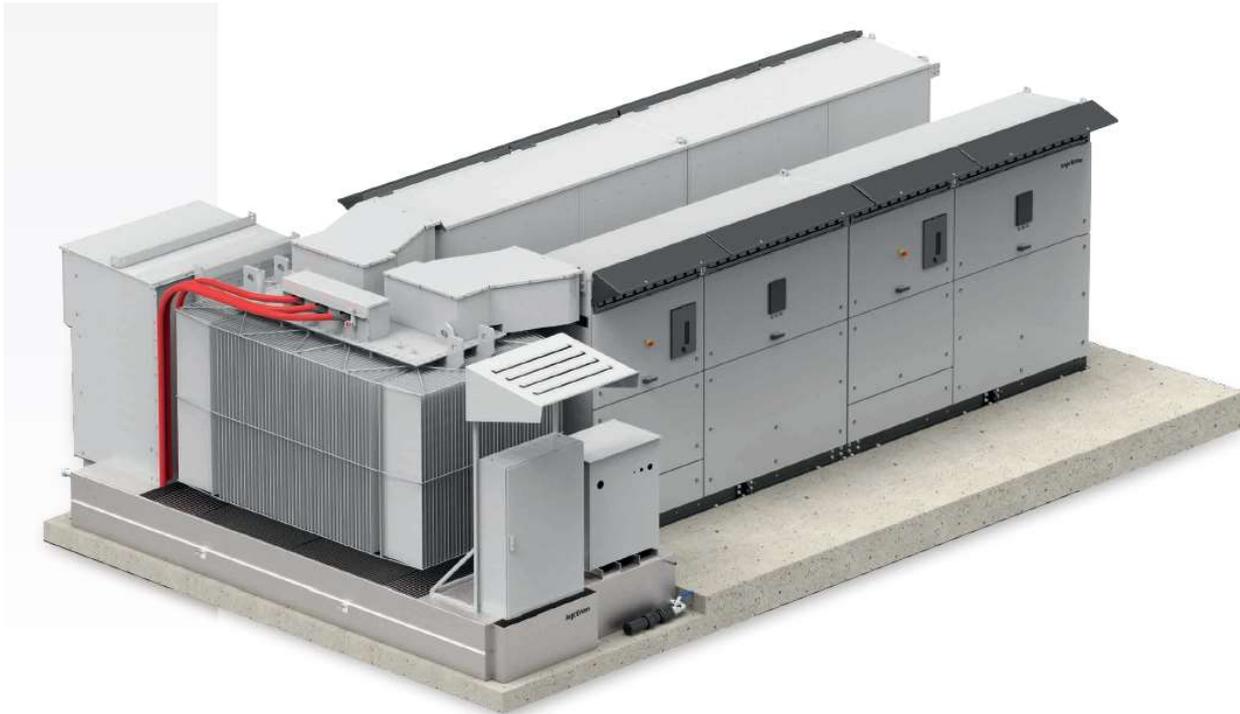


Ilustración 1.7. Vista del centro de transformación

## Paso de Líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques de construcción

La salida de las líneas de M.T, así como entrada de las líneas en B.T., se llevará a cabo de forma subterránea a través de los huecos existentes en la base de hormigón, incorporándose los conductores desde la parte inferior a cada uno de los elementos correspondientes (cuadro de B.T. y celda de protección y seccionamiento en M.T.).

Estos pasos de las canalizaciones subterráneas tienen la suficiente holgura para contener y proteger los conductores, y una vez pasados los conductores serán obturados con material elástico de forma que se evite la entrada de insectos, roedores y humedad al interior de la sala.

## Señalización

El centro de transformación, dispondrá de carteles de señalización que indique la existencia de peligro eléctrico por existencia de media tensión, visibles desde cualquier acceso al mismo.





Las celdas, paneles de cuadros y circuitos estarán diferenciadas entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructura apropiada para su fácil lectura y comprensión.

Se identificarán claramente las posiciones de apertura y cierre, salvo que tal situación pueda ser claramente contemplada a simple vista.

Todos los puntos cuyas características y equipos lo requieran dispondrán de advertencia de peligro.

### **Instalación de protección contra incendios**

Sistema de recogida de aceites (M.I.E. RAT 14)

Los transformadores a emplear usan como refrigerante el aceite, contando en el equipamiento de la Power Station con una cuba de recogida integrada en el propio diseño, preparada para poder recoger en su interior un volumen de aceite de hasta 1000 litros.

### **Sistema de extinción**

Por las características de las celdas de SF6 a emplear y de volumen de aceite en el transformador, no es necesario instalar un sistema de extinción de incendios fijo, en cada centro.

No obstante, se colocará en cada centro, un extintor manual de CO2 de 5 Kgrs con una eficacia 89B recogido dentro de un armario de protección fácilmente accesible.

### **Instalación de alumbrado de emergencia**

De acuerdo a lo indicado en el MIE-RAT-14 art. 4.2., el centro de transformación dispondrá de un alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en las actividades de maniobra de los equipos, permitiendo la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros posibles ocupantes del local.

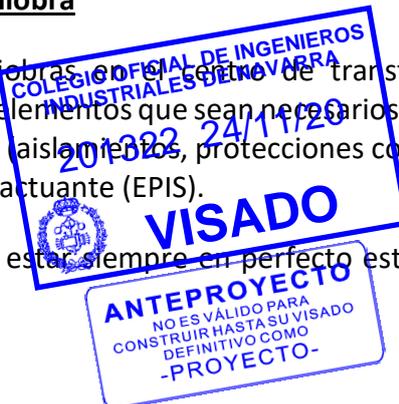
Para asegurar una iluminancia mínima de 15 lux ó el 10% de la iluminancia normal, se instalará un equipo de alumbrado de emergencia en cada centro, marca Legrand o similar de 210 lum provistos de baterías autónomas con capacidad de funcionamiento durante 1 hora, que se pondrán en funcionamiento en caso de producirse el fallo de la alimentación normal.

### **Elementos y dispositivos de maniobra**

Para la realización de las maniobras en el centro de transformación, y de acuerdo con sus características, se emplearán los elementos que sean necesarios para la seguridad del personal, bien provistos en la propia instalación (aislamiento, protecciones colectivas, detección, etc) ó bien para poner a disposición del personal actuante (EPIS).

Todos estos elementos deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios

Se colocará placas informativas visibles en las zonas de trabajo de personal, con instrucciones sobre primeros auxilios que deben prestarse a los accidentados por contactos con elementos en tensión y dado que no se requerirá presencia permanente de personal en el centro, no será necesario disponer elementos para practicar dichos primeros auxilios.

### Pasillos de servicio

Teniendo en cuenta que se trata de un módulo prefabricado de pequeñas dimensiones que albergará toda la aparamenta de M.T. y B.T.; el ordenamiento de la mismas, así como sus accesos, garantizan los espacios suficientes para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de mismos.

La supervisión de los equipos se realizará desde la propia puerta de acceso al conjunto, no quedando ningún elemento en tensión no protegido al alcance en la zona de servicio.

### Zonas y medidas de protección contra contactos accidentales

Las celdas proyectadas son de envolvente metálica con aislamiento dieléctrico de gas SF<sub>6</sub>, que protegen con sus cierres de cualquier contacto accidental en todas sus direcciones, por lo que no deben disponerse otros sistemas para protección contra el contacto accidental de las personas que circulen por el pasillo de servicio.

Cada una de las posibles funciones de mando de las celdas quedará asegurada por enclavamiento mediante cerradura, a modo de evitar cambios accidentales en los mismos.

La cuba metálica de las celdas del centro, serán de acero inoxidable de 2.5 mm de espesor. En la parte inferior de ésta existirá una claveta de seguridad ubicada fuera del acceso del personal. En el caso de producirse un arco interno en la cuba, esta claveta se desprenderá por el incremento de presión en el interior, canalizando todos los gases por la parte posterior de la celda garantizando la seguridad de las personas que se encuentren en el centro de transformación.

Las canalizaciones de conductores de entrada y salida de las celdas quedan protegidas en todo su recorrido contra contactos accidentales al estar por debajo del suelo en las canalizaciones ejecutadas en la losa de hormigón, además de por el propio aislamiento de los cables.

#### **1.8.4 TRANSFORMADOR**

Otro de los elementos esenciales para una planta fotovoltaica, es el transformador de potencia cuya función principal es elevar la tensión para adaptarla a la línea de distribución y reducir pérdidas de potencia. Otra peculiaridad de los transformadores es el aislamiento galvánico de los bobinados de alta y baja tensión, únicamente conectados mediante acoplamiento magnético, que es la base de funcionamiento de los transformadores.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





El transformador será diseñado y fabricado para adaptarse de la mejor forma posible y con las menores pérdidas al inversor seleccionado para obtener un número bajo de alarmas y un alto rendimiento de la planta durante su vida útil.

El transformador a colocar, tal como se observa en las fichas técnicas mostradas anteriormente quedará instalado en un lateral del conjunto de la Power Station, entre las celdas de media tensión y armarios de protección eléctrica. Al ser una instalación en exterior, las conexiones eléctricas quedan selladas herméticamente y protegidas con una carcasa, de manera que no sea posible un contacto accidental con las partes en tensión.

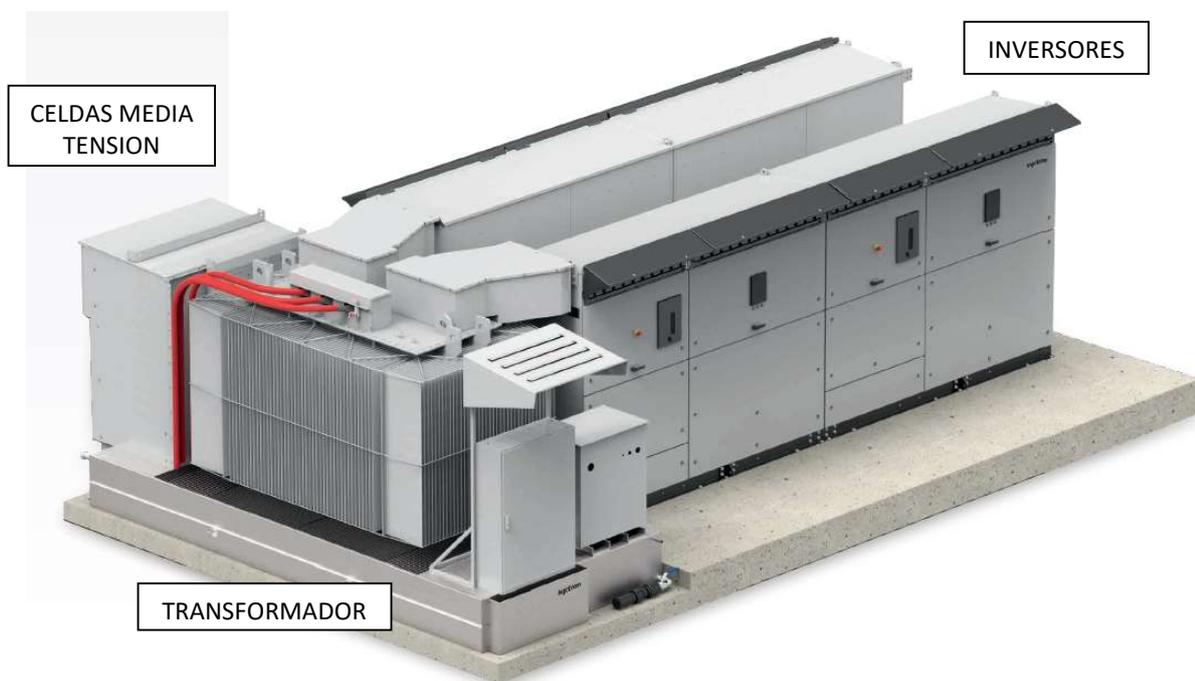


Ilustración 1.8. Vista isométrico 1 de conjunto de Power Station

La conexión del transformador se realizará en la modalidad IT, manteniendo el neutro del secundario del transformador sin conectar a tierra, siguiendo las especificaciones del fabricante de los inversores solares. Su conexión, tanto en la parte de baja tensión como en la parte de media tensión viene ya realizada desde las instalaciones del fabricante, siendo parte de la solución de inversor-transformador-protecciones suministrada por el fabricante Ingeteam.

En la instalación proyectada, en la Power Station, se instalará un único transformador de potencia común para los cuatro inversores, con las siguientes características:

- Potencia Nominal:
- Voltaje del primario:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Voltaje del secundario: 630 V
- Regulación de voltaje:  $\pm 2 * 2,5\%$
- Grupo de conexión: Dy11
- Frecuencia: 50 /60 Hz
- Impedancia de cortocircuito: 8%
- Temperatura: hasta 75°C ambiente
- Altitud: 4.500 m
- Dimensiones: 2.093 x 1.487 x 2.122 mm (a x b x h)
- Peso: 5.350 kg

### Conexión en el lado de Alta Tensión

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco HEPRZ1, aislamiento 36 kV, de 240 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

Para efectuar las conexiones de este juego de puentes de unión entre la función Q de la celda y el transformador se emplearán terminales enchufables acodados marca 3M, para cables secos de 240 mm<sup>2</sup> de 36 KV.

### Conexión en el lado de Baja Tensión

Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV-K, aislamiento 0.6/1 kV, compuesto por pletina plegada conductora de 2500 mm<sup>2</sup> para cada una de las fases.

El transformador a emplear es apto para instalaciones Outdoor (intemperie), fabricado bajo normativa vigente y cuenta con todos los certificados de compatibilidad electromagnética.

A continuación, se expone una ficha técnica del modelo de transformador a utilizar en la planta fotovoltaica, pudiendo cambiar la potencia adecuándola a la potencia nominal de salida de los inversores que componen la Power Station.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**INGECON**

**SUN**

PowerStation  
MV Transformer for 1,500 V Inverter Series

**THREE-PHASE OIL-INSULATED LV / MV TRANSFORMERS**



**Medium Voltage Transformer / Hermetically Sealed Completely Filled**

Ingeteam provides highly performing LV / MV three phase oil-insulated type transformers. Power ratings are available up to 7,200 kVA, with voltage ratings (MV side) from 10 up to 36 kV.

The transformers are classified as per the IEC 60076 standard, offering the following benefits:

- Reduced power losses.
- Reduced maintenance needs.
- Suitable both for internal or external use.

The voltage value at the secondary winding (LV side) is compatible with the inverter output voltage from 366 V to 690 V.

**STANDARD FUNCTIONS**

- Reduced power losses. Other power losses upon request.
- Electrostatic shield reducing disturbances, distortions and overvoltages.
- DGPT2 / RIS relay.
- Mineral oil insulation.

**FUNCTIONS AVAILABLE UPON REQUEST**

- Natural ester dielectric insulation fluid (fire point > 300 °C)
- Copper windings.
- Other functions available upon request.

**MV Transformer / Hermetically Sealed Completely Filled**

General Information					
Category	Hermetic mineral oil-insulated transformer (vegetable oil insulated upon request)				
Rated frequency	50 / 60Hz				
Efficiency at rated power	99%				
Primary voltage regulator	± 2 x 2.5 %				
Insulation class	Primary winding	12 kV: 12 / 28 / 75 kV	17.5 kV: 17.5 / 38 / 95 kV	24 kV: 24 / 50 / 125 kV	36 kV: 36 / 70 / 170 kV
	Secondary winding	3.6 kV			
Primary / secondary conductive material	Aluminium / Aluminium (Copper optional)				
Vector group <sup>(1)</sup>	Dy11				
Primary connection	Delta <sup>(2)</sup>				
Secondary connection	Star				
Max. overtemperature for windings / oil	+65 / +60 K				
No load current	< 1%				
Max. peak starting current	< 15 x I <sub>n</sub> <sup>(2)</sup>				
Installation	Indoor or outdoor				
Cooling type	ONAN				
Max. altitude above sea level <sup>(3)</sup>	4,500 m				
Short-circuit impedance at 75 °C	8% <sup>(2)</sup>				
General features	Terminal board for primary voltage adjustment, lifting lugs, earthing terminal, electrostatic shield and DGPT2 / RIS relay				

**Notes:** <sup>(1)</sup> Double secondary required for 4-inverter applications <sup>(2)</sup> For different configurations, please contact Ingeteam's solar sales department <sup>(3)</sup> For installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department.

www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA**  
201322 24/11/20  
**VISADO**  
**ANTEPROYECTO**  
NO ES VÁLIDO PARA  
CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
DEFINITIVO COMO  
-PROYECTO-

**Ingeteam**

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



# ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)

1 MEMORIA TÉCNICA



**INGECON SUN** PowerStation MV Transformer for 1,500 V Inverter Series

	450 V	540 V	578 V	600 V	615 V
<b>1 Inverter</b>					
Rated power of the transformer	1,170 kVA	1,400 kVA	1,500 kVA	1,560 kVA	1,600 kVA
No load losses	1,170 W	1,400 W	1,500 W	1,560 W	1,600 W
Load losses (75 °C)	10,530 W	12,600 W	13,500 W	14,040 W	14,400 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>2 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	2,340 kVA	2,800 kVA	3,000 kVA	3,120 kVA	3,200 kVA
No load losses	2,340 W	2,800 W	3,000 W	3,120 W	3,200 W
Load losses (75 °C)	21,060 W	25,200 W	27,000 W	28,080 W	28,800 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>3 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	3,510 kVA	4,200 kVA	4,500 kVA	4,680 kVA	4,800 kVA
No load losses	3,510 W	4,200 W	4,500 W	4,680 W	4,800 W
Load losses (75 °C)	31,590 W	37,800 W	40,500 W	42,120 W	43,200 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>4 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	4,680 kVA	5,600 kVA	6,000 kVA	6,240 kVA	6,400 kVA
No load losses	4,680 W	5,600 W	6,000 W	6,240 W	6,400 W
Load losses (75 °C)	42,120 W	50,400 W	54,000 W	56,160 W	57,600 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%

	630 V	640 V	650 V	670 V	690 V
<b>1 Inverter</b>					
Rated power of the transformer	1,640 kVA	1,665 kVA	1,690 kVA	1,740 kVA	1,800 kVA
No load losses	1,640 W	1,665 W	1,690 W	1,740 W	1,800 W
Load losses (75 °C)	14,760 W	14,985 W	15,210 W	15,660 W	16,200 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>2 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	3,280 kVA	3,330 kVA	3,380 kVA	3,480 kVA	3,600 kVA
No load losses	3,280 W	3,330 W	3,380 W	3,480 W	3,600 W
Load losses (75 °C)	29,520 W	29,970 W	30,420 W	31,320 W	32,400 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>3 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	4,920 kVA	4,995 kVA	5,070 kVA	5,220 kVA	5,400 kVA
No load losses	4,920 W	4,995 W	5,070 W	5,220 W	5,400 W
Load losses (75 °C)	44,280 W	44,955 W	45,630 W	46,980 W	48,600 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%
<b>4 Inverters</b>					
Rated power of the transformer	6,560 kVA	6,660 kVA	6,760 kVA	6,960 kVA	7,200 kVA
No load losses	6,560 W	6,660 W	6,760 W	6,960 W	7,200 W
Load losses (75 °C)	59,040 W	59,940 W	60,840 W	62,640 W	64,800 W
Peak of efficiency	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%	99,4%
Euroefficiency	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%	99,2%



Tabla 1.7. Ficha Técnica de Transformador

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



### 1.8.5 CELDAS DE MEDIA TENSION

Tal como se ha expuesto, las celdas de media tensión estarán ubicadas a un lado del transformador, tal como se muestra en la figura:

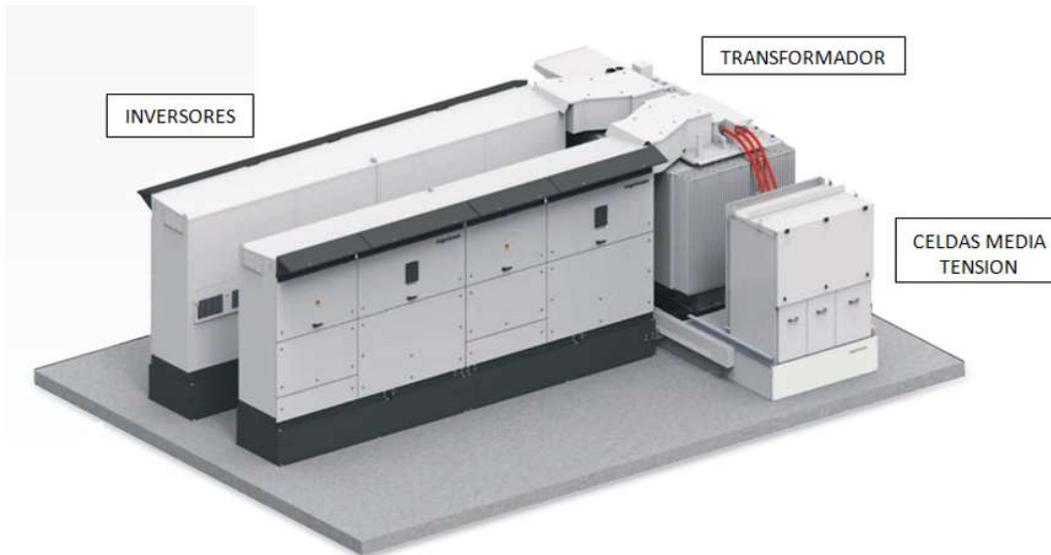


Ilustración 1.9. Vista isométrico 2 de conjunto de Power Station

Se trata de celdas de maniobra y protección de media tensión, diseñadas para emplazamientos en intemperie.

#### 1.8.5.1 CONTENIDO DE LAS CELDAS

En el centro de transformación y de acuerdo con las prescripciones técnicas de protección de transformadores y la maniobrabilidad de las instalaciones, se instalarán dos celdas, una de corte de línea y una segunda de protección de transformador con fusibles incorporados. Se trata de celdas compactas equipadas de aparellaje fijo que utilizan el hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de corte y extinción de arco.

La descripción de las celdas expuestas en el esquema unifilar, en el apartado de planos es la siguiente:

#### Celda 1 – Entrada de línea de centro de transformación, protección y medida

Celda modular de línea, de corte y aislamiento íntegro en SF6, de 365mm.de ancho por 1.740mm.de alto por 735mm.de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:





1 Interruptor-seccionador tripolar de corte en carga, con posiciones CONEXIONSECCIONAMIENTO- PUESTA A TIERRA,  $V_n = 36$  kV,  $I_n = 400$  A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 kA cresta, mando manual tipo B.

3 Captores capacitivos de presencia de tensión de 36 kV.

s/n Embarrado para 400 A.

s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm. para puesta a tierra de la instalación.

s/n Accesorios y pequeño material.

Las conexiones de las funciones de línea de la celda con los cables aislados de la línea de distribución en M.T. ser realizarán con terminales enchufables marca 3M para cables secos de 400 mm<sup>2</sup> de 36 KV.

### Celda 2 – Protección de transformador de Power Station.

**Celda modular de protección por fusibles, de corte y aislamiento íntegro en SF6, de 470mm.de ancho por 1.740mm.de alto por 735mm.de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:**

1 Interruptor-seccionador tripolar de corte en carga, con posiciones CONEXIONSECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA,  $V_n = 36$  kV,  $I_n = 400$  A,  $I_{th} = 16$  kA, mando manual tipo AR, con sistema de disparo por fusión de fusible, tipo combinado, y bobina de disparo a emisión de tensión.

3 Portafusibles para cartuchos de 36 kV, según DIN-43.625.

3 Fusibles APR 36 kV, de baja disipación térmica.

1 Seccionador de puesta a tierra que efectúa esta puesta a tierra sobre los contactos inferiores de los fusibles

3 Captores capacitivos de presencia de tensión de 36 kV.

s/n Enclavamiento con cerradura enclavada con el seccionador de puesta a tierra en cerrado (se suministra cerradura montada en celda y dos llaves sueltas).

s/n Embarrado para 400 A.

s/n Pletina de cobre de 30 x 3 mm. para puesta a tierra de la instalación.

s/n Accesorios y pequeño material.

## 1.9 EQUIPOS SECUNDARIOS

### 1.9.1 ESTRUCTURA DE SUPORTACION

El campo fotovoltaico ira montado sobre una estructura metálica capaz de soportar las inclemencias meteorológicas. Con el fin de aprovechar al máximo las horas de radiación disponibles, se ha determinado realizar un montaje sobre seguidor solar horizontal, inclinando los módulos solares de



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



este hacia oeste realizando en este giro el seguimiento solar, permitiendo de este modo incrementar la producción anual en aproximadamente un 20% con respecto a una estructura fija.

Para la instalación descrita, se ha optado por el seguidor solar del fabricante Axial Structural, por ser uno de los seguidores más fiables del mercado actual.

### Estructura

Toda la estructura metálica del seguidor solar se realizará en acero galvanizado en caliente, de al menos 80 micras de espesor, evitando la corrosión y el óxido del metal siguiendo estrictamente el marcado CE y las normas UNE-EN/ISO1461, UNE-EN/ISO 14713 y UNE-EN1179, así como la norma UNE-EN1090 de Dimensionamiento estructural y montaje de estructuras de acero y aluminio.

Las acciones principales a las que estarán sometidas las estructuras de los módulos fotovoltaicos, son cargas gravitatorias y acciones del viento, siendo esta última predominante. Para ello, en el cálculo de la estructura, se tendrá en cuenta dichas acciones, según la zona, siguiendo los documentos básicos, DB-SE y DB-AE del código técnico de edificación (CTE). La estructura será diseñada y fabricada siguiendo las normativas de cálculo y adaptándose a las condiciones especiales del terreno, ubicación, condiciones meteorológicas, etc., en calidades de acero S275JR y S355JR de acuerdo a la norma EN10025-2:2004.

La configuración de las estructuras, serán mesas que contendrán tres filas de 18 módulos en posición horizontal cuando el seguidor solar realiza la inclinación este u oeste, albergando un total de 54 módulos por mesa. Se respetará una distancia mínima al terreno de 0,5 metros, desde la parte inferior del módulo válida para evitar sombras de pequeños arbustos y facilitar su mantenimiento, adaptándose a la forma del terreno, y diseñada para evitar las sombras entre filas.

La sujeción de la estructura al terreno se realizará mediante sistemas de hincado y/o taladrado, en función de los resultados de estudios geotécnicos a realizar previo a la construcción de la estructura, una vez determinados la composición y la dureza del terreno, así como su composición química con el fin de determinar la existencia de agentes corrosivos.

La profundidad de hincado podrá variar entre 1,2 y 2 metros en función de las características del terreno, garantizando siempre la correcta estabilidad frente a las cargas de viento y peso propio que puedan aparecer en el lugar de emplazamiento.

La alineación de las mesas mantendrá siempre una orientación de 0º sur, optimizando el rendimiento energético de los módulos fotovoltaicos. El hincado se realizará mediante medios mecánicos empleando maquinaria diseñada para el hincado directo de los pilares que conforman las estructuras. Todos los puntos de hincado se contendrán mediante georeferencias obtenidas por dispositivos GPS, partiendo del proyecto de ejecución de la planta.

El método de fijación de la estructura permitirá la expansión térmica sin transmitir unas cargas excesivas a los módulos fotovoltaicos, así como los pequeños movimientos de tierra que se puedan generar.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



La altura máxima de los módulos fotovoltaicos se dará al amanecer y al atardecer, que son los momentos en los que el seguidor realiza una inclinación de la parrilla porta módulos de 60º con respecto a la horizontal.

Esta altura máxima es de 2,85m sobre el terreno.

### Control y Seguimiento Solar

El sistema de seguimiento se realiza mediante un PLC en el cual se realizan los cálculos astronómicos de la posición exacta del sol en base a la hora y fecha actuales, dependiendo de la ubicación geográfica del seguidor.

El mecanismo de orientación lo forma una transmisión mecánica sujeta en uno de los pies del seguido, haciendo girar un perfil en posición horizontal de este a oeste. En dicho perfil es donde se sujetan los carriles porta módulos para sujeción de los mismos.

El sistema de giro se realiza mediante una alta relación de transmisión, esto garantiza una muy baja velocidad de orientación permitiendo realizar movimientos lentos y de gran precisión.

El sistema de control incluye un sensor angular y dos finales de carrera de seguridad, uno a este y otro a oeste.

El ángulo de inclinación regulable para la planta fotovoltaica descrita, una vez tenido en cuenta la disponibilidad, morfología y aprovechamiento de terreno es de -60º Este a 60º oeste, siendo 0º la posición horizontal o tumbado del seguidor solar al cenit del mediodía.

### Monitorización

Mediante la conexión a los puertos del PLC de control del seguidor solar, se puede acceder a los datos de posición de cada unidad, así como a alarmas si las hubiere.

De este modo, la visualización y control de los seguidores solares se integrará en el sistema de monitorización y control del conjunto de la planta fotovoltaica mediante la solución de SCADA.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



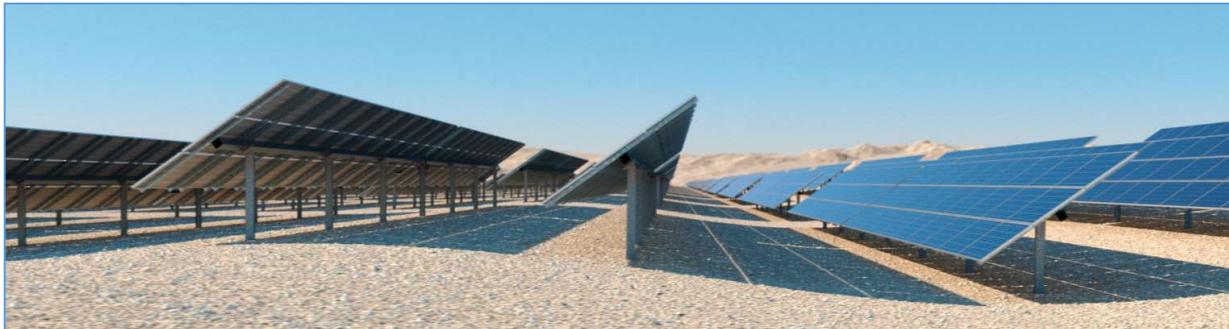


Imagen 1.1. Seguidor solar horizontal y características técnicas



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**TECHNICAL DATASHEET**

**BASIC SPECS**

- TRACKING SYSTEM:** HORIZONTAL AXIS E-W
- COMMUNICATION:** ZIGBEE / RS485
- TRACKING RANGE:** ±55°
- DRIVE SYSTEM:** ENCLOSED SLEWING DRIVE DC MOTOR, 24 (24VDC)
- POWER SUPPLY:** SELF POWERED AS STANDARD / GRID POWERED FOR LOW TEMPERATURES
- INDEPENDENT ROWS:** YES
- SOLAR ALGORITHM:** NREL SPA

**CALCULATION CRITERIA**

- GROUND CLEARANCE:** 0,5 m. (55°) - 2,26 m. (0°) AS STANDARD
- WIND RESISTANCE:** 50 Km/h (±55°) / ACCORDING TO LOCAL REGULATIONS FOR STOW POSITION
- SLOPE NORTH-SOUTH:** 8.7% AS STANDARD / 15% OPTIONAL
- SLOPE EAST-WEST:** ILLIMITED
- TEMPERATURE RANGE:** 0° +55° SELFPOWERED MODE / -40° +50° GRID POWERED MODE
- FOUNDATION SYSTEMS:** RAMMING AS STANDARD

**DIMENSIONS**

CONFIGURATIONS*	LENGTH	WIDTH
2VX28	28,7 m.	4 m.
3HX20	39,45 m.	3 m.

**WARRANTY**

- SLEWING DRIVE:** 5 YEARS
- ENGINE:** 5 YEARS
- ELECTRONICS:** 5 YEARS
- BATTERY:** UP TO 10 YEARS
- STRUCTURAL WARRANTY:** UP TO 25 YEARS
- CORROSION WARRANTY:** UP TO 25 YEARS



Blocking System

Wind Dynamics Studies  
Tested in Wind Tunnel  
CFD Studies



Sistema de Gestión  
ISO 9001:2015  
www.tuv.com  
ID: 910864246



EN 1090-1  
Factory Production Control  
www.tuv.com  
ID: 9105071259

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



Tabla 1.8. Características técnicas del seguidor solar





### 1.9.2 CUADROS ELECTRICOS – CUADROS DE STRING

Las series de módulos solares serán conectadas en paralelo en los cuadros eléctricos de string, los cuales se montarán sujetos a los pies de la estructura metálica de los seguidores solares.

Estos cuadros eléctricos de string incluirán fusibles de protección en polo positivo para cada serie de módulos solares, un descargador de sobretensión de categoría II y un seccionador de corte en carga para la salida, y serán de envoltorio metálica o de poliéster, con un grado de estanqueidad IP65. La configuración eléctrica viene detallada en los esquemas unifilares en el apartado de planos del presente proyecto.

Todos los elementos a emplear tendrán una tensión de diseño de 1500 Vcc., acorde a la tensión de diseño de módulo solar e inversores.

Con el fin de poder realizar un estricto seguimiento y control de la planta fotovoltaica, los componentes del cuadro de string deben ser monitorizables y de este modo poder visualizar en el SCADA de control las siguientes variables:

- Intensidad de circuito string de la serie de módulos solares (Amperios).
- Voltaje del bus de Corriente Continua (Voltios).
- Estado del Descargador de Sobretensiones (On-Off).
- Estado del Seccionador de Corte en Carga (On-Off).

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
201322 24/11/20  
**VISADO**  
ES VÁLIDO PARA  
CONSTRUIR EL VISADO  
DEFINITIVO COMO  
-PROYECTO-

Ilustración 1.10. Cuadros eléctricos – Cuadros String

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINNA



Los cuadros de string estarán contruidos bajo la normativa IEC61439 y contarán con marcado CE, con sus principales características:

- Instalación exterior
- IP≥65
- Resistencia UV
- Libre de halógenos
- Protección de aislamiento
- Protección contra sobretensiones
- Etiquetados y codificados todo el cableado.
- Temperatura -15 °C to + 50 °C
- Humedad relativa entre - 15 to 95 %
- Estarán conectados al Sistema de monitorización con una de las siguientes interfaces:
  - RS485, o equivalente
  - Intensidad de corriente de string (máxima. 2 strings por canal de medida)

Todos los cuadros deben montarse para que sean accesibles y tengan una distancia mínima de 800 mm entre la parte inferior de la carcasa y el suelo.

Los fusibles de string deberán estar sobredimensionados un 50%.

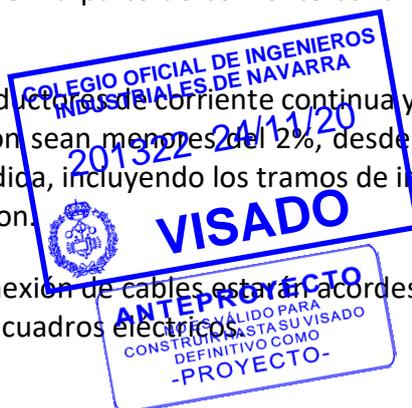
### 1.9.3 CABLES Y TERMINALES

Todos los conductores estarán debidamente diseñados para la máxima corriente en servicio continuo, máxima caída de tensión admisible y corriente de cortocircuito durante el periodo de actuación de las protecciones.

Todos los conductores tendrán un nivel de aislamiento según los niveles de tensión de la red, niveles de tensión de generación y el sistema de puesta a tierra seleccionado. Concretamente, el nivel de aislamiento de los conductores en la parte de corriente continua será de 1,5 KV, y de 1 KV en la parte de alterna.

El dimensionamiento de los conductores de corriente continua y alterna se realizará de manera que las pérdidas por caída de tensión sean menores del 2%, desde los módulos fotovoltaicos hasta el centro de seccionamiento y medida, incluyendo los tramos de inversor a transformador y celdas de media tensión de la Power Station.

Todos los terminales para la conexión de cables estarán acorde con el material que este fabricado el cable (aluminio o cobre) y los cuadros eléctricos.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





En la instalación fotovoltaica, de forma general, existirán dos tipos de cableado, de corriente alterna y de continua, que a continuación se detallan.

### 1.9.3.1 CABLEADO DE BAJA TENSION – CORRIENTE CONTINUA

Los módulos fotovoltaicos estarán conectados con la configuración óptima entre los paneles solares y el inversor, de manera que el funcionamiento en MPP sea el más adecuado, consiguiendo de este modo el mejor rendimiento en la instalación.

La conexión de los módulos fotovoltaicos se realizará en series de 27 unidades denominadas circuitos o strings. Estos strings se conectarán en paralelo en los denominados cuadros de string, mediante cableado canalizado por la estructura metálica donde se conectan con los paneles solares. El cableado estará dispuesto de manera que no pueda dañarse y debidamente embreado a la estructura.

Del cuadro de string, una vez agrupados un determinado número de string, saldrá una acometida de dos cables, positivo y negativo hasta el inversor correspondiente. Esta acometida se realizará bajo canalización subterránea, dispuesta en zanjas en el terreno.

Los conductores en corriente continua, serán de cobre para los tramos desde los módulos hasta el cuadro de string y de aluminio para las acometidas que van desde dicho cuadro hasta los inversores. El tipo de cableado será tipo RV-K con aislamiento de 1,5 KV, y con secciones que aseguren una caída de tensión acorde a lo estipulado en el punto 1.9.3.

La polaridad (positiva o negativa) de los mismos estará debidamente identificada, bien por el color del aislamiento (negro y azul para el negativo y rojo o marrón para el positivo), o mediante etiquetas identificativas que imposibiliten en grado de lo posible la confusión de polaridad durante las tareas de conexionado. La temperatura máxima para este cable es de 90°C. Su recubrimiento es resistente a la radiación ultravioleta siendo totalmente apto para instalación en exteriores de acuerdo con la norma UNE 21123.

Los conductores desde módulos hasta los cuadros de string y posteriormente hasta el inversor varían en sección estando definidos en el apartado de Cálculos Justificativos, secciones de cableado de corriente continua.

### 1.9.3.2 CABLEADO DE BAJA TENSION – CORRIENTE ALTERNA

Los conductores, en corriente alterna, tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión menores de lo estipulado en el punto 1.9.3, y serán de 10 mm<sup>2</sup> de aislamiento de 0,6/1 KV. Los tramos, de corriente alterna en baja tensión son únicamente las conexiones del inversor al transformador, que se encuentran en la misma ubicación de la Power Station y que viene ya realizado por el propio fabricante del inversor en el suministro de la solución conjunta.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COIINN



La temperatura máxima para este cable es de 90°C. Su recubrimiento es resistente a la radiación ultravioleta siendo totalmente apto para instalación en exteriores.

Las secciones de los conductores seleccionados se encuentran definidas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

### 1.9.3.3 CABLEADO DE MEDIA TENSION

Se trata del tramo que une las Power Station que están repartidas en la planta solar fotovoltaica hasta el centro de seccionamiento y medida ubicado fuera de la planta, donde se albergan las funciones de seccionamiento y medida que deben estar accesibles desde el exterior, punto desde donde se evacua la energía generada hacia el punto de conexión y evacuación.

Los conductores de media tensión, tendrán la sección adecuada para asegurar caídas de tensión menores al 0,20%, serán cables de aluminio 36 KV tipo HEPR-Z1 capaces de soportar una intensidad máxima superior a la intensidad de servicio a potencia nominal del conjunto de la planta solar.

La línea, en su recorrido llevará el trazado más corto y rectilíneo posible, albergada bajo canalización subterránea, dispuesta en zanjas en el terreno. Se instalarán arquetas registrables tronco piramidales de hormigón 1000x1000 mm, en las entradas a los centros, y cada 40 metros de separación o en cambios bruscos de dirección, estando provistas de tapa y marcos de función tipo M2-T2, para el caso de pavimento no transitable con vehículos y de M3-T3 en calzadas.

### 1.9.4 PROTECCIONES

La instalación contará con un sistema de protecciones adecuado para que la unión entre la instalación fotovoltaica y la instalación convencional se realice en condiciones adecuadas de seguridad.

Estas protecciones, además de cumplir con lo indicado en el Reglamento Electrotécnico, deberán hacerlo con lo especificado en el artículo 11 del Real Decreto 1.663/2.000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

A continuación, se indican las distintas protecciones a instalar, en cada una de las partes de la instalación fotovoltaica y conexión a red de baja tensión.

#### 1.9.4.1 PROTECCIONES DE LA PARTE DE CORRIENTE CONTINUA

Las protecciones en corriente continua pasan por establecer una limitación de la potencia generada por cada serie de módulos fotovoltaicos en los cuadros de string, colocando un fusible de 15 Amperios por string, que actúa como protección contra las sobre intensidades. Posteriormente, a la

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
201322 24/11/20  
VISADO  
ANTEPROYECTO  
NO ES VÁLIDA PARA CONSTRUIR HASTA QUE SE CONVIERTA EN PROYECTO



entrada del inversor con el fin de proteger a este de las intensidades superiores a las soportadas, así como al cableado de la acometida entre el inversor y el cuadro de string, se colocará una pareja de fusibles del calibre adecuado a la intensidad de servicio.

La protección contra los contactos directos se conseguirá utilizando cajas de conexión debidamente protegidas, las cuales, en el caso de estar situadas en el exterior (parte posterior de la estructura), deberán tener un grado de protección IPX4. También se garantizará esta protección mediante la utilización de conductores con doble aislamiento tipo RV-K de 1,5KV y canalizándolo de manera que no pueda ser golpeado y/o seccionado.

El propio inversor dispone de un sistema de protección contra corrientes de defecto a modo de interruptor automático diferencial al objeto de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.

Además, según se refleja en el esquema unifilar, se colocará un seccionador de corte en carga en cada cuadro de string, actuando como elementos de corte, aislando los generadores fotovoltaicos del resto de la instalación, y facilitando la conexión y desconexión de dicho cuadro en las tareas de operación y mantenimiento.

En el propio inversor existe también un seccionador de corte en carga general, para el seccionamiento de todo el campo fotovoltaico que vierte la energía al mismo.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



#### 1.9.4.2 PROTECCIONES DE LA PARTE DE CORRIENTE ALTERNA

Las protecciones, en corriente alterna de la instalación, deberán ser las siguientes:

- Interruptor automático de la interconexión para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Este dispositivo lo incorpora el propio inversor.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento evitando así los contactos indirectos.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima tensión y frecuencia (1,1 Um y 0,85 Um en valores de tensión y 51 y 49 Hz en valores de frecuencia), también incorporado en el propio inversor.

Los interruptores automáticos magneto-térmicos y diferenciales, tanto de protección de la instalación fotovoltaica como de sus equipos anejos, serán recogidos en el interior de un cuadro metálico de protección con grado de protección IP65.

Adicionalmente, en el centro de seccionamiento y medida, se incorporarán celdas de protección según las especificaciones de la compañía eléctrica distribuidora. Dichas celdas de protección y el conjunto del centro de seccionamiento y medida se detallarán en el proyecto de la línea de evacuación.





### 1.9.4.3 PROTECCIONES ADICIONALES

#### Protecciones contra sobretensiones

Para proteger la instalación de posibles sobretensiones de origen atmosférico o industrial, eliminando todas aquellas provenientes de la red o introducidas por tierra, se instalarán limitadores de sobretensión, dispuestos aguas arriba de los diferenciales automáticos de cada inversor en la parte de corriente alterna y en cada cuadro de string en la parte de corriente continua.

La elección de los limitadores se ha realizado considerando aspectos como el tipo de receptores a proteger en función de su sensibilidad, su coste, las consecuencias y la indisponibilidad, así como el tipo de zona a proteger en función de la densidad de rayos, topografía del lugar, existencia de línea aérea y subterránea de suministro.

De acuerdo a estas observaciones y a lo indicado en la ITC-BT-23, se considerarán dos tipos de categorías de sobretensiones.

- Categoría III, en la protección de corriente alterna.
- Categoría II, en cuadro de string de protección de corriente continua.

#### Protecciones contra el funcionamiento en isla

Como se ha mencionado, cada inversor lleva incorporado protecciones de no funcionamiento en isla que permita que, en caso de corte en la red eléctrica, por avería o provocado manualmente, se asegure que la planta no generará energía que pueda provocar la circulación de corriente de retorno. Para ello, cada inversor dispone de una protección frente a tensión y frecuencia fuera de márgenes, complementada con un relé de tiempo que retarda la reconexión de planta hasta 3 minutos después de haberse recuperado las condiciones nominales de la red eléctrica.

## 1.10 INSTALACIONES

### 1.10.1 SEGUIDORES SOLARES Y SERVICIOS AUXILIARES

Con el fin de dar servicio eléctrico a los seguidores solares y a los servicios auxiliares de la planta solar, como son las instalaciones de alumbrado, tomas de corriente, equipos de comunicaciones, equipos de vigilancia, etc., se instalará un transformador de tensión de 15 KVA en cada Power Station que compone la planta fotovoltaica.

Dicho transformador se conectará en primario en las fases del secundario del transformador de potencia de evacuación de la energía generada que compone la Power Station, junto con el neutro del mismo transformador.

La conexión en secundario será en la modalidad TT, conectando el neutro de este transformador de servicios auxiliares a tierra.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





El nivel de tensión del transformador de servicios auxiliares será de 630 V/400V, con el fin de poder conectar y dar servicio a los elementos y equipos mencionados.

Se colocarán protecciones magneto térmicas tanto en la entrada como en la salida del transformador de servicios, así como una protección diferencial en la salida.

Posteriormente, se colocará una protección magneto térmica para cada servicio a emplear en la planta solar, tal como se define en los esquemas unifilares.

### 1.10.2 PUESTA A TIERRA

Para asegurar la seguridad de las personas y equipos se instalará un sistema de puesta a tierra, de manera que todas las masas de la instalación fotovoltaica tanto de la parte de continua como de alterna estarán conectadas a una única tierra.

Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, e independiente de la del neutro del transformador de servicios, de tal forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red general, tal y como se especifica en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión REBT y el art. 12 del R.D. 1663/2000.

Del mismo modo, esta tierra será independiente de la del neutro del transformador de potencia de la planta solar, si bien es cierto que en la presente instalación el neutro del transformador se mantiene sin conectar a tierra, en funcionamiento IT.

El inversor a utilizar no emplea un transformador para realizar el aislamiento galvánico de separación entre la red de distribución de baja tensión y la instalación fotovoltaica, sino que utiliza un dispositivo denominado AFI, el cual efectúa el control de corriente residual sensible a todas las corrientes existentes en el inversor. Este sistema cumple con las normativas al respecto en vigor, estando totalmente homologado para su uso.

En el exterior de cada Power Station, se realizará un anillo perimetral a la misma, compuesto por cable de cobre desnudo 50 mm<sup>2</sup> en zanja a 80 cm de profundidad que se unirá a 4 o 6 picas de acero cobrizado de 2 m de longitud hincadas en el terreno y distribuidas en las esquinas y centro de los lados más largos, y estarán conexionadas al cable de cobre mediante grapas metálicas homologadas. Todo ello siguiendo una configuración tipo UNESA 60-35/8/42.

Por otra parte, en el interior de la Power Station se dispondrá un trazado lineal por detrás de las celdas de media tensión debidamente sujeto, el cual en su parte final se unirá a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP 65 desde la cual se conectará a través de la base del centro con el anillo perimetral exterior.

Esta caja de seccionamiento servirá para efectuar las mediciones de puesta a tierra de protección de las masas de la Power Station.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11 2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Las celdas de media tensión dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección. Del mismo modo, también deberá ponerse a tierra el armado metálico de los conductores que acometen a dichas celdas.

La tierra interior del centro tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior, de ahí que se conectarán a la misma cada una de las partes metálicas de las instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas (accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones), tales como los chasis y los bastidores de los inversores y aparatos de maniobra así como las envolventes metálicas de cualquier componente.

Por otra parte, la losa de hormigón sobre la que se asienta la Power Station, está constituido por hormigón armado con mallazo electro soldado el cual será conectado a la puesta a tierra de protección en los puntos fijados por el fabricante, de forma que se consiga que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se encuentra cubierto con una capa de hormigón de más de 10 cm. de espesor.

Los receptores de baja tensión a instalar en el centro de inversores y transformación (servicios auxiliares) estarán puestos a tierra mediante sus conductores de protección.

### 1.10.2.1 TOMAS DE TIERRA

Se instalarán electrodos tipo pica de acero cobrizado  $\varnothing 14$  mm con una longitud de 2 metros para la realización de la red de tierras, instalando las picas necesarias para conseguir un valor de puesta a tierra menor de 10 ohmios.

### 1.10.2.2 BORNES DE PUESTA A TIERRA

Cada cuadro eléctrico de corriente continua y de corriente alterna, tendrá su propia puesta a tierra, conectada directamente a la red de puesta a tierra de la planta.

### 1.10.2.3 CONDUCTORES DE PROTECCION

Los conductores de protección se dimensionarán siguiendo lo indicado en la ITC-BT-18, teniendo en cuenta los siguientes casos en particular:

- Masas metálicas de la estructura: Conductor cobre desnudo  $1 \times 35$  mm<sup>2</sup>.
- Paneles fotovoltaicos: Conductor cobre tipo RV-K 0,6/1 KV  $1 \times 4$  mm<sup>2</sup>



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Inversor: Conductor cobre tipo RV-K 0,6/1 KV 2x50 mm<sup>2</sup>.
- Resto de aparatos receptores: conductores de iguales características y sección que los correspondientes a su fase y neutro.

Teniendo en cuenta una resistividad del terreno estimada de 50  $\Omega m$  (arcilloso), el sistema de puesta a tierra descrito garantiza una resistencia a tierra inferior a 10  $\Omega$ .

Dicho planteamiento se deberá corroborar una vez se disponga del estudio geotécnico de la parcela, con el dato exacto de conductividad del terreno, debiendo reflejarlo en la dirección de obra a suscribir por el técnico competente.

### 1.10.3 MONITORIZACION DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

Con el fin de controlar el estado de la planta solar y conocer su rendimiento, se debe instalar un sistema de monitorización que permita, vía internet, conocer la producción de los paneles fotovoltaicos y el estado del parque, avisando en caso de que exista alguna alarma a la persona encargada de su mantenimiento.

Los inversores que componen la unidad de explotación aportan datos de producción, intensidades, voltaje, frecuencias, rendimientos, etc., que son una serie de datos de gran utilidad para el propietario de la planta solar y para el personal de gestión, operación y mantenimiento.

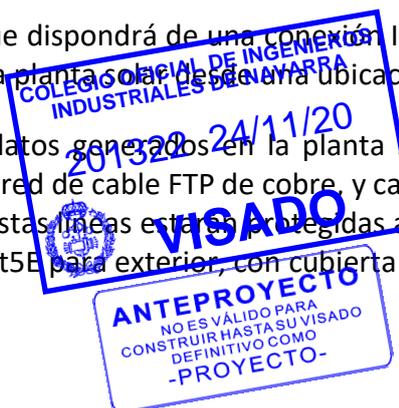
Paralelamente, los seguidores solares muestran el estado de posición de cada unidad mediante las unidades de programación PLC que los controlan, además de consignar órdenes de protección de viento, limpieza, mantenimientos, etc.

Al mismo tiempo, la planta también estará equipada con una estación meteorológica que nos aporta datos de radiación, temperatura, humedad, velocidad de viento, etc., con cuyos datos obtenemos el rendimiento teórico y real de la planta fotovoltaica.

Con el fin de poder visualizar, controlar y gestionar la planta fotovoltaica, se desarrollará una red de comunicaciones capaz de recoger en un Servidor PC todos los datos mencionados que se harán visibles en un programa Scada. Dicho programa será capaz de almacenar y mostrar históricos de producción, gestionar alarmas, visualizar gráficos de cualquier parámetro, maniobrar equipos a distancia, etc., así como realizar informes de producción, rendimientos, previsiones, etc.

Mediante este sistema Scada que dispondrá de una conexión Internet, es posible la visualización y gestión del funcionamiento de la planta solar desde una ubicación remota de la misma.

Para poder recoger todos los datos generados en la planta solar y entregarlos al programa de monitorización, se instalará una red de cable FTP de cobre, y cable de fibra óptica mono modo, que se denominará línea de datos. Estas líneas estarán protegidas ante posibles ruidos e interferencias externas, mediante cable FTP cat5E para exterior, con cubierta PE.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





El tipo de fibra óptica será de 4 u 8 pares de manera que queden canales de reserva y tipo mono modo con el fin de garantizar unas correctas comunicaciones a largas distancias.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
**VISADO**  
 ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
 DEFINITIVO COMO  
 -PROYECTO-



Ilustración 1.11. Sistema de monitorización

La información mínima del sistema de monitorización que debe transmitir será:

**Cuadro de string:**

- Intensidad de unidad de string.
- Voltaje de bus de corriente continua.
- Estado seccionador de corte en carga.
- Estado de descargador de sobre tensiones.

**Inversor solar:**

- Estado del inversor.
- Alarmas del inversor.
- Producción del inversor. (diaria, semanal, mensual, etc)
- Potencia, intensidad y producción por acometida.

**Seguidor solar:**

- Estado y posición de seguidor solar.
- Alarmas del seguidor solar.
- Consignas de posición. (viento, noche, limpieza, etc)



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
 COIINN



**Estación meteorológica:**

- Piranómetro calibrado.
- Célula de radiación. (horizontal y en seguidor).
- Anemómetro.
- Veleta.
- PT100 temperatura. (ambiente y célula de modulo solar)
- Humedad.
- Pluviometría.

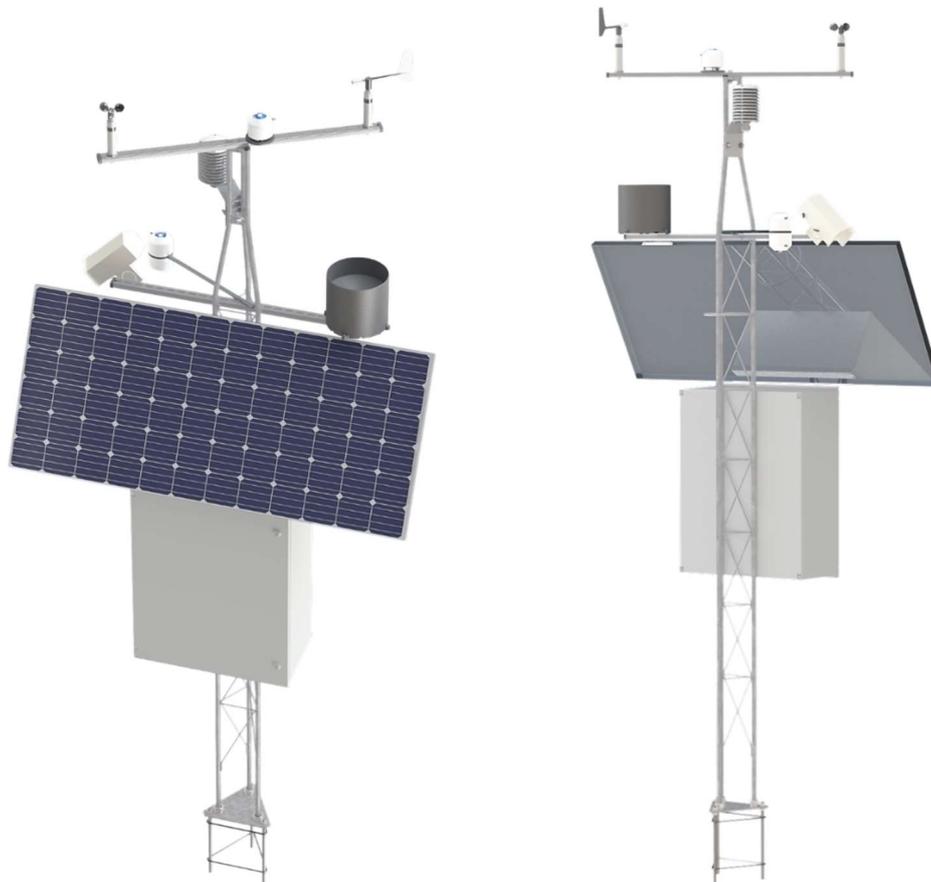


Ilustración 1.12 Estación meteorológica

**Centro de transformación:**

- Temperatura de transformador.
- Nivel de refrigerante.
- Estado de celdas de media tensión. (On-Off)



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Todas las alarmas que se produzcan, se informarán de manera inmediata al personal de mantenimiento de la planta solar para que procedan a su corrección en el menor tiempo posible.

#### 1.10.4 MEDIDA

La medición de la energía producida y consumida por la instalación se realizará en Media Tensión, mediante la instalación de un contador registrador en el edificio de Centro de Seccionamiento y Medida ubicado fuera de la planta solar, el cual está detallado en el “Proyecto de Centro de Seccionamiento y Medida y LSMT de Evacuación de PSFV Moncayo 1”.

La medida se tomará a través de los transformadores de tensión e intensidad certificados y aceptados por la compañía distribuidora, que se encuentran en la celda de medida. La señal de estos transformadores se enviará a un armario de poliéster en el que estará albergado el equipo registrador.

Este equipo registrador o contador a colocar, será de propiedad de abonado y tendrá capacidad para medir en los dos sentidos (bidireccionales), facturando la energía exportada y la energía importada.

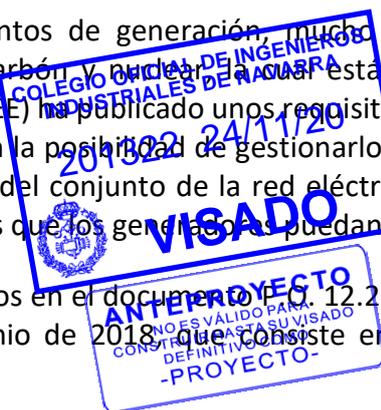
Dicho registrador deberá estar parametrizado según especificaciones de la compañía distribuidora y Red Eléctrica, y contará con un sistema de almacenamiento de datos en el cual quedará registrado el contaje de energías activas y reactivas, consumida y entregada, parámetros de red, etc. El contador a instalar estará verificado por laboratorios homologados y cumplirán con las normas nacionales y particulares de la compañía eléctrica. Los elementos integrantes del equipo de medida serán precintados por la empresa distribuidora y por Red Eléctrica. Cumplirán las especificaciones dadas en MIE BT 015.

#### 1.11 REQUISITOS TECNICOS DE CONEXIÓN DE SISTEMAS HVDC P.O.12

Debido al cumplimiento del programa Europa 2020 en el que España ha adquirido los compromisos establecidos en dicho plan, en concreto en el cumplimiento de energías renovables, se prevé un aumento continuo de puestas en marcha de sistemas de generación eléctrica con funcionamiento de energías renovables, en el que se incluye los sistemas de generación con energía solar fotovoltaica.

Debido a este aumento de puntos de generación, mucho más distribuida que la generación convencional de centrales de carbón y nuclear, la generación está muy concentrada, el Operador del Sistema, Red Eléctrica España (REE) ha publicado unos requisitos técnicos de funcionamiento de los puntos de generación que le den la posibilidad de gestionarlos, con el fin de tener continuamente un exhaustivo control y gestión del conjunto de la red eléctrica nacional, sin que dicha red sufra desconexiones por las afecciones que los generadores puedan ocasionar en la misma.

Dichos requisitos están publicados en el documento P.O. 12.2 (Propuesta de nuevo Procedimiento de Operación) con fecha de junio de 2018, que consiste en los requisitos mínimos de diseño,



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



equipamiento, funcionamiento, puesta en servicio y seguridad de instalaciones de generación y demanda con conexión a la red de transporte.

### 1.11.1 OBJETO

El objeto de este procedimiento es establecer requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento, puesta en servicio y seguridad de las instalaciones conectadas a la red de transporte de los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares (SENP) así como de aquellas instalaciones de producción conectadas a la red de distribución en los SENP e incluidas en el ámbito de aplicación.

### 1.11.2 DEFINICIONES

A los efectos de este procedimiento de operación, se tendrán en cuenta las definiciones contenidas en el propio texto del Reglamento (UE) 2016/1447 así como del Reglamento (UE) 2016/1388 por el que se establece un código de red en materia de conexión de la demanda, Reglamento (UE) 2016/631 que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red, del Reglamento (CE) nº 714/2009 relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad así como las definiciones contenidas en los procedimientos de operación 12.1 y 12.2 que puedan resultar de aplicación.

### 1.11.3 AMBITO DE APLICACION

Este procedimiento es de aplicación en el Sistema Eléctrico Peninsular Español (SEPE) a:

- El operador del sistema.
- El transportista y distribuidores que excepcionalmente sean titulares de instalaciones de transporte.
- Los distribuidores como gestores de la red de distribución y como titulares de instalaciones de distribución.
- Los distribuidores y consumidores con instalaciones conectadas a la red de transporte.
- Los titulares de instalaciones de producción conectadas a la red de transporte.
- Los titulares de instalaciones de producción conectadas a la red de distribución con afección significativa a la red de transporte. A estos efectos, se considerarán los generadores o agregaciones de generadores cuya potencia nominal registrada sea superior o igual a 1 MW por nudo asociado de la red de transporte, siempre que dicha afección sea producida por contingentes de generación iguales o superiores a 100 kW que compartan nudo de conexión a la red de distribución, incluyendo dentro de dicho contingente los generadores existentes.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



El titular de la instalación que se vaya a conectar a la red de transporte, o afecte a la misma, informará a su titular sobre el diseño y proyecto básico de la misma según se define en el procedimiento de operación 12.1 de los SENP sobre el proceso de conexión a la red de transporte en lo referente a los aspectos que se indican en el procedimiento de operación 12.2 de los SENP, estando el resto del proyecto concebido y ejecutado en base a los criterios del titular de la instalación, dentro de cuya responsabilidad está el cumplir la normativa y la legislación aplicable en todo momento, así como la ejecución de la puesta en servicio, según el proceso descrito en el apartado 7 sobre puesta en servicio de nuevas instalaciones.

En todo caso, será responsabilidad del titular de la instalación tanto facilitar la información precisada por el titular de la red de transporte como el cumplimiento en todo momento de los requisitos establecidos en este procedimiento. La información a suministrar será la recogida por los procedimientos de operación 9 y 12.1 de los SENP.

#### 1.11.4 POWER PLANT CONTROLER - PPC

Debido a lo expuesto en este apartado y el conjunto del documento P.O. 12.4, las plantas fotovoltaicas deben ser gestionables por el operador del sistema REE, con el fin mencionado de poder gestionar correctamente el conjunto de la red eléctrica nacional y su funcionamiento.

Para ello, se dotará a la planta fotovoltaica objeto del presente proyecto de un sistema de control y gestión, que permita recibir las consignas del despacho delegado del operador del sistema y controlar las variables de funcionamiento de la planta solar.

Este sistema es el denominado Power Plant Controler "PPC", el cual estará integrado en el punto donde se ubique el punto de frontera con el contador fiscalizador.

Sera capaz de visualizar en tiempo real todas las variables de funcionamiento de la planta solar y una vez recibidas las consignas por parte del Operador del Sistema, adecuar el funcionamiento de la planta solar a la orden recibida. Dicha orden recibida por el Operador del Sistema, tendrá siempre prioridad sobre cualquier otra orden de gestión del parque solar que el usuario este originando en la operación y mantenimiento del mismo.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Ilustración 1.13. Sistema de PPC

Por tanto, estará integrado en la red de comunicaciones de la planta solar y accesible desde el exterior mediante conexión remota.

Los equipos estarán albergados en un armario de poliéster o en un armario Rack, equipados con un PLC que gestione las consignas recibidas, equipos de comunicaciones y un sistema UPS de un mínimo de 2 horas de funcionamiento para casos de caída de red eléctrica.

## 1.12 OBRA CIVIL

Todo el terreno se preparará para evitar durante los trabajos de instalación y posteriormente de operación y mantenimiento, problemas con la lluvia, nieve, y cualquier condición meteorológica adversa.

Debido a la orografía y naturaleza del terreno (muy drenante), no será necesario realizar un sistema de evacuación de agua, simplemente homogeneizar la propia pendiente del terreno de manera que se eviten encharcamientos y anegaciones de agua en la zona ocupada por la instalación solar.

Esta actuación se realizará mediante maquinaria agrícola, realizando la labor de arrastre de tierra de zonas de resalte a las zonas bajas de badenes anexas.

Con esta simple actuación se evitarán encharcamientos en la zona ocupada por la instalación solar, así como arrastres de material que supongan un peligro para los componentes de la propia instalación fotovoltaica.



Habilitación Profesional  
Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Para las labores de instalación se adecuará una zona de aproximadamente 1.000 metros cuadrados junto al acceso a la planta solar para facilitar las tareas de descarga y acopio de materiales.

### 1.12.1 PREPARACION DEL TERRENO

Todo el terreno se preparará para evitar durante los trabajos de instalación y posteriormente de operación y mantenimiento, problemas con la lluvia, nieve, y cualquier condición meteorológica adversa.

Debido a la orografía y naturaleza del terreno (muy drenante), no será necesario realizar un sistema de evacuación de agua, simplemente homogeneizar pendientes del terreno de manera que se eviten encharcamientos y anegaciones de agua en la zona ocupada por la instalación solar.

Esta actuación se realizará mediante maquinaria agrícola, realizando la labor de arrastre de tierra de zonas de resalte a las zonas bajas de badenes anexas.

Con esta simple actuación se evitarán encharcamientos en la zona ocupada por la instalación solar, así como arrastres de material que supongan un peligro para los componentes de la propia instalación fotovoltaica.

Para las labores de instalación se adecuará una zona de aproximadamente 1.000 metros cuadrados junto al acceso a la planta solar para facilitar las tareas de descarga y acopio de materiales.

### 1.12.2 CIMENTACIONES DE LAS POWER STATION

El conjunto de las Power Station se situarán sobre una cimentación de hormigón armado según especificaciones del fabricante y normativa local y nacional. Su morfología y dimensiones viene detallada en el apartado de planos.

Dicha cimentación deberá ser construida in situ y deberá contener un mallazo electrosoldado de acero corrugado B500S que garantice la resistencia necesaria para soportar los pesos de los componentes.

El hormigón a emplear será hormigón en masa HA250.

Si el terreno contiene agentes corrosivos, se utilizarán hormigones apropiados, con aditivos que permitan su empleo y eviten el ataque corrosivo.

### 1.12.3 CANALIZACIONES

Dentro de la planta fotovoltaica existirán dos tipos de canalizaciones, de baja tensión y de media tensión, que a continuación se detallan:





### Canalizaciones de Baja Tensión.

Desde los inversores de corriente dispuestos en la Power Station, saldrán las acometidas hasta los cuadros de string repartidos por la planta solar y ubicados en la estructura. Estas acometidas estarán en la mayor parte de su recorrido canalizadas de forma subterránea, tal como se muestra en los planos adjuntos.

Los conductores empleados quedarán recogidos en dicha canalización subterránea en tubos PVC reforzado  $\varnothing 90$  mm, a una profundidad mínima de 80 cms. El número de tubos a instalar en cada tramo de canalización queda reflejado en los planos adjuntos, manteniendo siempre uno de reserva.

También se instalará otros tres tubos PVC reforzado  $\varnothing 63$  mm para contener y proteger el cableado de alimentación de seguidores solares y de comunicaciones, independiente de los anteriores.

Las arquetas de registro se ubicarán junto a la estructura de sujeción de módulos solares, en los cambios de dirección de las canalizaciones y con un máximo de 40 metros en los tramos rectos.

Para el presente proyecto se plantean arquetas modulares de polipropileno del fabricante Hidronstank o similar, de dimensiones interiores de 79x79 cms, con tapa de fundición 50x50 cm, y serán registrables por el personal de operación y mantenimiento de la planta solar. La función de modularidad de las arquetas, permite añadir suplementos de altura a la profundidad estándar, muy válida para tramos con gran número de tubos en los que es necesario realizar una zanja más profunda.

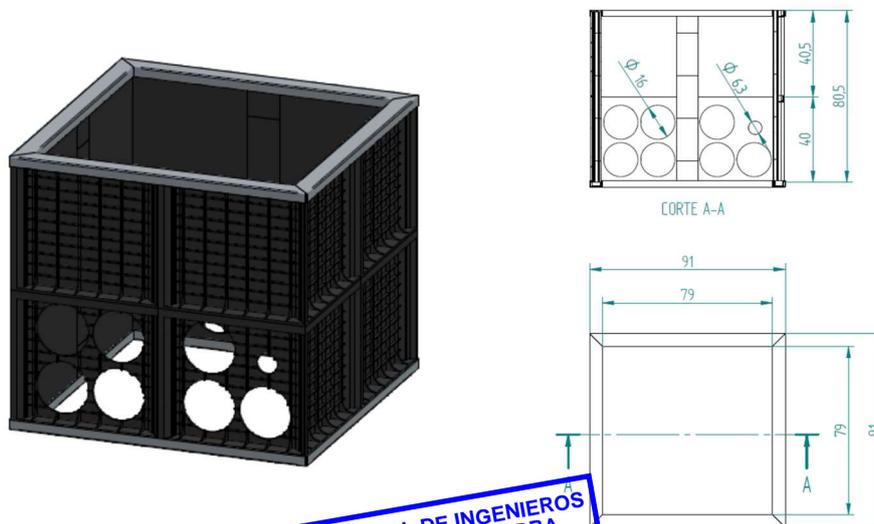


Ilustración 1.14. Arquetas de Baja Tensión

En los tramos en los que las acometidas eléctricas desde el inversor a los diferentes cuadros de string se realicen por la estructura de sujeción de los módulos solares debido a que la arqueta se encuentra retirada, se instalará una bandeja de acero galvanizado en caliente con tapa para albergar el cableado en su interior.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COIINA



Dicha bandeja se sujetará a la estructura de sujeción de los módulos solares, a una altura mínima de 50 cms y partiendo desde una arqueta o desde un tubo de la canalización subterránea.

### Canalizaciones de Media Tensión.

Se trata de la canalización a realizar para las líneas de media tensión de evacuación de energía generada dentro de la planta fotovoltaica que discurren desde las Power Station hasta la celda de media tensión de línea ubicada en el centro de seccionamiento, protección y medida del conjunto de la planta fotovoltaica.

Esta canalización estará formada por una zanja de 400x1000 mm provista de dos tubos PVC reforzado, dos de  $\varnothing 160$  mm, uno para la línea eléctrica y otro de reserva, junto con un tercero  $\varnothing 63$  mm para los conductores de comunicación. Estos estarán asentados sobre arena de río en una altura de 80cm, quedando relleno el resto de la zanja por zahorra procedente de la excavación debidamente compactada. A 20 cm del firme se ubicará una banda de señalización del riesgo eléctrico, quedando el acabado superior con el firme que esté previsto.

En el caso de efectuarse cruces con zonas de tránsito de vehículos, como es el caso de los caminos de acceso a centros de transformación, los tubos se depositarán sobre un asiento de hormigón H-125 de 40 cm, quedando el resto de la zanja relleno de la misma manera anteriormente indicada.

Se instalarán arquetas registrables tronco piramidales de hormigón 1000x1000 mm, en las entradas a los centros, cada 40 metros de separación ó en cambios bruscos de dirección, estando provistas de tapa y marcos de función tipo M2-T2, para el caso de pavimento no transitable con vehículos y de M3-T3 en calzadas.

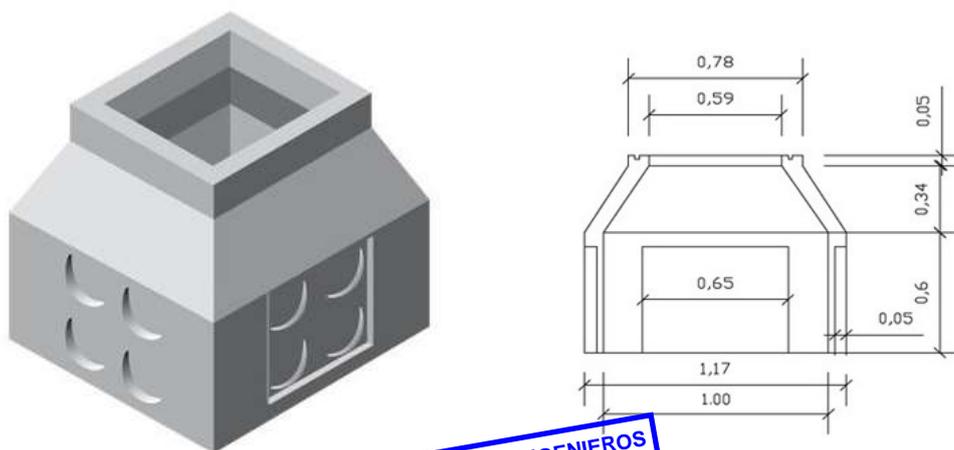


Ilustración 1.15. Arquetas de Media Tensión

En su parte inicio y final, próxima a los centros, se deberán instalar 3 tubos PVC reforzado  $\varnothing 160$  mm junto con el de  $\varnothing 63$  mm para las comunicaciones en una zanja de 500x800 mm y descansando sobre una asiento de arena u hormigón, según sea el caso de 40 cm, quedando relleno el resto de la zanja por zahorra procedente de la excavación debidamente compactada, a 20 cm del firme se



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



ubicarán dos bandas de señalización del riesgo eléctrico, quedando el acabado superior con el firme que esté previsto.

La línea de evacuación a instalar desde el centro de seccionamiento, protección y medida hasta el punto de conexión y evacuación, así como su canalización, quedan reflejados en un proyecto independiente realizado para tal fin, por lo que no se describen en el presente proyecto.

#### 1.12.4 DESMONTE Y TERRAPLENADO (RELLENO)

Como se ha mencionado, únicamente se realizará una labor de homogeneizado de la superficie de la parcela, realizando pequeños arrastres de tierra de las zonas altas a las zonas bajas anexas, mediante maquinaria agrícola.

En estas labores, es necesario realizar el siguiente movimiento de tierras, en desmonte y terraplenado.

- Volumen de tierra de desmonte ----- 3.900 m<sup>3</sup>
- Volumen de tierra de relleno con tierra de desmonte ----- 3.900 m<sup>3</sup>

Respecto a la ejecución de las zanjas para la ejecución de las canalizaciones eléctricas, la tierra extraída en su ejecución se empleará igualmente en la fase de cerrado de las mismas. Debido a que en las zanjas se instalan tubos de canalización y rellenos de arena, se genera una cantidad de tierra de excavación sobrante, la cual se extenderá en la propia parcela rellenando las zonas de badenes de la misma.

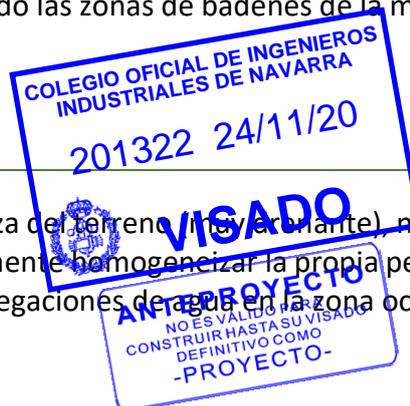
Se determina que en la ejecución de las zanjas de cableado de baja y media tensión es necesario realizar el siguiente movimiento de tierras.

- Longitud de zanjas de eléctricas ----- 2.843 ml
- Volumen de tierra de excavación ----- 910 m<sup>3</sup>
- Volumen de tierra sobrante ----- 265 m<sup>3</sup>

La tierra sobrante, al ser material propio de la parcela de cultivo, se verterá en las zonas de la parcela que no se emplean para la planta fotovoltaica, extendiéndolas de manera que queden integradas en la propia superficie, rellenando las zonas de badenes de la misma.

#### 1.12.5 SISTEMA DE DRENAJE

Debido a la orografía y naturaleza del terreno (muy irregular) no será necesario realizar un sistema de evacuación de agua, simplemente homogeneizar la propia pendiente del terreno de manera que se eviten encharcamientos y anegaciones de agua en la zona ocupada por la instalación solar.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Con esta simple actuación se evitarán encharcamientos en la zona ocupada por la instalación solar, así como arrastres de material que supongan un peligro para los componentes de la propia instalación fotovoltaica.

### 1.12.6 VALLADO PERIMETRAL Y ACCESO A LA PLANTA FOTOVOLTAICA

La planta fotovoltaica contará con un cierre o vallado perimetral con objeto de evitar el ingreso de personal no autorizado a la planta. El trazado de dicho vallado perimetral se detalla en los planos adjuntos, donde se marcan los retranqueos del mismo a las vías públicas con las que se linda.

Como se puede observar en los planos mencionados, la planta fotovoltaica está dividida en tres zonas, con un perímetro total del vallado de 1.843 mts con una superficie total ocupada de 16,20 Has.

El vallado a instalar será un vallado cinégetico o un vallado de malla de simple torsión con una altura máxima de malla de 2 mts. Los postes serán de 45 mm de diámetro e irán anclados al suelo mediante dados de hormigón o hincados. La instalación de cerramiento, así como sus elementos de sujeción y anclaje, se realizará de tal forma que no impidan el tránsito de la fauna silvestre no cinégetica presente en la zona.

El acceso a la planta fotovoltaica se realizará desde un camino agrícola que da servicio a las fincas de la zona.

En este punto existe actualmente un acceso a la parcela donde se desarrolla el proyecto, donde se instalará una puerta de doble hoja intercalada en la línea del vallado. Los vehículos que actualmente transitan por dicho camino son maquinaria agrícola de gran tonelaje, incluso camiones articulados cuando se realiza la cosecha del cultivo, por lo que las características del camino actual cumplen con las necesidades requeridas para los vehículos que se van a emplear en la planta fotovoltaica, tanto en su construcción como en su mantenimiento.

No se pretende por tanto realizar nuevos accesos desde la carretera ni nuevos trazados de caminos, ya que como se ha comentado es suficiente con los ya existentes.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Ilustración 1.17. Acceso a la planta solar

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 1.13 NORMATIVA URBANISTICA

Desde el punto de vista urbanístico, el instrumento en vigor actualmente para la planta fotovoltaica son las Normas Subsidiarias del ayuntamiento de Sariñena, y el Plan General de Ordenamiento Urbano aprobado por el Consejo Provincial de Urbanismo de Huesca.

La planta fotovoltaica se ubica en Suelo No Urbanizable (SNU), según las vigentes NNSS y en Suelo No Urbanizable genérico común según el P.G.O.U.

Según las NNSS municipales y provinciales en esta clase de suelo se permiten usos de utilidad pública o interés social que hayan de emplazarse en el medio rural.

Los cerramientos de las parcelas, según las NNSS municipales deberán guardar la más desfavorable de las siguientes distancias a caminos:

- 5 metros al eje del camino
- 3 metros al borde del camino

**Dichas distancias son las tomadas en el diseño del presente proyecto.**

El PGOU recoge como uso admisible en Suelo No Urbanizable los usos que quepa considerar de utilidad pública o interés social o contribuyan de manera efectiva a la ordenación o al desarrollo rurales y hayan de emplazarse en medio rural, debiendo seguir el procedimiento del Texto Refundido de la Ley de Urbanismo de Aragón, estableciendo las siguientes condiciones de edificación:

- Edificabilidad máxima 0,2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
- Retranqueo mínimo a cualquier lindero: 5 mts
- Altura máxima visible del edificio: 11 metros
- Distancia de cerramientos a caminos: 5 mts al eje y 3 mts al borde
- Distancia de edificaciones a caminos: 10 mts al eje y/o 8 mts al borde

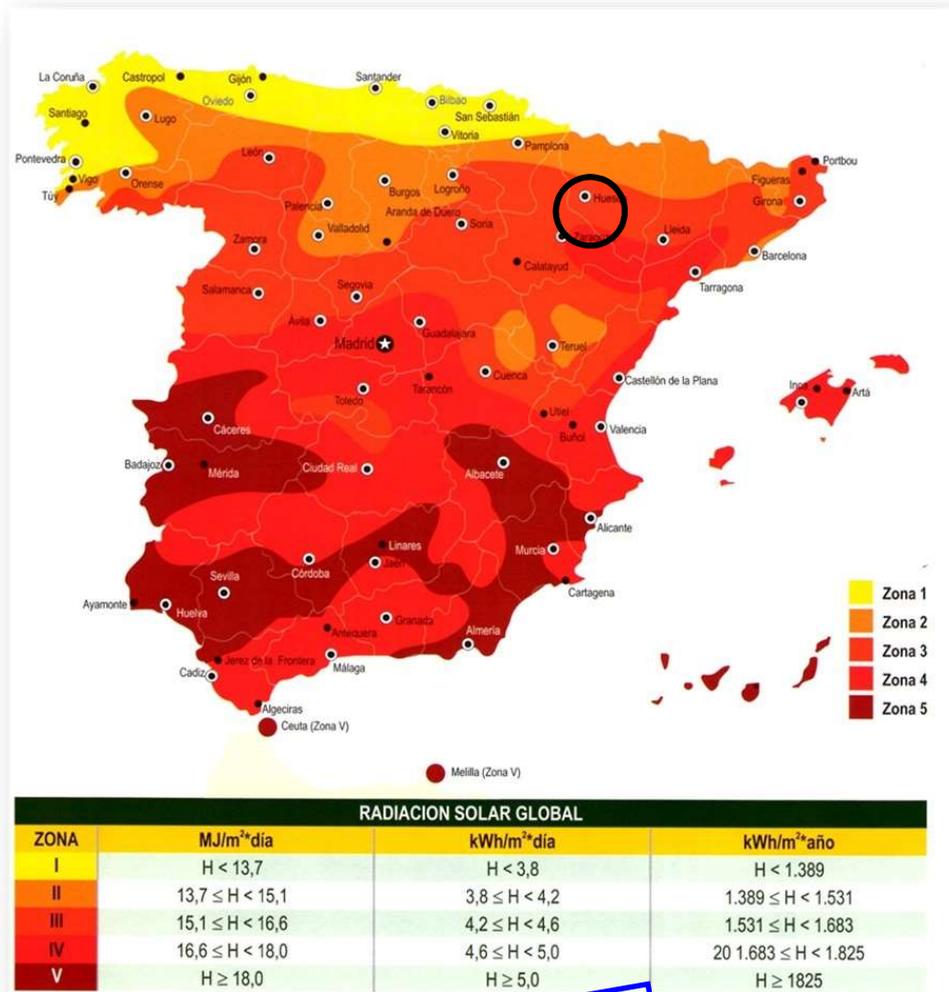
**Dichas distancias son las tomadas en el diseño del presente proyecto.**



**1.14 PRODUCCION ESTIMADA POR LA INSTALACIÓN**

La instalación fotovoltaica se ha diseñado atendiendo a criterios de aprovechamiento del espacio de la superficie, evitando en todo momento la proyección de sombras en los paneles.

Como se puede observar, la ubicación de la planta solar proyectada está en la zona climatológica III, en la que se considera una radiación solar media anual en torno a los 4,8 KW/m<sup>2</sup>/día (alrededor de 1.900h).



Para realizar el cálculo de producción se ha recurrido al programa PVSYST, mostrando un resultado de producción anual de **15.835 MWh** anuales, tal como puede observarse a continuación:

A continuación, se realiza una estimación de la producción de energía eléctrica para la instalación de 6 MW nominales, con una potencia pico de 7,8 MW para la localización objeto del proyecto. Se

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
**VISADO**  
 ANTEPROYECTO PARA CONSTRUIR Y EXPLOTAR DEFINITIVO COMO PROYECTO

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  




realiza a partir de la herramienta más extendida por su excelente modelado matemático para la estimación del potencial fotovoltaico y parámetros relacionados, **PVGIS**.

- **Localización:** Huso 30 Coordenada X: 609.925 Coordenada Y 4.636.932
- **Ciudad más cercana:** Sariñena, Huesca, España
- **Potencia pico del sistema FV:** 7.800 kWp (silicio cristalino)
- **Inclinación de los módulos:** +- 50º en inclinación de este a oeste
- **Orientación (acimutal) de los módulos:** 0º
- **Pérdidas estimadas debido a la temperatura:** 10,8 % (utilizando los datos locales de la temperatura ambiente)
- **Pérdidas estimadas debido a efectos angulares de reflectancia:** 2,6%
- **Otras pérdidas (cables, inversor, etc.):** 14,00 %
- **Pérdidas combinadas del sistema FV:** 25,2 %

Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	58.0	21.96	6.29	84.6	80.4	606	596	0.903
February	84.3	33.27	8.03	117.6	111.8	834	823	0.897
March	138.7	45.73	11.38	196.2	187.1	1343	1325	0.866
April	176.7	58.57	13.53	246.8	235.5	1663	1641	0.853
May	215.0	64.75	18.20	296.2	282.9	1937	1897	0.821
June	229.8	71.17	22.93	311.9	297.9	2003	1977	0.813
July	248.5	51.84	24.88	347.6	333.3	2203	2174	0.802
August	208.3	59.48	24.45	291.4	278.3	1868	1755	0.772
September	156.8	42.27	20.14	226.7	216.7	1491	1471	0.832
October	106.4	38.34	16.33	149.8	142.6	1019	939	0.804
November	72.0	27.83	10.15	103.8	98.6	733	722	0.893
December	52.1	24.67	6.37	72.8	68.8	523	514	0.906
Year	1746.6	539.86	15.27	2445.2	2333.9	16223	15835	0.830

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation  
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation  
 T\_Amb Ambient Temperature  
 GlobInc Global incident irradiation  
 E\_Grid Effective Global, corr. for IAM and shadings  
 EArray Effective energy at the output of the array  
 E\_Grid Energy injected into grid  
 PR Performance Ratio

Tabla 1.9. Producción de energía estimada para la instalación de 7,8 MWp



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

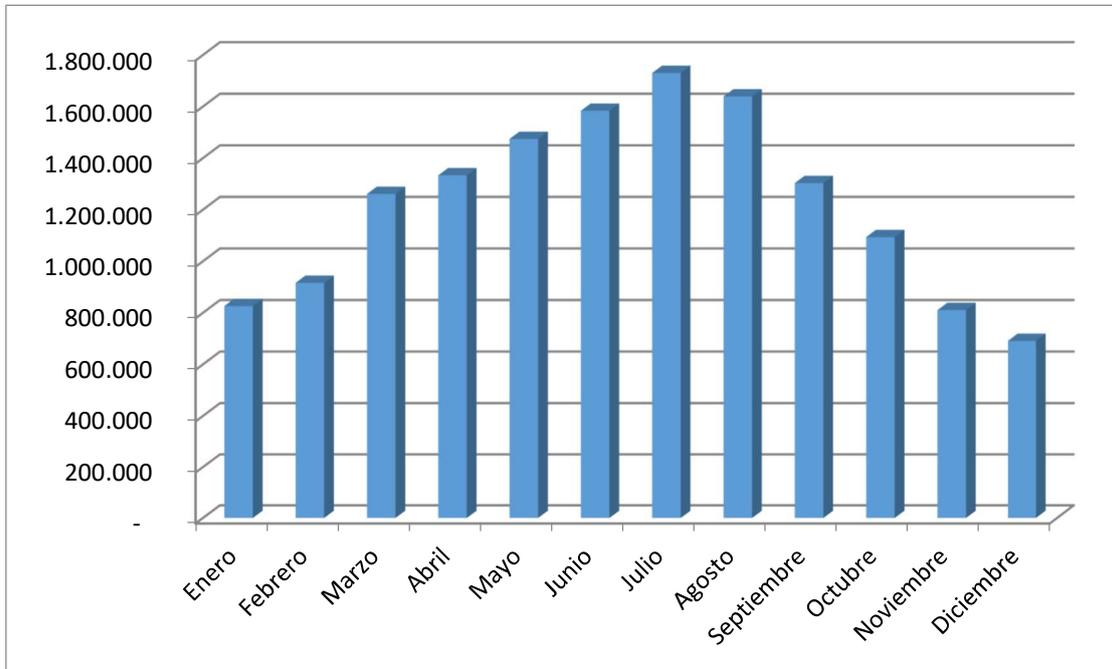


Gráfico 1-1. Producción estimada.

La energía generada es el equivalente al consumo medio de 13.000 hogares.

Las emisiones evitadas se reflejan en la siguiente tabla:

Carbon	
Medidas	
CO2 (g/kwh)	952
SO2 (g/kwh)	21
NOx (g/kwh)	9,2
Emisiones evitadas	
CO2 (Kg)	960.271
SO2 (kg)	307.947
NOx (Kg)	46.925

Tabla 1-10. Emisiones evitadas



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11 2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 1.15 GARANTIAS Y MANTENIMIENTO

### 1.15.1 GARANTIAS

Para el presente proyecto, se instalarán materiales de primera calidad y de nueva fabricación, cumpliendo con las normativas de calidad. La garantía mínima para el conjunto de la planta fotovoltaica será de 2 años, contando una serie de equipos con una garantía superior, como son:

- Módulos fotovoltaicos: Garantía de fabricación de 10 años, y garantía de potencia de 25 años, siendo del 90% los diez primeros años y del 80% hasta los veinticinco años.
- Inversores electrónicos: Garantía dada por el fabricante de 5 años.
- Estructura metálica: Garantía dada por el fabricante de 5 años. Garantía de corrosión de 25 años.

Todas las garantías serán asumidas por la empresa que ejecute la obra, debiendo canalizar a través de la misma cualquier reclamación del producto instalado.

### 1.15.2 MANTENIMIENTO

Se desarrollará un manual de operación y mantenimiento de la instalación, que comprende cualquier servicio de la planta, desde gestión administrativa, suministro de consumibles, reparación o sustitución de componentes, aplicación de garantías, etc, garantizando un correcto funcionamiento de la planta solar, optimizando la disponibilidad de funcionamiento y por lo tanto la producción final.

En dicho manual se estipularán las acciones preventivas y predictivas a realizar, con un cronograma de ciclo anual. Se pretende con ello programar una serie de tareas que faciliten el funcionamiento de la planta fotovoltaica, se reduzca el número de averías con mantenimiento correctivo y se prolongue de este modo la vida útil de todos los componentes que la integran.

Dicho manual, además de comprender las actuaciones que la empresa promotora considere oportunas para el correcto funcionamiento, cumplirá las condiciones fijadas por el IDAE.

## 1.16 DEFINICION DE ETAPAS, METAS E INDICADORES ALCANZAR

El proceso a continuar para llevar a cabo la construcción de una planta fotovoltaica y conseguir con éxito una correcta puesta en marcha conlleva una serie de etapas administrativas y técnicas que se deben cumplir de una manera ordenada.

Se presenta a continuación un planning estimando las diferentes fases y/o etapas a alcanzar para la realización del proyecto y puesta en marcha de la planta solar fotovoltaica ESPARTALES de 6 MW en Sariñena:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





ETAPAS DE CUMPLIMIENTO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA	SEMANA
SOLICITUD DE AUTORIZACION ADMINISTRATIVA	0
INICIO DE TRAMITACION AMBIENTAL	3
SOLICITUD DE LICENCIA DE OBRAS	4
OBTENCION DE AUTORIZACION ADMINISTRATIVA	21
REALIZACION DE TRAMITES PREVIOS CON LA COMPAÑIA DISTRIBUIDORA	21
REALIZACION DE TRAMITES PREVIOS CON RED ELECTRICA ESPAÑA	21
INICIO DE OBRAS - REALIZACION DE OBRA CIVIL	25
REALIZACION DE VALLADO DE OBRA	27
COLOCACION DE ESTRUCTURA	32
COLOCACION DE MODULOS SOLARES	36
INSTALACION ELECTRICA	37
COLOCACION DE CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSORES	37
REALIZACION DE LINEA DE MT DE EVACUACION	37
REALIZACION DE DIRECCION DE OBRA	38
INSPECCION DE ORGANISMO DE CONTROL AUTORIZADO	38
REALIZACION DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y CONEXIÓN CON CIA ELECTRICA	39
REALIZACION DE TRAMITES CON RED ELECTRICA PARA LECTURA DE PUNTO DE FRONTERA	39
SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PUESTA EN MARCHA	40
PUESTA EN MARCHA DE INSTALACION SOLAR	42

Tabla 1.10. Etapas de cumplimiento de proyecto

El planning mostrado se ha realizado por semanas, contando desde la solicitud de Autorización Administrativa.

Firmado: Jose Javier Barricarte Rivas  
Nº de colegiado: 1228 - Colegio de Ingenieros Industriales de Navarra



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



**2 ANEXO I CÁLCULOS**

**2.1 CALCULO DE LA CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA**

Se calcula la configuración serie-paralelo de los módulos que constituyen el generador fotovoltaico, y posteriormente la orientación, la inclinación, y las distancias que deben respetarse entre filas.

**2.1.1 CONFIGURACION SERIE-PARALELO DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS**

En la configuración de los componentes de la planta fotovoltaica, se ha de tener en cuenta las características eléctricas de los mismos y de la potencia pico a instalar, que en este caso es de 7.800 kWp, para una potencia nominal de salida en la red de 6.000 kW.

Una vez seleccionado el tipo de modulo fotovoltaico y el inversor, se acude a las fichas técnicas de los equipos para, a partir de los valores de tensiones e intensidades indicadas por el fabricante, obtener la configuración serie-paralelo que mejor se adapte a sus características eléctricas, a la estructura soporte, al condicionado de la compañía eléctrica a la que se vierte la energía y a las necesidades del promotor.

Los equipos seleccionados son los que se indican en la Memoria Descriptiva de este proyecto y de los que se tienen las siguientes tablas de datos:

Fabricante	LONGI SOLAR
Modelo	LR4-72HPH-450M
Tecnología	Silicio Monocristalino
Potencia Nominal [W pico]	450 Wp
Tensión Pmax [Vmp]	41,5 V
Corriente Pmax [Imp]	10,85 A
Tensión Circuito Abierto [Voc]	49,3 V
Corriente en cortocircuito [Isc]	11,60 A
Eficiencia de modulo	20,7 %
Coficiente de temperatura (Pmax)	-0,35 % / °C
Coficiente de temperatura (Voc)	-0,27 % / °C
Coficiente de temperatura (Isc)	0,048 % / °C
Nom Operating Temp (NOCT)	45 ± 2° C

Tabla 2.1 Datos de módulo fotovoltaico



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



Fabricante	INGETEAM
Modelo	POWER SERIE B 1640TL B630
Potencia salida [kVA]	Hasta 1.637 kVA / 30°C
Potencia fotovoltaica recomendada	1.620 – 2.128 kWp
Rango de tensión [Mpp]	910 – 1.300 Vcc
Tensión máxima circuito abierto	1.500 Vcc
Corriente máxima entrada	1.850 A
Número de entradas CC	Desde 6 hasta 15
Intensidad máxima por entrada	350 A
Tensión de salida	630 V sistema IT
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz
Euroeficiencia	98,5 %
Consumo medio diario	2.000 W
Consumo nocturno	90 W
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a + 57 °C

Tabla 2.2. Datos del inversor

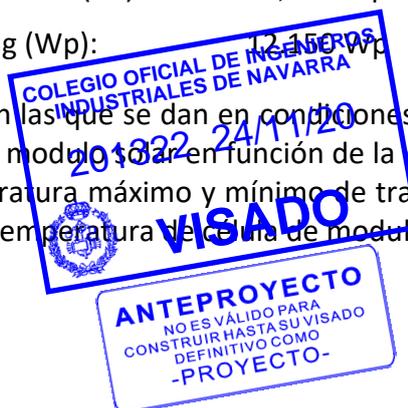
Teniendo en cuenta estos datos, se realiza un estudio de configuraciones de número de módulos en serie y paralelo, condicionado por el rango de tensiones e intensidades de funcionamiento del inversor, y por las condiciones más óptimas de trabajo de este equipo.

La opción que mejores condiciones de trabajo aporta al inversor es la configuración de strings de 27 módulos conectados en serie, realizando 642 series en el conjunto de la planta solar.

Los niveles de trabajo de estas series en condiciones STC serían:

- Tensión Pmax (Vmp): 1.120,5 Vcc
- Corriente Pmax (Imp): 10,85 Amp
- Tensión Circuito Abierto (Voc): 1.331,1 Vcc
- Corriente Cortocircuito (Isc): 11,60 Amp
- Potencia del String (Wp): 12.150 Wp

Estas condiciones de trabajo son las que se dan en condiciones STC, pero debido a las variaciones de potencia que experimenta el módulo solar en función de la variación de temperatura, debemos considerar los límites de temperatura máximo y mínimo de trabajo del propio panel solar, que se determinan en 65°C y en -5°C (temperatura de célula de módulo solar).



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Si aplicamos los coeficientes de temperatura expuestos a estas variaciones de temperatura de modulo solar, obtenemos los siguientes niveles de trabajo en dichas condiciones limite, que deben tener valores dentro de los límites de funcionamiento del inversor solar.

Niveles de trabajo con temperatura de módulo solar +65 °C:

- Tensión Pmax (Vmp): 999,49 Vcc
- Corriente Pmax (Imp): 11,06 Amp
- Tensión Circuito Abierto (Voc): 1.187,34Vcc
- Corriente Cortocircuito (Isc): 11,82 Amp

Niveles de trabajo con temperatura de modulo solar -5 °C:

- Tensión Pmax (Vmp): 1.211,26 Vcc
- Corriente Pmax (Imp): 10,69 Amp
- Tensión Circuito Abierto (Voc): 1.438,92 Vcc
- Corriente Cortocircuito (Isc): 11,43 Amp

Como se puede observar, aun con las variaciones de temperatura expuestas, los niveles de trabajo están dentro de los márgenes permitidos en el inversor. Una vez analizada también las posibilidades que ofrece el fabricante Ingeteam en la configuración de las Power Station, se opta por instalar una unidad de Power Station será de 6 MW nominales.

Al configurar los inversores con esta potencia de salida se determina que son necesarias cuatro unidades de inversor por cada Power Station, con una potencia de salida unitaria repartida de la siguiente manera:

- Potencia Inversor 1: 1,50 MW@25°C
- Potencia Inversor 2: 1,50 MW@25°C
- Potencia Inversor 3: 1,50 MW@25°C
- Potencia Inversor 4: 1,50 MW@25°C
- Potencia total: 6 MW nominales

Aunque el inversor puede evacuar más potencia que la indicada, cada unidad será tarada y certificada en fabrica para que la potencia máxima de salida sea la expuesta, no superando en ningún momento la capacidad de evacuación concedida en el punto de conexión, garantizando de este modo la seguridad en la red.

Por lo tanto, las 624 series de strings que componen la planta solar fotovoltaica verterán su energía mediante la unidad de Power Station quedando divididos en los inversores de la siguiente manera:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIIN



- Strings Inversor 1: 160 uds
- Strings Inversor 2: 161 uds
- Strings Inversor 3: 160 uds
- Strings Inversor 4: 161 uds
- Strings total: 642 uds para la Power Station

Esta configuración ha sido consultada al propio fabricante de inversores Ingeteam, aplicando al mismo tiempo la verificación del cumplimiento de los **“Requisitos Técnicos Mínimos de Conexión de Sistemas HVDC y módulos de Parque Eléctrico Conectados en Corriente Continua P.O.12”**, descrita en el punto 1.11 de la Memoria Técnica del presente documento publicada por Red Eléctrica de España REE y que en breve será de obligado cumplimiento para centrales eléctricas como la del presente proyecto.

Las series de strings, se han dispuesto según la superficie de terreno disponible, y estarán agrupadas en los cuadros de string, que es donde se conectan varios string en paralelo para posteriormente con una acometida conectarse al inversor. En la planta fotovoltaica se disponen varios cuadros de string en función de la agrupación planteada, y a los inversores llegan tantas acometidas como número de cuadros de string.

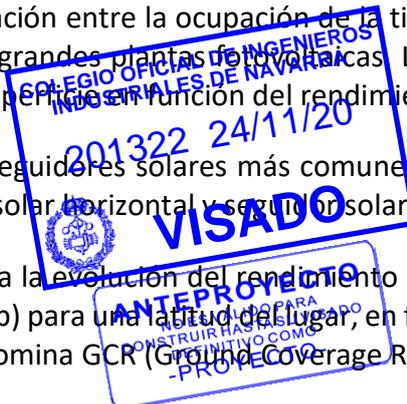
### 2.1.2 CALCULO DEL SEGUIDOR SOLAR Y DISTANCIAS ENTRE FILAS DE GENERADORES.

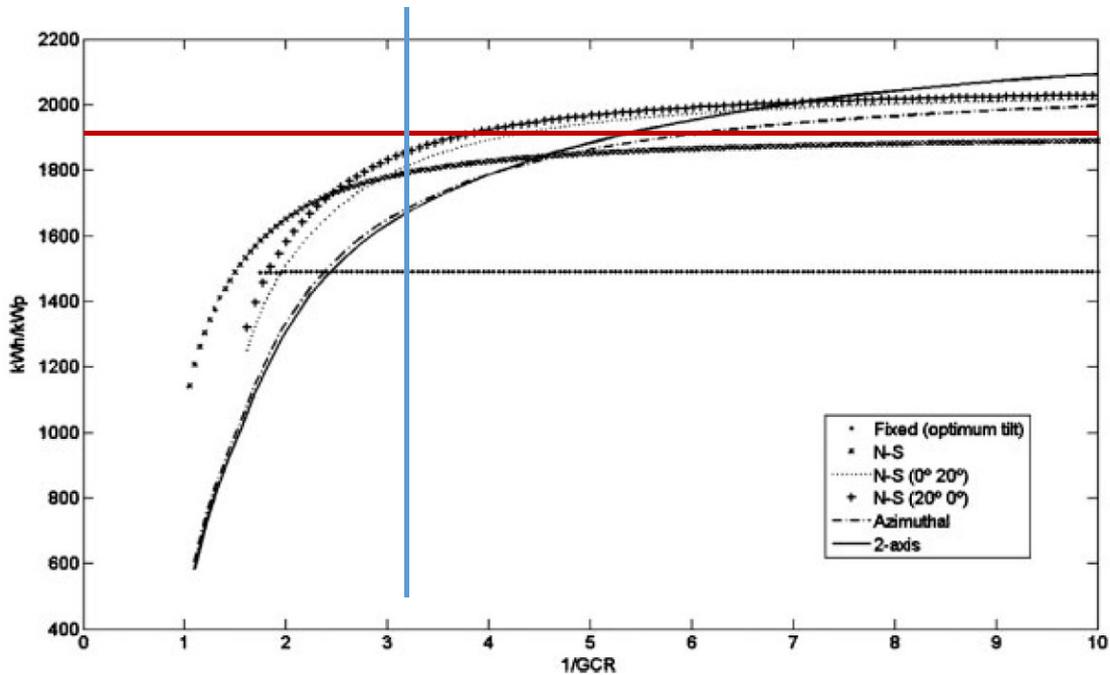
En la actualidad, las plantas solares fotovoltaicas están compuestas por muchos generadores fotovoltaicos, siendo un generador fotovoltaico una agrupación de módulos solares en una única estructura con un tipo de seguimiento al sol, existiendo una relación obvia entre la ocupación de la tierra y el rendimiento energético. El aumento de la ocupación de la tierra reduce el sombreado mutuo entre generadores fotovoltaicos y, por lo tanto, aumenta el rendimiento energético de la planta solar fotovoltaica. Sin embargo, esto no está exento de precio, porque está directamente relacionado con el aumento de superficie y, por tanto, aumento tanto del terreno como del cableado, vallas de seguridad perimetral, obra civil, etc., en definitiva, aumento del precio final. Es por ello que el estudio de la relación entre la ocupación de la tierra y el rendimiento energético es un punto clave en el diseño de grandes plantas fotovoltaicas. La pregunta es ¿Cuál es el seguidor que mejor se ajusta a nuestra superficie en función del rendimiento y ocupación del terreno?

En este sentido se definen los seguidores solares más comunes: seguidor solar dos ejes, seguidor solar de 1 eje vertical, seguidor solar horizontal y seguidor solar 1 eje inclinado.

En la siguiente Figura se muestra la evolución del rendimiento energético o productividad medido en horas equivalentes (kWh/kWp) para una latitud de lugar, en función de la ocupación del terreno. Esta ocupación del suelo se denomina GCR (Ground Coverage Ratio).

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Gráfica 2.1. Relación entre el ratio de ocupación del terreno (GCR) y el rendimiento energético (kWh/kWp) dependiendo del tipo de seguidor. Referencia: L. Narvarte and E. Lorenzo. Instituto de Energía Solar, UPM. Prog. Photovolt: Res. Appl. 2008; 16: 703-714

En función de la ocupación del terreno y la latitud del lugar, nos dará una producción dependiendo del tipo de seguidor elegido. En este caso, para una ocupación del terreno de alrededor de  $1/GCR = 3.1$  y la latitud del lugar son  $42^\circ$ , se obtiene un rendimiento energético superior a las 1.900h equivalentes, con los seguidores de 1 eje horizontal N-S, N-S con inclinación ( $0^\circ-20^\circ$ ) y N-S con inclinación ( $20^\circ-0^\circ$ ). De estos tres seguidores, el de mejor ratio €/Wp tiene actualmente es el seguidor de eje horizontal N-S, el cual se observa que al ir aumentando la ocupación del terreno, no se consigue un aumento significativo de la producción.

Seguidor 1 eje horizontal:



Para un plano girado alrededor de un eje horizontal y formando un ángulo fijo con este eje, el ángulo de incidencia se minimiza cuando el eje, la línea al Sol y la normal a la superficie están en el mismo plano. Las ecuaciones relevantes se determinan a partir de la Figura siguiente.

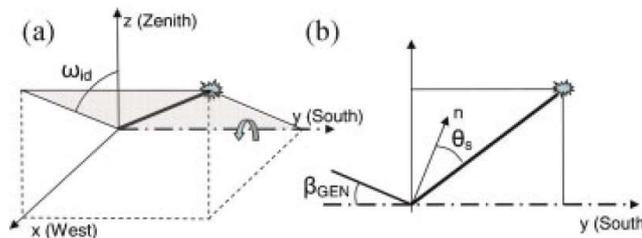


Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS Profesional

24/11 2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO ANTEPROYECTO: 201322

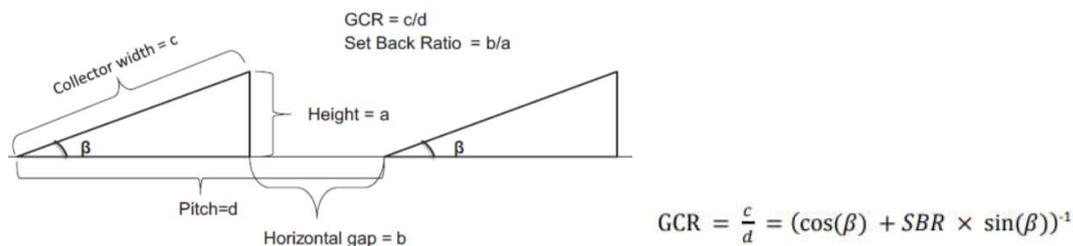




a) Plano de la línea del Sol y la Normal a la superficie. b) Vista de este plano que muestra el ángulo de incidencia.

$$\tan \omega_{ID} = \frac{x}{z} = \frac{\cos \gamma_S \sin \psi_S}{\sin \gamma_S} \quad \theta_S = \arctan \left[ \frac{y}{(x^2 + z^2)^{1/2}} \right] - \beta_{GEN}$$

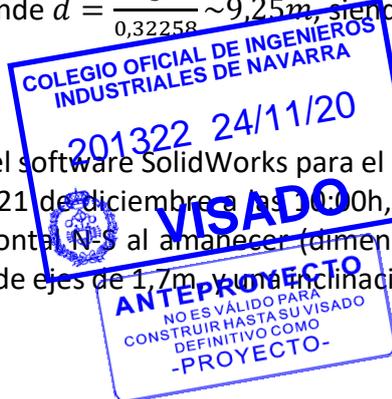
En una planta solar existen multitud de seguidores. Dependiendo de la posición del Sol, el sombreado parcial entre dos seguidores adyacentes puede ocurrir en algunos momentos del día, principalmente al amanecer y al atardecer. En la Figura 2 se muestra la proyección en el plano XZ de dos seguidores adyacentes, a una distancia "d" entre ejes, donde el GCR para un seguidor de eje horizontal es la relación que hay entre el área del array fotovoltaico y el área del terreno.



Por lo que, aplicando a nuestro análisis, con un  $1/GCR = 3.1$ , se obtiene un factor de ocupación del terreno de alrededor de 0,32258. Configurando un seguidor compuesto por 3 módulos horizontales y 20 módulos longitudinales, lo que equivale a un generador fotovoltaico de 60 módulos con una anchura de 3m y una largura de 40m, la distancia entre ejes quedaría:

$$GCR = 0,32258 = \frac{c}{d} = \frac{3}{d} \quad \text{donde } d = \frac{3}{0,32258} \sim 9,25m, \text{ siendo } d \text{ la distancia entre ejes.}$$

Realizando una simulación con el software SolidWorks para el día más desfavorable del año, siendo éste el solsticio de invierno, el 21 de diciembre a las 10:00h, se observa cómo ningún generador fotovoltaico con seguidor horizontal N-S al amanecer (dimensiones 3m x 40m, una interdistancia entre ejes de 9,25m, una altura de ejes de 1,7m y una inclinación máxima de 50°), está sombreado.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



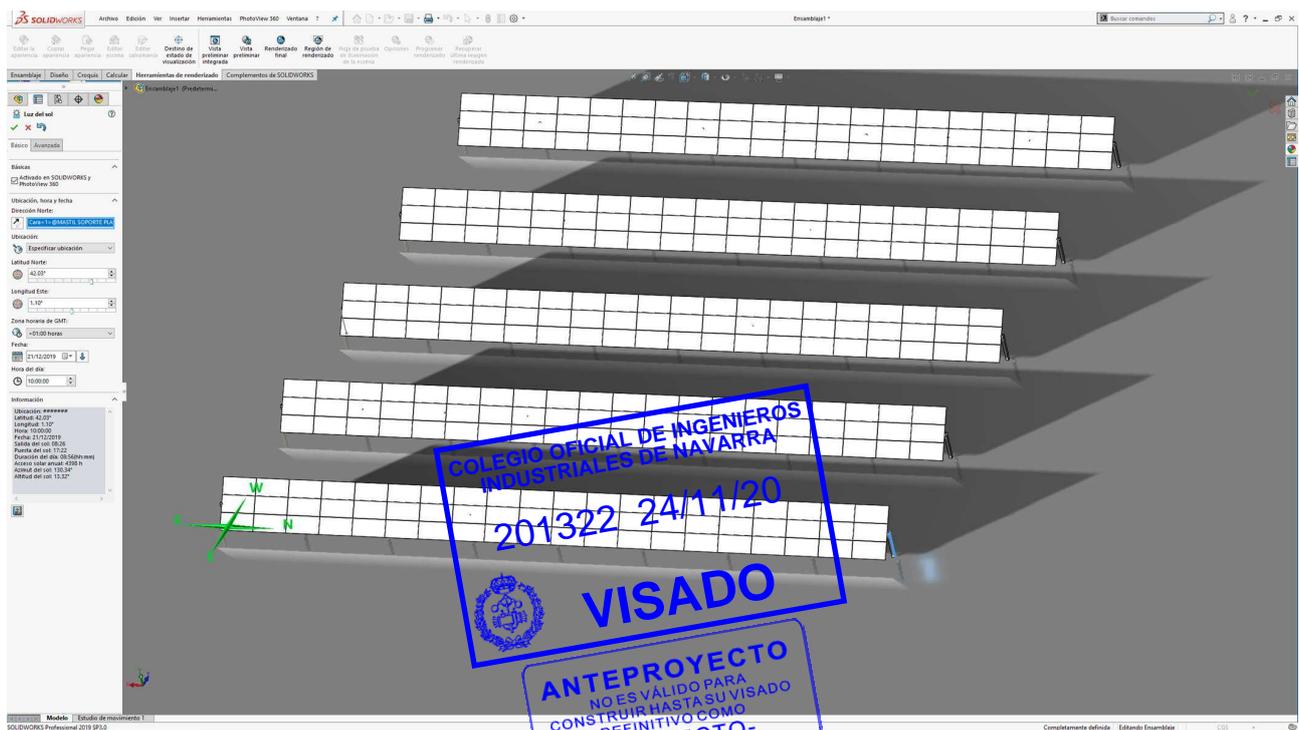
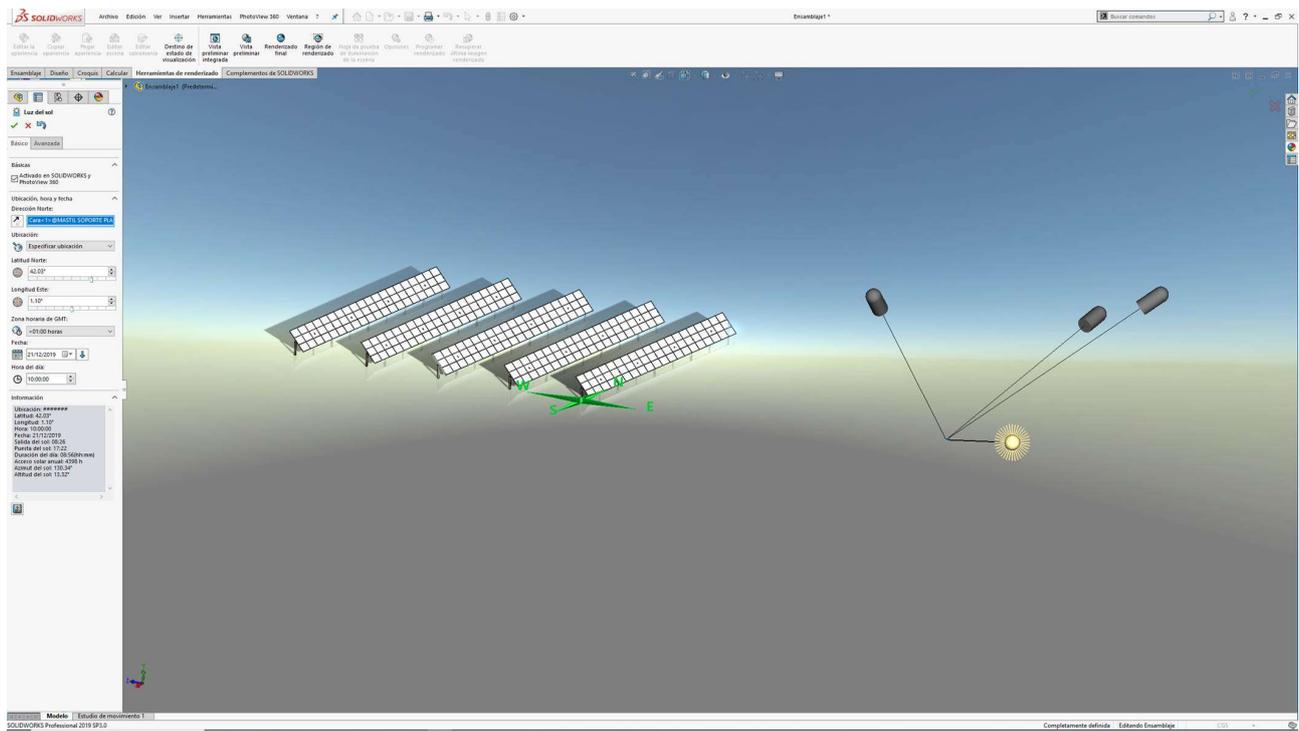
# ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)



## 2ANEXO I CÁLCULOS

Por tanto, teniendo en cuenta que en el presente proyecto la distancia entre ejes es de 9,50 mts, la incidencia de sombras es todavía menor, mejorando el rendimiento y producción de la planta solar.

Además, de este modo, las correcciones de sombras a realizar en los momentos de amanecer y atardecer mediante el programa de seguimiento solar, denominado back tracking, serán menores e igualmente mejorará el rendimiento y producción de la planta solar.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 2.2 CALCULOS ELECTRICOS DE CENTRO DE TRANSFORMACION

Se redactan a continuación los cálculos y límites de diseño de los centros de transformación, que tal como se ha expuesto se sirven en una solución compacta junto con las celdas de media tensión y con los inversores fotovoltaicos, realizada desde fabrica por el propio fabricante Ingeteam.

El número de centros de transformación de la planta solar fotovoltaica es de una unidad.

### 2.2.1 AISLAMIENTO DE LOS MATERIALES

De acuerdo a la instrucción MIE-RAT-12, al estar la tensión de alimentación entre 1 – 52 kV, los aislamientos de los elementos del centro de transformación, se clasificarán dentro del grupo A, con las siguientes características:

- Tensión más elevada: 36 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 95 kV.
- Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial: 50 kV.

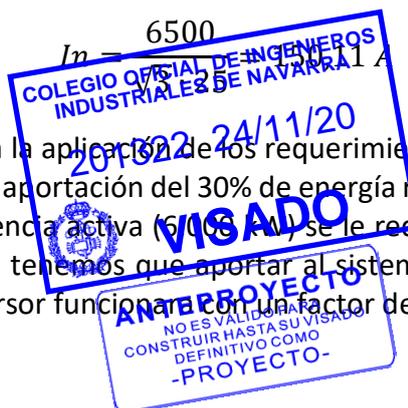
Así mismo y de acuerdo con la misma instrucción, las distancias mínimas en el aire serán:

- Distancia mínima en el aire de fase y tierra: 16 cm.
- Distancia mínima en el aire entre fases: 16 cm.

Valores que son cumplidos por cada uno de los elementos a instalar de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante.

### 2.2.2 INTENSIDAD NOMINAL EN MEDIA TENSION

El centro de transformación de la planta fotovoltaica será de una potencia nominal de 6.500 KVA, siendo la intensidad nominal la siguiente:



Este dato es teniendo en cuenta la aplicación de los requerimientos de Red Eléctrica de España, en el que se consigne una orden de aportación del 30% de energía reactiva. Si en el momento en el que la planta solar está a plena potencia activa (6.000 kW) se le requiere aportar una tercera parte de potencia reactiva (2.000 KVAR), tenemos que aportar al sistema una potencia aparente de 6.324 KVA. Esto supondría que el inversor funcionaría con un factor de potencia de 0,95.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



Por ello, para el cálculo de la intensidad se ha tenido en cuenta la potencia aparente nominal del transformador cuyo valor es muy similar a la potencia aparente máxima exigible a la planta solar (concretamente un 1% superior el valor del transformador), dimensionado para poder cumplir con el requerimiento que se pueda recibir por parte de REE.

El conductor en el lado de alta tensión, para comunicar la celda de protección con el transformador en media tensión será tipo seco HERPRZ – 36 KV 3x1x150 mm<sup>2</sup> de aluminio, capaz de transmitir 315 Amp, mayor que los 150,11 Amp de servicio, según datos facilitados por el fabricante del cable.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la intensidad de cortocircuito de diseño es de 25 KAm, se observa que el cable de sección de 150 mm<sup>2</sup> no es capaz de soportar una falta de 0,5 segundos o de 1 segundo, por lo que se debe exigir al suministrador de la Power Station que el cableado sea de una sección mayor, en este caso 300 mm<sup>2</sup>.

En cuanto a la densidad de cortocircuito, calculada con el cable de 300 mm<sup>2</sup>, será de:

$$\rho = \frac{25.000}{300} = 83,33 \text{ A/mm}^2$$

Concretamente, si tomamos el valor de duración la falta de 1 segundo, el límite para el tipo de falta descrita por mm<sup>2</sup> en un conductor de aluminio tipo 36 KV es de 94 Amperios/mm<sup>2</sup>.

Por tanto, teniendo en cuenta la sección mencionada de 300 mm<sup>2</sup> de sección, obtenemos un valor de Intensidad de cortocircuito a 1 segundo de duración de la falta de 28,20 KAm, superior a la precisada por la compañía distribuidora.

Para los tramos existentes entre las Power Station y el Centro de Seccionamiento y Medida, se empleará el mismo tipo de cable y como mínimo con la misma sección, aun cuando los resultados obtenidos por intensidad de trabajo arrojen una sección menor.

La sección de 300 mm<sup>2</sup> con el tipo de aislamiento 36 KV debe ser la medida mínima a emplear debido al cumplimiento de la Intensidad de Cortocircuito remitida por la compañía eléctrica distribuidora.

### 2.2.3 INTENSIDAD NOMINAL EN BAJA TENSION

La intensidad nominal de Baja Tensión del secundario del transformador de 6.500 KVA será:

$$I_n = \frac{6500}{\sqrt{3} \cdot 0,63} = 5.956,80 \text{ A}$$

La línea de interconexión de las barras del transformador con los inversores está formada por conductores de cobre RV-K 0,6/1 KV de 240 mm<sup>2</sup>. Estos conductores estarán agrupados en cuatro acometidas en paralelo, una para cada inversor, siendo cada acometida de 3x4x240 mm<sup>2</sup>, para una intensidad de 1.489,19 Amperios por inversor.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Estas acometidas no cuentan con conductor para neutro, ya que como se ha expuesto en la memoria técnica, el funcionamiento de los inversores es en una red IT, sin neutro.

Teniendo en cuenta los datos del fabricante, la intensidad máxima que puede transmitir cada acometida de 3x4x240 mm<sup>2</sup> de estos conductores instalados al aire es de 1.940 Amperios, mayor que los 1.489,19 Amp que evacuan cada inversor.

Si consideramos las intensidades en su conjunto, la intensidad máxima de trabajo de los conductores es de 7.760 Amperios, mayor que los 5.956,80 Amperios que evacuan los cuatro inversores en conjunto.

La intensidad máxima admisible de cortocircuito por estos cables, de acuerdo con los datos del fabricante, son para una duración de un segundo 94 A/mm<sup>2</sup>, luego la intensidad máxima de cortocircuito será:

$$I_{MAcc} = 240 * 4 * 94 = 90.240 A$$

Dicha intensidad es mayor que los 25.000 Amperios marcados por la compañía eléctrica.

La máxima caída de tensión que se producirá en este puente de unión será del 0,02%, expuesto en el apartado de cálculo de secciones y caídas de tensión.

## 2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE CELDAS DE MEDIA TENSION

En el conjunto del centro de transformación y de acuerdo con las prescripciones técnicas indicadas en el condicionado de la compañía distribuidora, se instalarán celdas de media tensión para corte de línea de alimentación al centro y para la protección del transformador.

Estas celdas son suministradas por el propio fabricante en la solución conjunta de Power Station ya descrita en la memoria técnica. Serán celdas de funcionamiento a la intemperie, compactas y equipadas de aparellaje fijo que utilizan el hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de corte y extinción de arco.

La descripción de las celdas a instalar se ha expuesto en el apartado 1.8.5 de la memoria técnica, y están representadas en los planos anexos.

En cuanto al cumplimiento de los niveles de tensión en intensidad, las celdas expuestas tienen las siguientes características:

- Intensidad nominal Asignada: 400 A > 150,11 Amp de servicio.
- Intensidad dinámica corta duración: 40 kA ≥ 25 kA (fallo).
- Intensidad calibre fusible celda protección trafa: 250 A > 150,11 A.
- Poder de cierre celda protección trafa: 40 kA > 25 kA.





### 2.2.5 PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

En el lado de media tensión, conforme a lo indicado en las Normativas y Especificaciones Particulares de la Cia Distribuidora Endesa para “**Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Generadores en Alta y Media Tensión**” NRZ104, así como la Norma NRZ102 a la que se hace referencia en diferentes apartados, y teniendo en cuenta también las especificaciones del Reglamento de Subestaciones, para el caso de centros de transformación con protección con fusibles, la selección del calibre de los mismos se realizará sobredimensionando un 50% la intensidad nominal:

- Tensión nominal servicio: 25 KV.
- Potencia trafo: 6500 KVA.
- Tensión asignada al fusible: 36 KV
- Intensidad nominal: 150,11 Amperios

Por lo tanto, se elegirán fusible de calibre **250 Amperios**.

En la parte de baja tensión, la protección a instalar serán los interruptores automáticos que componen los inversores, uno por cada unidad.

Existirá también una protección diferencial mediante la instalación de un toroidal asociado al interruptor magneto térmico de cada inversor, con un tarado de 300 mAmp.

Cada inversor electrónico estará equipado por tanto con un interruptor magnetotérmico de calibre 1.600 Amperios, mayor que la intensidad nominal del equipo que es de 1.489,19 Amperios, y con un poder de corte de 36 KA, mayor que los 25 KA exigidos para el diseño de la instalación.

### 2.2.6 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

La justificación técnica de los sistemas de puesta a tierra que se proyectan, se va a realizar a continuación empleando el Método de Cálculo de instalaciones de puesta a tierra para centro de transformación de la comisión de Reglamentos de UNESA, todo ello de acuerdo con la instrucción MIE-RAT-13.

Los datos de partida son:

- Tensión de servicio: 25.000 V.
- Sistema de distribución: IT – Neutro sin conexión a tierra
- Protecciones utilizadas: Celda de protección de media tensión descrita en el punto 1.8.5 de la memoria técnica.





- Duración de la falta: Tiempo eliminación de la falta por la compañía 0,5 seg y por el interruptor automático del centro de transformación, 0,3 seg.
- Intensidad de arranque: 40 A.
- Nivel aislamiento de las instalaciones de B.T. del C.T.: 8.000 V.
- Características del C.T.: Edificio aislado.
- Intensidad máxima defecto a tierra en punto conexión indicado por compañía: No indicado, se considera un valor de 5.000 A.

Respecto al terreno, el Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Si bien es cierto que la intensidad de cortocircuito trasladada por la compañía eléctrica es de 25 kA, en el presente proyecto se realiza una estimación de la resistividad del terreno, siendo obligatorio realizar un análisis que determine el valor exacto de la resistividad con el fin de corroborar los cálculos expuestos en el presente documento o por el contrario obligue a realizarlos de nuevo si la variación es considerable.

Según la investigación previa del terreno donde se encuentran instalados los Centro de Transformación, se determina la resistividad media ( $\rho$ ) en 50 Ohm·m, que se corresponde con terrenos arcillosos.

### Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis de los transformadores y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y armario de medida.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

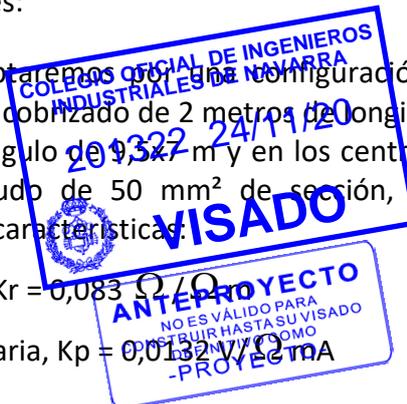
Para la tierra de protección optaremos por una configuración tipo UNESA código 60-30/8/42, constituida por 6 picas de acero cobrizado de 2 metros de longitud longitud  $\varnothing 14$  mm, instaladas en los cuatro vértices de un rectángulo de 9,3x7 m y en los centros de las caras más longitudinales, realizado con conductor desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado todo ello a 0,8 m de profundidad, con las siguientes características:

- Resistencia unitaria,  $K_r = 0,083 \Omega / \Omega$
- Tensión de paso unitaria,  $K_p = 0,0132 \text{ V} / \text{mA}$

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Tensión de contacto exterior unitaria,  $K_c = K_p(\text{acc}) = 0,0411 \text{ V}/\Omega \text{ mA}$

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

### Tierra de servicio

Tal como se ha comentado en la memoria técnica, el transformador de potencia de la planta solar va a funcionar en sistema IT, sin conectar el neutro del secundario del mismo a tierra.

### Tensiones de paso máximas admisibles

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p(\text{exterior}) = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1.000} \right)$$

$$U_p(\text{acceso}) = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho \cdot h}{1.000} \right)$$

Siendo:

$U_p$  = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 72$ .

$n = 1$ .

$t$  = Duración de la falta en segundos: 0.30 s

$\rho$  = Resistividad del terreno: 50  $\Omega \text{ m}$

$\rho h$  = Resistividad del hormigón = 3.000  $\Omega \text{ m}$

obtenemos los siguientes resultados:

$U_p$  (Exterior) = 3.120 V

$U_p$  (Acceso) = 24.360 V



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### Comprobación que los valores calculados satisfacen las condiciones exigidas.

Respecto al cumplimiento de la tensión de paso y contacto en el interior del centro de transformación, tal y como se ha comentado anteriormente, el conjunto del centro de transformación estará asentado sobre una losa de hormigón armado de tal manera que, una vez construida, sea una superficie equipotencial.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección.

Así pues, se puede indicar que los valores de tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, serán prácticamente nulas.

Respecto a la tensión de paso en el exterior, su valor es de  $1.265 \text{ V} < 2.832 \text{ V}$  (máxima permitida).

Respecto a la tensión de paso en el acceso, dado que es un centro de transformación a la intemperie, la tensión de contacto en el acceso será igual a la tensión de paso en el acceso, por lo que:

- Tensión de paso en acceso = T contacto exterior máx. calculada:  $3.939 \text{ V} < 24.360 \text{ V}$  (máxima permitida).

En cuanto a la limitación de sobretensiones en instalaciones de baja tensión del centro, el valor de la tensión de defecto (Vd) es de:  $7.956 \text{ V}$  inferior a la tensión de aislamiento de la instalación eléctrica de B.T. ( $8.000 \text{ V}$ ), cumpliendo la condición.

Respecto a la limitación del valor de la corriente de defecto respecto al valor de arranque de las protecciones, vemos que se cumple, ya que  $5.000 \gg 40 \text{ A}$ .

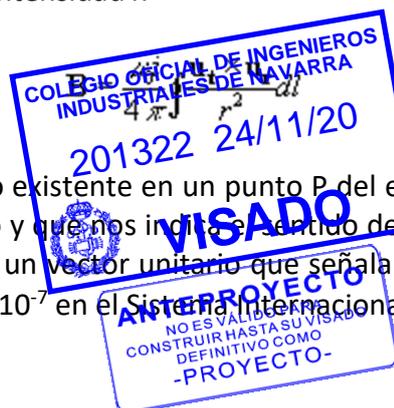
## 2.3 CÁLCULO DE CAMPOS MAGNETICOS

### 2.3.1 DESCRIPCION

Los campos electromagnéticos, son aquellos campos generados por el paso de una corriente eléctrica a través de un material conductor.

Las ecuaciones de Biot y Savart, permiten estudiar el campo magnético **B** creado por un circuito recorrido por una corriente de intensidad *i*:

**B** es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio,  $\mathbf{u}_t$  es un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito y que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento *dl*.  $\mathbf{u}_r$  es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente,  $\mu_0/4\pi = 10^{-7}$  en el Sistema Internacional de Unidades.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

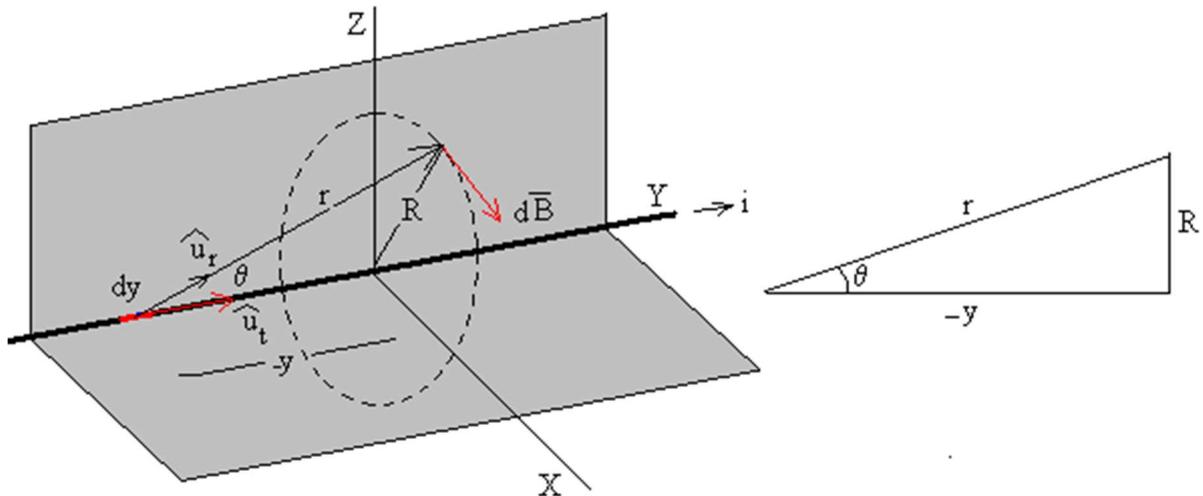
24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Para el cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente  $i$ , se puede establecer de la siguiente manera:



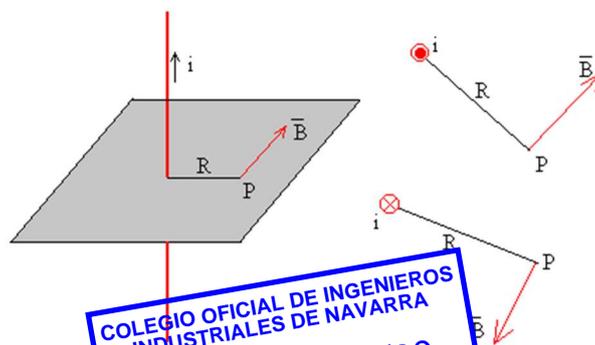
El campo magnético  $\mathbf{B}$  producido por el hilo rectilíneo en el punto P tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el propio punto P.

Para calcular el módulo de dicho campo es necesario realizar una integración.

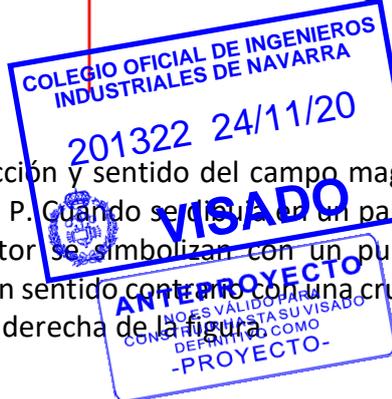
$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin \theta}{r^2} dy = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int_{-\infty}^{+\infty} \sin \theta d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

Se integra sobre la variable  $\theta$ , expresando las variables  $x$  y  $r$  en función del ángulo  $\theta$ .

$$R = r \cdot \cos \theta, R = -y \cdot \tan \theta.$$



En la figura, se muestra la dirección y sentido del campo magnético producido por una corriente rectilínea indefinida en el punto P. Cuando se observa un panel, las corrientes perpendiculares al plano del papel y hacia el lector se simbolizan con un punto en el interior de una pequeña circunferencia, y las corrientes en sentido contrario con una cruz en el interior de una circunferencia tal como se muestra en la parte derecha de la figura.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



La dirección del campo magnético se dibuja perpendicular al plano determinado por la corriente rectilínea y el punto, y el sentido se determina por la regla del sacacorchos o la denominada de la mano derecha.

### 2.3.2 CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas, dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado.

En el centro de transformación, se encuentra principalmente las siguientes tipologías de cableado susceptible de generar un campo electromagnético relevante:

- Cableado de Baja Tensión entre el trafo y el cuadro de baja tensión.
- Cableado de Media Tensión entre las celdas y el trafo.
- Transformador de potencia.

Para evitar que se generen campos magnéticos en el entorno del cableado situado en las zanjas y en su transición hasta el trafo, todo el cableado, a excepción del cableado de entrada y salida del trafo, discurrirá trenzado de manera que los campos eléctricos generados por cada una de las líneas se anulen entre sí. En el siguiente apartado se justifica el campo magnético generado por el cableado trenzado.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnéticos permitidos, según el RD 1066/2001, por el que se establece el Reglamento sobre condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, Anexo II, apartado 3.1 (cuadro 2), se establece el límite de campo magnético admitido que se calculara como  $5/f$ , siendo  $f$  la frecuencia en KHz. De esta manera, el límite de campo es  $100\mu T$ .

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	—
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$3,2/f$	$4/f$	—
0,8-3 kHz	$80/f$	$1,6/f$	$2/f$	—
3-150 kHz	$16/f$	$0,32/f$	$0,4/f$	—
0,1-10 MHz	$8/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-100 MHz	28	$0,73/f$	$0,92/f$	2
400-2.000 MHz	$1,375/f$	$0,022/f$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	60	0,16	0,20	0

Tabla 2.4. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300Hz)



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

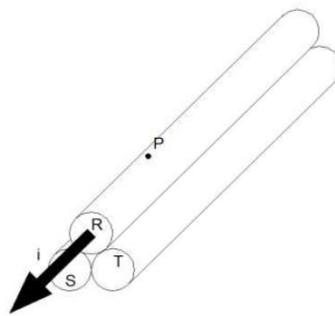


**2.3.3 CALCULO DEL CAMPO MAGNETICO GENERADO POR CABLE DE BAJA TENSION**

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por un conjunto de 48 cables unipolares de 240 mm<sup>2</sup>, repartidas en tres acometidas de 3x4x240 mm<sup>2</sup> (1 acometida para cada inversor).

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Baja Tensión, discurriendo por el conjunto de 12 cables de cada inversor (3x4x240 mm) la intensidad máxima admitida a potencia nominal del inversor, es decir 1.145,54 Amperios. Por lo tanto, la intensidad máxima en cada conductor es de 286,39 Amperios.

Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 30 mm:



El campo magnético generado en el Punto P, será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

$$B_p = \sum B_{p,i} = B_{p,r} + B_{p,s} + B_{p,t}$$

Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase se tiene:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r}$$

$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d}$$

$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d}$$

Teniendo en cuenta que las intensidades se encuentran desfasadas y pertenecen a un circuito trifásico equilibrado, se tiene que:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Por lo que teniendo en cuenta que  $\beta=30^\circ$ :

$$i_s = i_t = -i_r \times \text{sen}30 = -i_r/2$$

Por otro lado, teniendo en cuenta la distancia  $d$ , entre el centro de las fases es de 30 mm, la distancia entre P y el centro de las fases S y T es de 43,78 mm, y que la permeabilidad magnética del aire es similar a la del vacío ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$ ) y sustituyendo se obtiene:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r} = 494,7429 \mu T$$

$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d} = -84,8713 \mu T$$

$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d} = -84,8713 \mu T$$

Realizando el sumatorio tenemos un valor en el borde del cable de  $325,00 \mu T$ .

Sin embargo, debemos tener en cuenta que las ternas de dichos cableados están albergados en el interior del conjunto de centro de transformación, cubiertos por una envolvente de protección de los conductores en el tramo que circula desde los inversores hasta el transformador.

Por ello, debemos tener en cuenta que con respecto al exterior, existe una distancia al punto P de medición. Si consideramos que el alojamiento de los cables tiene una profundidad de 10 cms, y la altura de la terna es de 5,6 cms, existe una distancia de la parte alta de la terna al exterior de 4,4 cms. Es decir, el punto P está situado a 4,4 cms de la parte alta de las ternas.

Del mismo modo, debemos considerar la existencia de 16 ternas, que componen los 48 cables unipolares de  $240 \text{ mm}^2$ .



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Con todo ello, se obtienen los siguientes resultados:

Terna	Fase	Distancia a P(mm)	B( $\mu$ T)
1	R	528,4	14,045
	S	546,7	-6,787
	T	517,1	-7,176
2	R	458,8	16,175
	S	477,7	-7,768
	T	448,2	-8,279
3	R	389,3	19,063
	S	408,9	-9,075
	T	379,6	-9,775
4	R	320,3	23,169
	S	340,7	-10,891
	T	311,8	-11,900
5	R	251,9	29,461
	S	273,5	-13,567
	T	245,2	-15,133
6	R	184,5	40,223
	S	208,1	-17,831
	T	181,1	-20,489
7	R	120,3	61,689
	S	147,1	-25,225
	T	123,7	-29,997
8	R	68,5	108,338
	S	98,6	-37,633
	T	87,3	-42,504
9	R	68,5	108,338
	S	87,3	-42,504
	T	98,6	-37,633
10	R	120,3	61,689
	S	123,7	-29,997
	T	147,1	-25,225
11	R	184,5	40,223
	S	181,1	-20,489
	T	208,1	-17,831
12	R	351,9	21,089
	S	245,2	-15,133
	T	273,5	-13,567
13	R	320,3	23,169
	S	311,8	-11,900
	T	340,7	-10,891
14	R	389,3	19,063
	S	379,6	-9,775
	T	408,9	-9,075
15	R	458,8	16,175
	S	448,2	-8,279
	T	517,1	-7,176
16	R	528,3	14,047
	S	517,1	-7,176
	T	546,7	-6,787
CAMPO MAGNETICO TOTAL			67,900

Tabla 2.5. Valor de campos magnéticos en Power Station

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
 VISADO  
 ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
 DEFINITIVO COMO  
 -PROYECTO-



Por lo que se obtiene que el campo magnético total es menor de los  $100 \mu T$ , límite fijado por 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.

En general, las instalaciones eléctricas funcionan a baja frecuencia (50 Hz), situándose la emisión de campos electromagnéticos dentro de los límites establecidos.

### 2.3.4 CAMPO MAGNETICO GENERADO POR CABLE DE MEDIA TENSION

Los cálculos de campo magnético de la acometida de media tensión que llega al punto de conexión están recogidos en el proyecto específico de línea de media tensión, que es independiente del presente proyecto.

Respecto a los tramos de media tensión que discurren entre el Centro de Seccionamiento y los Centros de Transformación, así como los tramos entre las celdas de media tensión y el transformador, mencionar que estos generan un campo magnético menor al de la parte de baja tensión, debido principalmente a que la intensidad es mucho menor.

Además, el cableado de media tensión esta armado con una pantalla metálica que anula el campo eléctrico y disminuye el campo magnético.

### 2.3.5 CAMPO MAGNETICO GENERADO POR TRANSFORMADOR

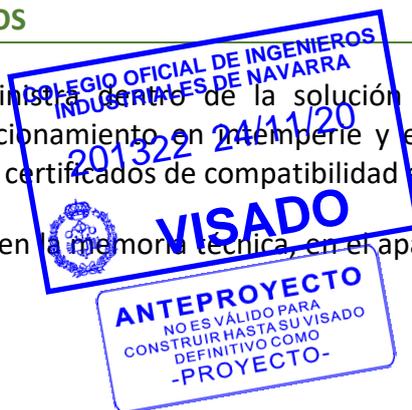
El campo magnético que produce el transformador será básicamente el producido por la intensidad de circuito de Baja Tensión, ya que circulan los mismos amperios.

Por lo tanto, considerando el caso más desfavorable realizado en el cableado de baja tensión, de conductores rectilíneos indefinidos, a intensidad máxima en régimen permanente podemos considerar los mismos resultados que hemos mostrado en los cálculos del cableado de baja tensión, de manera que si se cumplen los valores exigidos en el lado de baja tensión, se cumplirán en la parte de media tensión, ya que su intensidad es menor.

### 2.3.6 CERTIFICADOS Y ENSAYOS

El transformador que se suministra con el equipo de la solución de Power Station del fabricante seleccionado es apto para funcionamiento en Intemperie y está fabricado bajo las normativas vigentes, y cuenta con todos los certificados de compatibilidad electromagnética.

Su ficha técnica se ha expuesto en la memoria técnica, en el apartado de descripción de Centro de Transformación.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**2.4 ESTUDIO DE NIVELES DE RUIDO EN CENTRO DE TRANSFORMACION**

Según la ITC-RAT 07 – TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA, del Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo, los límites de ruido admisible para los transformadores, viene determinado por el punto 5 “PERDIDAS Y NIVELES DE POTENCIA ACUSTICA MAXIMOS” de dicha Instrucción, concretamente en la siguiente tabla de la página 45 del RD 337/2014:

Potencia asignada kVA	$U_m \leq 24 \text{ kV}$				$U_m = 36 \text{ kV}$			
	$P_k \text{ (W)}$ a 75 °C	$P_0 \text{ (W)}$	$L_w \text{ (A)}$ dB(A)	$Z_{cc} \text{ (%), a}$ 75°C	$P_k \text{ (W)}$ a 75 °C	$P_0 \text{ (W)}$	$L_w \text{ (A)}$ dB(A)	$Z_{cc} \text{ (%), a}$ 75°C
50	875	110	42	4	1050	160	50	4,5
100	1475	180	44	4	1650	270	54	4,5
160	2000	260	47	4	2150	390	57	4,5
250	2750	360	50	4	3000	550	60	4,5
315	3250	440	52	4	-	-	-	-
400	3850	520	53	4	4150	790	63	4,5
500	4600	610	54	4	-	-	-	-
630	5400	730	55	4	5500	1100	65	4,5
800	7000	800	56	6	7000	1300	66	6
1000	9000	940	58	6	8900	1450	67	6
1250	11000	1150	59	6	11500	1750	68	6
1600	14000	1450	61	6	14500	2200	69	6
2000	18000	1800	63	6	18000	2700	71	6
2500	22000	2150	66	6	22500	3200	73	6

Tabla 2.6. Niveles de ruido permitidos en transformadores

El nivel de ruido del transformador expuesto en el proyecto es de un valor de 45 dB a potencia máxima, dato facilitado por el fabricante.

Por lo tanto, se puede considerar que dicho nivel de ruido es admisible y cumple con los niveles exigibles.

**2.5 CALCULOS ELECTRICOS PLANTA DE GENERACION**

Para el diseño de éste tipo de instalaciones, hay que tener en cuenta las diferencias de comportamiento que existen entre un generador fotovoltaico y la red eléctrica que básicamente son:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



- La red eléctrica es una fuente de tensión, mientras que un generador fotovoltaico es una fuente de intensidad limitada. La corriente de cortocircuito de un sistema fotovoltaico, viene determinada por las características de los módulos fotovoltaicos utilizados, y en general no es superior a 1,2 veces la intensidad nominal. En el caso del presente proyecto es de 1,07 veces la intensidad nominal.
- El generador fotovoltaico es un sistema distribuido, en base a pequeños generadores, que se unen en serie y paralelos para conseguir los parámetros nominales de funcionamiento.

### 2.5.1 NOMENCLATURA Y FORMULAS UTILIZADAS

- I = Intensidad en Amperios
- Pc = potencia de cálculo en vatios
- L = longitud de la línea en metros
- K = conductividad 20°C
  - Cobre = 56
  - Aluminio = 35
- S = sección conductor en mm<sup>2</sup>
- V = tensión en voltios
- cdt = caída de tensión en voltios
- Cos( $\phi$ ) = Coseno de  $\phi$ . Factor de potencia.
- R = Rendimiento para líneas motor
- Xu = Reactancia por unidad de longitud en mW/m
- N = Número de conductores por fase

#### 2.5.1.1 CALCULO DE LA INTENSIDAD

Para el cálculo de intensidad en los distintos circuitos, consumos y generadores, aplicaremos las siguientes formulas:

Líneas trifásicas



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot R}$$

Líneas monofásicas

$$I = \frac{P_c}{V \cdot \cos \varphi \cdot R}$$

Corriente continúa

$$I = \frac{P}{V}$$

### 2.5.1.2 CALCULO DE LA CAIDA DE TENSION

El coeficiente de conductividad se corregirá en función de la temperatura máxima especificada según el tipo de aislamiento:

- XLPE = Tmax=90°C
- PVC = Tmax=80°C

Líneas trifásicas

$$c_{dt} = \frac{L \cdot P_c}{K \cdot V \cdot N \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \operatorname{sen} \varphi}{1000 \cdot V \cdot N \cdot \cos \varphi \cdot R}$$

Líneas monofásicas

$$c_{dt} = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot V \cdot N \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \operatorname{sen} \varphi}{1000 \cdot V \cdot N \cdot \cos \varphi \cdot R}$$

Corriente continúa

### 2.5.2 PUESTA A TIERRA

Según el Real Decreto 1663/2000, en el que se fijan las condiciones técnicas para la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, la puesta a tierra se realizará de forma que no altere la de la compañía eléctrica distribuidora, con el fin de no transmitir defectos a la misma.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Asimismo, las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Por lo indicado en los párrafos anteriores, se utilizarán tomas de tierra a las que se conectarán directamente las estructuras soporte del generador fotovoltaico, los marcos de los módulos y la borna de puesta a tierra de los inversores.

La conexión a tierra de las estructuras se realizará utilizando un cable de tierra desnudo de 25 mm<sup>2</sup> de sección. Se unirán entre si todas las mesas metálicas de la estructura que componen una fila, y se colocaran 10 picas de acero cobrizado  $\varnothing 14$  repartidas en la longitud de cada fila de módulos solares.

Las formulas a emplear serán (formulas expuestas en MIE BT 039 Tabla III):

$$R = \frac{\rho}{lv} \quad \text{para el cálculo de resistencia de las picas.}$$

$$R = \frac{2 * \rho}{lh} \quad \text{para el cálculo de resistencia del conductor de Cu desnudo.}$$

Siendo,

- R = resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ).
- $\rho$  = resistividad del terreno (50  $\Omega$  m).
- Lv = longitud de los conductores verticales (2 m)
- Lh = longitud de los conductores horizontales (20 m)

Por lo tanto:

$$R = \frac{\rho}{lv} = \frac{50}{2 * 10} = \frac{50}{20} = 2,5\Omega \text{ con las picas verticales}$$

Se puede comprobar que el valor de resistencia a tierra obtenido es inferior a los 10 ohmios establecidos en normas.

Los inversores electrónicos estarán conectados a la red de tierra del centro de transformación – inversores en el que están alojados.





## 2.6 PROTECCIONES ELECTRICAS

### 2.6.1 CORRIENTE CONTINUA

#### 2.6.1.1 CORTOCIRCUITOS Y SOBRECARGAS

Se instalará un fusible seccionador en el polo positivo de cada string (agrupación serie) del generador fotovoltaico. Se utilizarán fusibles del tipo GL normalizados según EN 60269 con la función adicional de facilitar las tareas de mantenimiento. El calibre de los mismos será suficientemente superior a 9,45 A, valor correspondiente a la corriente de cortocircuito de cada rama, para evitar fusiones no deseadas. Además de esta condición, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios de selección:

$$I_D \leq I_N \leq I_Z$$
$$1,6 \cdot I_N \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde:

- $I_D$  Corriente de diseño o corriente nominal de la instalación
- $I_N$  Corriente nominal del elemento de protección
- $I_Z$  corriente máxima admisible real de la línea

Por lo tanto, el fusible seccionador a instalar en cada rama o string será de 15 Amperios.

### 2.6.2 CORRIENTE ALTERNA

#### 2.6.2.1 CORTOCIRCUITO Y SOBRECARGAS

##### Protección del transformador en la parte de media tensión.

Potencia unitaria: 6.500.000 W

Tensión de alimentación: 25.000 V

Intensidad nominal: 150 A

Intensidad y voltaje del fusible: 250 Amp / 30 kV

##### Protección en la parte de baja tensión

Potencia unitaria: 6.500.000 W





Tensión de servicio: 630 V  
Intensidad nominal: 5.956,78 A  
Intensidad nominal por inversor: 1.489,19 A

### Interruptor general magneto térmico.

La alimentación a los inversores está protegida mediante interruptor magnetotermico de 1.600 Amp en cada uno.

Intensidad nominal: 1600 A  
Tarado de relés térmicos: 1500 A  
Tarado relés magnéticos: 5 x In  
Poder de corte: 36 kA

### Protección diferencial

Tipo: Toroidal  
Sensibilidad: 300 mA

Para los elementos de protección que componen las instalaciones de servicios auxiliares de la planta, como son alumbrado del centro de transformación – inversores, tomas de corriente, alumbrado de emergencia, etc, se instalaran los siguientes equipos:

- Interruptores automaticos magnetotermicos con poder de corte de 16 KA.
- Interruptor diferencial automatico con sensibilidad de 300 mAmp

## 2.7 SECCIONES DE CABLEADO

El REBT exige que las secciones de los conductores se calculen por calentamiento y por caída de tensión. Una vez calculadas de las dos formas, se elige la mayor sección que haya resultado. En este proyecto el criterio de caída de tensión es el que limita, si bien se realiza el cálculo según los dos criterios.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 2.7.1 CALCULO DE SECCIONES POR CRITERIO TERMICO

Para el cálculo de las secciones por calentamiento, es preciso hallar la intensidad de corriente que circula por el circuito y obtener la intensidad de cálculo; con dicho valor, se establece la sección adecuada a partir de la tabla 1 de la ITC-BT-19 corregida por los factores correspondientes por instalación directa al sol, agrupamiento y montaje en canalización y en bandeja.

Se hace el cálculo del tramo que se encuentra en las condiciones más desfavorables. La sección mínima de cada tramo dependerá de la intensidad que circulará por él (es decir, de la carga que soporta) y estará influenciada por los factores de corrección correspondientes a la temperatura ambiente y al número de cables que se agrupen en cada bandeja ( $F_t$  y  $F_a$  respectivamente) según lo especificado en la ITC-BT-19.

Para las instalaciones descritas en este proyecto se utilizará cable flexible de cobre, unipolar, de la clase 5, con aislamiento XLPE y recubrimiento de PVC, para tensiones de hasta 1,5 Kv en la parte de continua y de 1 Kv en la parte de alterna.

### 2.7.2 CALCULO DE SECCIONES POR CRITERIO DE CAIDA DE TENSION

En el cálculo por caída de tensión, se aplica el criterio que la temperatura ambiente será de 40°C y que la temperatura de cálculo será la máxima de utilización que permite el tipo de cable que se utilice, 90°C para aislamientos XLPE y 80°C para aislamientos de PVC.

Las caídas de tensión admisibles para ésta instalación son las siguientes:

- 2% en los circuitos de generación total, sumando la parte de CC como de CA.

En las tablas que se muestran se presentan las secciones consideradas en todos los tramos de la instalación y las caídas de tensión que se producen en cada uno de ellos.

Las secciones de los conductores se han seleccionado teniendo en cuenta que este criterio es el limitante. La caída total de tensión, sumando el lado de continua como en el de alterna debe ser inferior al 2%. En el caso de que no se cumpla esta condición, habrá que recalcular la sección del cable hasta que se cumplan ambos criterios.

A efectos de cálculo de secciones se consideran de forma independiente la parte de la instalación por la que discurre corriente continua y, a continuación, la parte por la que circula corriente alterna.

#### 2.7.2.1 INSTALACION DE CORRIENTE CONTINUA

El cableado se divide en varios tramos:

- Tramo de interconexión entre series y cajas de conexiones o strings.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Tramo de interconexión entre cajas de strings e inversor.

A cada caja de conexiones llegan cables de varias series de módulos solares y su salida va directamente hasta la entrada al inversor, por lo que al inversor llegan tantas líneas como cuadros de string lo alimentan.

Las distintas líneas consideradas a efectos de cálculo de cableado se muestran en los planos.

### 2.7.2.2 INSTALACION DE CORRIENTE ALTERNA

Se considera un tramo de corriente alterna en Baja Tensión que discurre desde la salida de los inversores hasta el transformador, quedando cuatro tramos en paralelo. Estos tramos discurren dentro del espacio de la Power Station, en las canalizaciones dispuestas para ello, tanto aéreas como subterráneas en la losa de hormigón armado.

Posteriormente hay un tramo de corriente alterna en Media Tensión que discurre desde cada Power Station hasta el Centro de Seccionamiento y Medida del conjunto de la planta fotovoltaica.

### 2.7.3 RESULTADOS

A continuación se muestran las secciones de cableado para cada uno de los tramos, teniendo en cuenta ambos criterios de dimensionado.

La restricción para la parte de alterna es por intensidad admisible y no por caída de tensión. Se establece una sección de 3x (4 x 240 mm<sup>2</sup>) para cada inversor.

De acuerdo a la Instrucción ITC-BT-07 del REBT, apartado 1, en la que se especifica la sección del neutro en función de las secciones de los conductores de fase, para una sección de 4 x 240 mm<sup>2</sup> para los conductores de fase la sección del neutro será de 2 x 240 mm<sup>2</sup>.

Sin embargo, tal como se muestra en los esquemas, la alimentación a los inversores es sin neutro, ya que su funcionamiento es un sistema IT.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**2.8 CALCULO DE LA PRODUCCION**

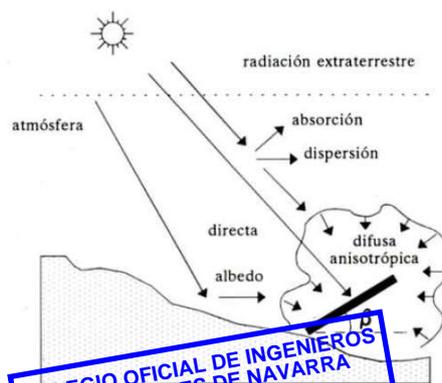
El cálculo de la energía producida o inyectada a la red se realiza a partir de la ecuación según el IDEA-PCT:

$$E_p = \frac{Ga(\alpha, \beta) \cdot Pmp \cdot PR}{G_{CEM}}$$

Donde:

- ✓ **Ep** es el valor medio mensual o anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal en kWh/m<sup>2</sup> día, obtenido a partir de la base de datos del PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).
- ✓ **Pmp** es la potencia pico del generador
- ✓ **PR** se refiere al rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”. La eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, tiene en cuenta:
  1. La dependencia de la eficiencia con la temperatura
  2. La eficiencia del cableado
  3. Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad
  4. Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
  5. La eficiencia energética del inversor
  6. Pérdidas en el transformador
  7. Etc.

Con estos cálculos se obtiene la irradiación recibida por un generador promedio. El cálculo de la radiación efectiva incidente en un generador se realiza mediante el siguiente procedimiento:



1. Cálculo de la irradiación extraterrestre en el plano horizontal mediante consideraciones geométricas.
2. Cálculo de la irradiación global diaria horizontal.
3. Descomposición de la irradiación global horizontal en sus componentes directa y difusa.



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Habilitación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



4. Cálculo de las diferentes componentes de la irradiancia horaria a partir de los valores previamente calculados, a través de un generador empírico basado en la correlación entre la radiación difusa horaria y diaria, y la radiación global horaria y diaria.
5. Cálculo de la irradiancia horaria en sus diferentes componentes:
  - a. Directa: consideraciones geométricas que tienen en cuenta el ángulo cenital del sol y el ángulo entre el vector normal al generador y el vector solar.
  - b. Difusa: mediante el método que divide la contribución de la radiación según su cercanía al sol (circunsolar e isotrópica).
  - c. Albedo: se considera como radiación difusa isotrópica, con un factor de reflexión entre 0 y 1 en función de la composición de la superficie.
6. Cálculo de las pérdidas de transmitancia debidas al ángulo de incidencia (reflexión) y suciedad.
7. Introducción del efecto de sombreado como reducción en la irradiancia efectiva directa.

La aparición de sombras se produce al amanecer y al atardecer (siempre que la separación de los generadores no baje de un cierto umbral).

El cálculo de la energía producida se realiza a través de la herramienta informática de simulación fotovoltaica PVSIST. Este software de reconocimiento mundial se basa en un procedimiento rápido y sencillo, donde los algoritmos del cálculo engloban lo anteriormente descrito, y a través de una interface se introducen los siguientes aspectos:

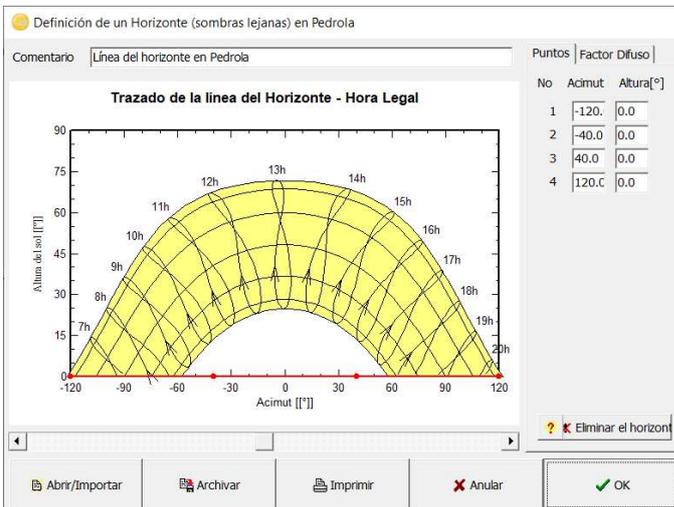
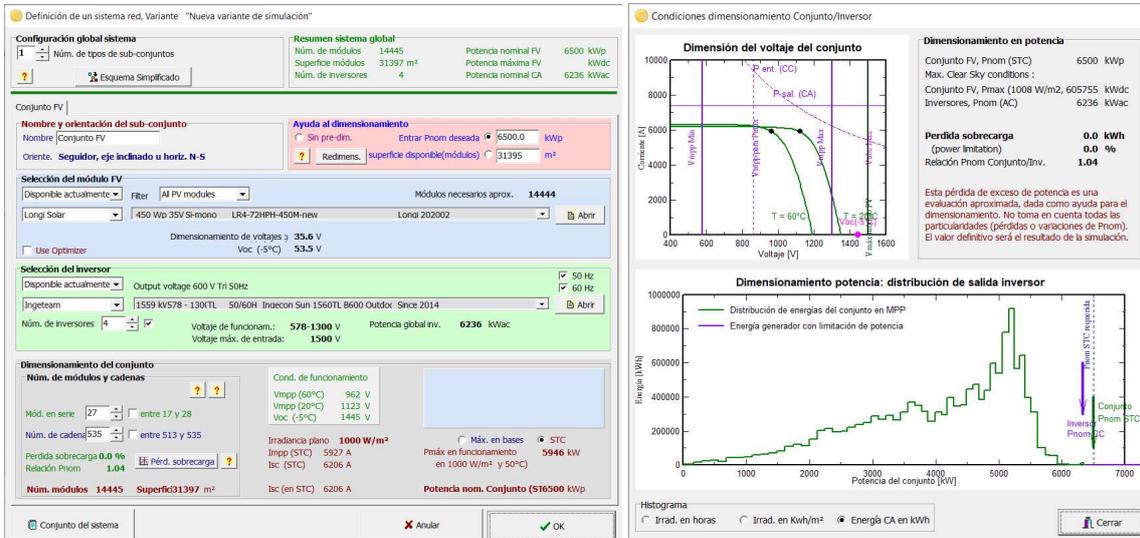
- La potencia deseada
- El módulo de la base de datos
- El inversor de la base de datos
- El tipo de estructura de seguimiento

Y PVSIST propone una configuración del sistema, para poder realizar una simulación preliminar. Este software incorpora un sistema de mensajes de advertencia/error codificados con colores. Si hay alguna discrepancia, un problema o error en el diseño, se advierte por pantalla.



# ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)

## 2 ANEXO I CÁLCULOS



Los cálculos obtenidos para la planta solar fotovoltaica que aquí se detalla, se muestran a continuación, con una producción de **2.030 kWh/kWp al año**.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



PVSYST V6.81		21/11/20	Page 1/8
<b>Grid-Connected System: Simulation parameters</b>			
<b>Project : SARIÑENA</b>			
<b>Geographical Site</b>	Sariñena	<b>Country</b>	Spain
<b>Situation</b>	Latitude 41.79° N	<b>Longitude</b>	-0.16° W
<b>Time defined as</b>	Legal Time	Time zone	UT+1
	Altitude		288 m
	Albedo		0.20
<b>Meteo data:</b>	Sariñena	Meteonorm 7.2 (1999-2010), Sat=100% - Sintético	
<b>Simulation variant : Nueva variante de simulación</b>			
	Simulation date	21/11/20 12h19	
<b>Simulation parameters</b>	System type	Tracking system with backtracking	
<b>Tracking plane, tilted Axis</b>	Axis Tilt	0°	Axis Azimuth 0°
<b>Rotation Limitations</b>	Minimum Phi	-60°	Maximum Phi 60°
	Tracking algorithm	Irradiance optimization	
<b>Backtracking strategy</b>	Nb. of trackers	330	Identical arrays
	Tracker Spacing	11.0 m	Collector width 3.17 m
<b>Backtracking limit angle</b>	Phi limits	+/-Grid cov. Ratio (GCR) 28.9 %	
<b>Models used</b>	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm
<b>Horizon</b>	Free Horizon		
<b>Near Shadings</b>	According to strings	<b>Electrical effect</b>	100 %
<b>User's needs :</b>	Unlimited load (grid)		
<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-mono	Model	LR4-72HPH-450M-new
<b>Custom parameters definition</b>	Manufacturer	Longi Solar	
<b>Number of PV modules</b>	In series	28 modules	In parallel 619 strings
<b>Total number of PV modules</b>	Nb. modules	17332	Unit Nom. Power 450 Wp
<b>Array global power</b>	Nominal (STC)	7799 kW <sub>at</sub>	at operating cond. 7135 kWp (50°C)
<b>Array operating characteristics (50°C)</b>	U mpp	1040 V	I mpp 6857 A
<b>Total area</b>	Module area	37672 m <sup>2</sup>	
<b>Inverter</b>	Model	Ingecon Sun 1560TL B600 Outdoor	
<b>Custom parameters definition</b>	Manufacturer	Ingeteam	
<b>Characteristics</b>	Operating Voltage	578-1300 V	Unit Nom. Power 1559 kWac
<b>Inverter pack</b>	Nb. of inverters	5 units	Total Power 7795 kWac
			Pnom ratio 1.00
<b>PV Array loss factors</b>			
<b>Array Soiling Losses</b>	Loss Fraction	2.0 %	
<b>Thermal Loss factor</b>	U <sub>tc</sub> (cond) 10.0 W/m <sup>2</sup> K	U <sub>tc</sub> (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
<b>Wiring Ohmic Loss</b>	Global array res. 25.00 m	Loss Fraction	1.5 % at STC
<b>Series Diode Loss</b>	Voltage Drop 0.7 V	Loss Fraction	0.1 % at STC
<b>LID - Light Induced Degradation</b>	Loss Fraction	2.0 %	
<b>Module Quality Loss</b>	Loss Fraction	0.3 %	
<b>Module Mismatch Losses</b>	Loss Fraction	1.0 % at MPP	
<b>Strings Mismatch loss</b>	Loss Fraction	0.10 %	



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra  
 Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  




Grid-Connected System: Simulation parameters

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.950	0.760	0.000

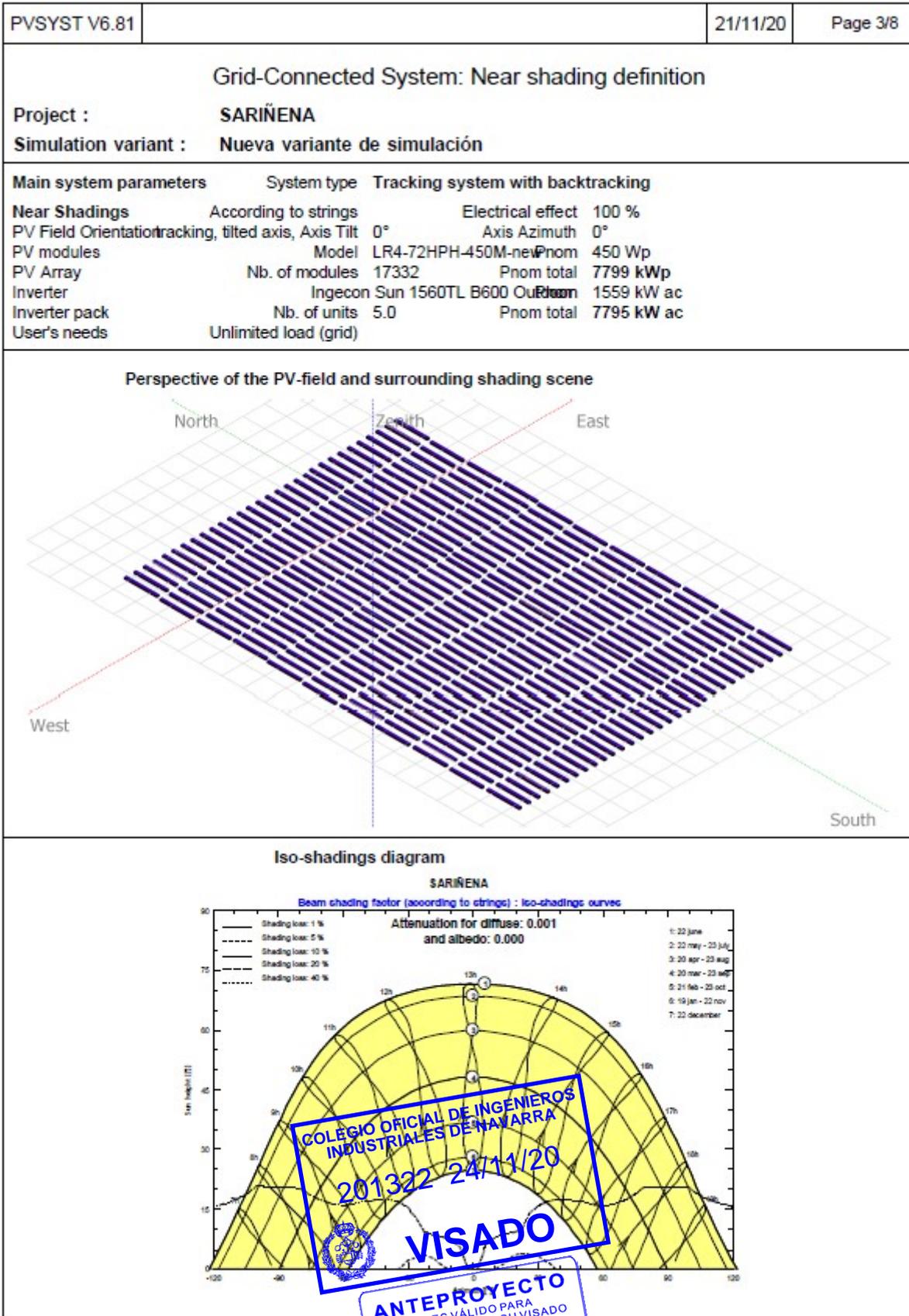
System loss factors

Wiring Ohmic Loss Wires: 3x10000.0 mm<sup>2</sup> 0 m Loss Fraction 0.0 % at STC  
 Unavailability of the system 3.6 days, 3 periods Time fraction 1.0 %

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  


COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
**VISADO**

ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
 DEFINITIVO COMO  
 -PROYECTO-



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322



PVSYST V6.81		21/11/20	Page 4/8
--------------	--	----------	----------

**Grid-Connected System: Main results**

**Project :** SARIÑENA  
**Simulation variant :** Nueva variante de simulación

---

**Main system parameters**      System type      Tracking system with backtracking

**Near Shadings**      According to strings      Electrical effect      100 %

PV Field Orientation      tracking, tilted axis, Axis Tilt      0°      Axis Azimuth      0°

PV modules      Model      LR4-72HPH-450M-newPhom      450 Wp

PV Array      Nb. of modules      17332      Pnom total      7799 kWp

Inverter      Ingecon Sun 1560TL B600 Outcom      1559 kW ac

Inverter pack      Nb. of units      5.0      Pnom total      7795 kW ac

User's needs      Unlimited load (grid)

---

**Main simulation results**

System Production      Produced Energy      15835 MWh/year      Specific prod.      2030 kWh/kWp/year

Performance Ratio PR      83.03 %

---

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 7799 kWp**

**Performance Ratio PR**

---

**Nueva variante de simulación**  
Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	
January	58.0	21.96	6.29	84.6	80.4	606	596	0.903
February	84.3	33.27	8.03	117.6	111.8	834	823	0.897
March	138.7	45.73	11.38	196.2	187.1	1343	1325	0.866
April	176.7	58.57	13.53	246.8	235.5	1663	1641	0.853
May	215.0	64.75	18.20	296.2	282.9	1937	1897	0.821
June	229.8	71.17	22.93	311.9	297.9	2003	1977	0.813
July	248.5	51.84	24.88	347.6	333.3	2203	2174	0.802
August	208.3	59.48	24.45	291.4	275.3	1868	1795	0.772
September	156.8	42.27	18.14	209.5	195.3	1491	1471	0.832
October	106.0	38.34	14.00	140.0	132.6	1019	939	0.804
November	72.0	17.35	10.38	103.8	98.6	713	722	0.893
December	52.1	24.67	6.37	72.8	68.2	518	514	0.906
Year	1746.6	599.6	12.2	2445.2	2333.9	1623	15835	0.830

Legends: GlobHor      Horizontal global irradiation      PR      Performance Ratio  
 DiffHor      Horizontal diffuse irradiation      EArray      Performance energy at the output of the array  
 T\_Amb      Ambient temperature      E\_Grid      Energy injected into grid  
 GlobInc      Global incident irradiance on the plane      PR      Performance Ratio

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11/2020

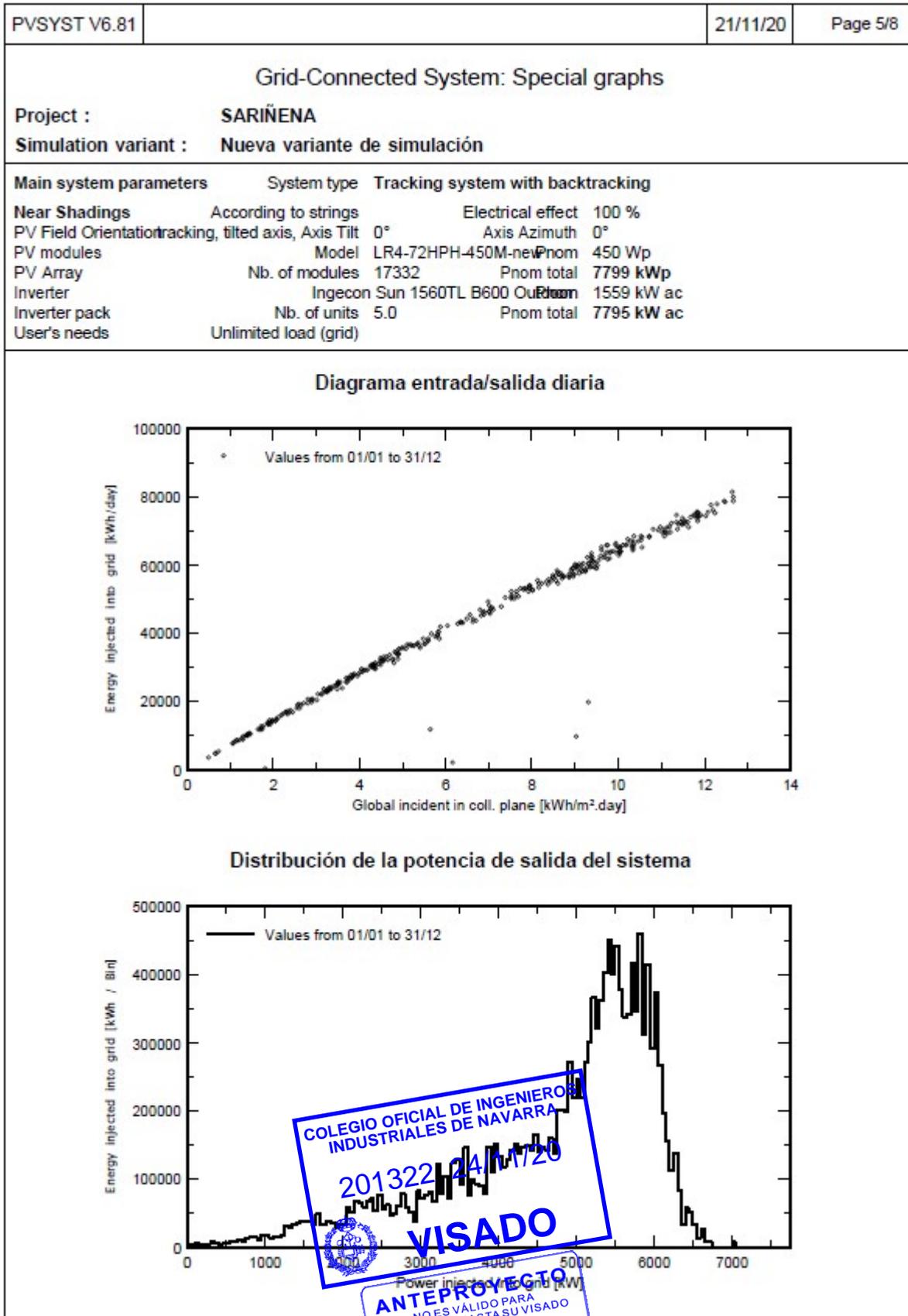
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322

VISADO

ANTEPROYECTO

NO ES VÁLIDO PARA CONSTRUIR HASTA SU VISADO DEFINITIVO COMO -PROYECTO-

201322 24/11/20



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegiación Profesional  
 24/11/2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA**  
 201322 24/11/20  
**VISADO**  
**ANTEPROYECTO**  
 NO ES VÁLIDO PARA CONSTRUCCIÓN HASTA SU VISADO DEFINITIVO COMO -PROYECTO-



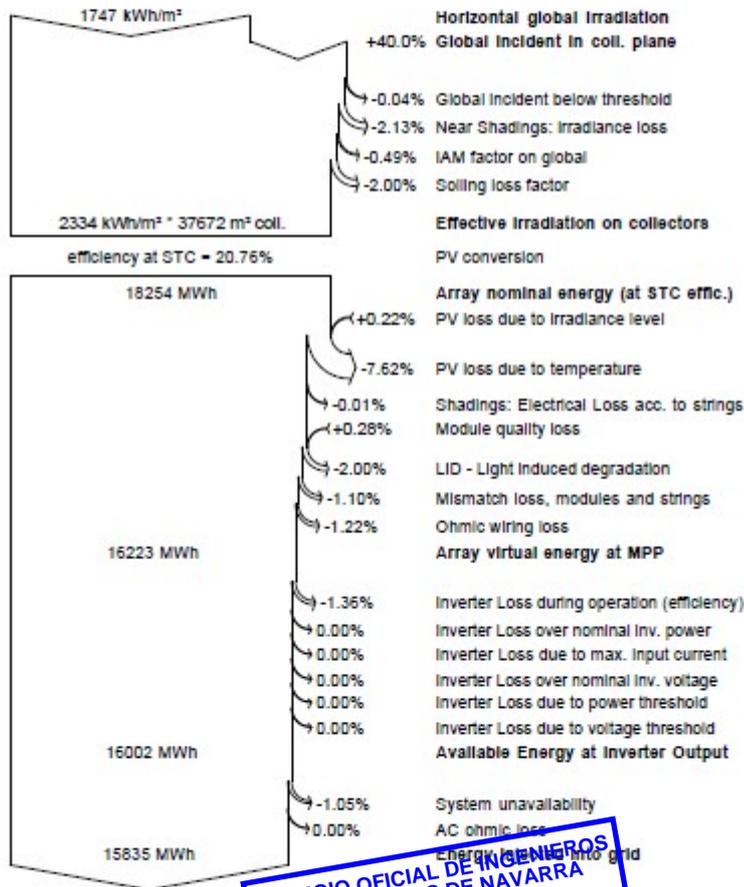
PVSYST V6.81	21/11/20	Page 6/8
--------------	----------	----------

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : SARIÑENA  
Simulation variant : Nueva variante de simulación

Main system parameters	System type	Tracking system with backtracking	
Near Shadings	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt 0°	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model LR4-72HPH-450M-nev	Pnom	450 Wp
PV Array	Nb. of modules 17332	Pnom total	7799 kWp
Inverter	Ingecon Sun 1560TL B600 Out	Pnom	1559 kW ac
Inverter pack	Nb. of units 5.0	Pnom total	7795 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
201322 24/11/20  
**VISADO**

ANTEPROYECTO  
NO ES VÁLIDO PARA  
CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
DEFINITIVO COMO  
-PROYECTO-

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINN



PVSYST V6.81		21/11/20	Page 7/8
<b>Grid-Connected System: P50 - P90 evaluation</b>			
<b>Project :</b>		<b>SARIÑENA</b>	
<b>Simulation variant :</b>		<b>Nueva variante de simulación</b>	
<b>Main system parameters</b>	<b>System type</b>	<b>Tracking system with backtracking</b>	
<b>Near Shadings</b>	According to strings	Electrical effect	100 %
<b>PV Field Orientation</b>	tracking, tilted axis, Axis Tilt 0°	Axis Azimuth	0°
<b>PV modules</b>	Model LR4-72HPH-450M-new	Pnom	450 Wp
<b>PV Array</b>	Nb. of modules 17332	Pnom total	7799 kWp
<b>Inverter</b>	Ingecon Sun 1560TL B600 Out	Pnom	1559 kW ac
<b>Inverter pack</b>	Nb. of units 5.0	Pnom total	7795 kW ac
<b>User's needs</b>	Unlimited load (grid)		
<b>Evaluation of the Production probability forecast</b>			
The probability distribution of the system production forecast for different years is mainly dependent on the meteo data used for the simulation, and depends on the following choices:			
<b>Meteo data source</b>	Meteonorm 7.2 (1999-2010), Sat=100%		
<b>Meteo data</b>	Kind	TMY, multi-year	
<b>Specified Deviation</b>	Climate change	0.0 %	
<b>Year-to-year variability</b>	Variance	0.5 %	
The probability distribution variance is also depending on some system parameters uncertainties			
<b>Specified Deviation</b>	module modelling/parameters	1.0 %	
	Inverter efficiency uncertainty	0.5 %	
	Soiling and mismatch uncertainties	0.5 %	
	Degradation uncertainty	0.6 %	
<b>Global variability (meteo + system)</b>	Variance	1.4 % (quadratic sum)	
<b>Annual production probability</b>	<b>Variability</b>	<b>227 MWh</b>	
	P50	15835 MWh	
	P90	15544 MWh	
	P95	15462 MWh	
<b>Probability distribution</b>			

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322

201322 24/11/20

VISADO

ANTEPROYECTO

NO ES VÁLIDO PARA CONSTRUCCIÓN HASTA SU VISADO DEFINITIVO COMO -PROYECTO-



PVSYST V6.81		21/11/20	Page 8/8
<b>Grid-Connected System: CO2 Balance</b>			
<b>Project :</b>		<b>SARIÑENA</b>	
<b>Simulation variant :</b>		<b>Nueva variante de simulación</b>	
<b>Main system parameters</b>	<b>System type</b>	<b>Tracking system with backtracking</b>	
<b>Near Shadings</b>	According to strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tracking, tilted axis, Axis Tilt 0°	Axis Azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72HPH-450M-new	Pnom 450 Wp
PV Array	Nb. of modules	17332	Pnom total 7799 kWp
Inverter	Ingecon Sun 1560TL B600 Out	Efficiency	1559 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total 7795 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		
<b>Produced Emissions</b>	<b>Total:</b>	<b>927.35 tCO2</b>	
	<b>Source:</b>	Detailed calculation from table below	
<b>Replaced Emissions</b>	<b>Total:</b>	<b>136337.3 tCO2</b>	
	<b>System production:</b>	15834.76 MWh/yr	Lifetime: 30 years
			Annual Degradation: 1.0 %
	<b>Grid Lifecycle Emissions:</b>	287 gCO2/kWh	
	<b>Source:</b>	IEA List	Country: Spain
<b>CO2 Emission Balance</b>	<b>Total:</b>	<b>117367.8 tCO2</b>	
<b>System Lifecycle Emissions Details:</b>			
<b>Item</b>	<b>Modules</b>	<b>Supports</b>	
LCE	1332 kgCO2/kWp	1.91 kgCO2/kg	
Quantity	600 kWp	66700 kg	
Subtotal [kgCO2]	799669	127683	
<p>The graph shows a linear relationship between time and saved CO2 emissions. The x-axis is labeled 'Year' and ranges from 0 to 30. The y-axis is labeled 'Balance [kgCO2]' and ranges from -20,000 to 120,000. A green line starts at (0,0) and reaches approximately 117,368 kgCO2 at year 30.</p>			

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra  
 24/11/2020  
 Colegiado: 201322  
 Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Navarra  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
 COIINN

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 201322 24/11/20  
**VISADO**

ANTEPROYECTO  
 NO ES VÁLIDO PARA  
 CONSTRUIR HASTA SU VISADO  
 DEFINITIVO COMO  
 -PROYECTO-



Habilitación Profesional	Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS
24/11 2020	
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA	VISADO ANTEPROYECTO: 201322

Firmado:  
Nº de colegiado:

Jose Javier Barricarte Rivas  
1228 - Colegio de Ingenieros Industriales de Navarra





### 3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

#### 3.1 INTRODUCCION

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al contratista el alcance de trabajo y la ejecución cualitativa del mismo en el desarrollo del proyecto e instalación de la planta solar fotovoltaica.

El alcance del trabajo del Contratista abarca desde el estudio del presente proyecto de diseño de la planta fotovoltaica (descripción, planos, diagramas, especificaciones, listado de materiales y requisitos) para la adquisición e instalación de los mismos, así como la ejecución del trabajo de montaje completo, contemplando las prescripciones establecidas en el presente Pliego de Condiciones Técnicas (en adelante PCT)

El proyecto se ha diseñado para cumplir con un mínimo de una vida útil de 25 años, teniendo en cuenta las condiciones específicas del emplazamiento y las condiciones de funcionamiento de los equipos que integran la instalación fotovoltaica. En cualquier momento durante el desarrollo del proyecto, el propietario se reserva el derecho a solicitar a la parte promotora y/o constructora la documentación para demostrar la validez del diseño de la instalación para la vida útil de 25 años.

Al mismo tiempo, la planta fotovoltaica debe ser capaz de producir anualmente un mínimo de 12.543 MWh (P90), medidos en el contador fiscalizador a instalar en el centro de seccionamiento y medida, el cual esta descrito en un proyecto independiente.

Los criterios de la propiedad describen los requisitos mínimos y las características técnicas mínimas necesarias para el diseño, suministro, construcción, montaje, pruebas y entrega de la instalación fotovoltaica, de acuerdo con el contrato a suscribir.

Los códigos y estándares utilizados serán las últimas ediciones del diseño, aplicables a la construcción, con el fin de someterse a las autoridades competentes del Proyecto.

El Contratista proporcionará una planta solar fotovoltaica “llave en mano”. El sistema debe incluir:

- Todos los trabajos descritos en el futuro Contrato y en sus Especificaciones Técnicas;
- Construcción inicial de la obra (obra civil); y
- Transporte de equipos, almacenamiento, montaje y conexionado, así como la realización de las pruebas y test, incluida la emisión de certificados para su posterior puesta en funcionamiento;
- Puesta en marcha y operación de la instalación solar fotovoltaica, incluyendo la formación y la entrega de documentación al Propietario.

Las obras deberán satisfacer los requisitos de la Normativa de Seguridad y Salud. Esto también incluye la planificación ambiental y planificación de la gestión de residuos en la obra.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Las normas y leyes aplicables, que se mencionan en este documento, deben ser consideradas como no exhaustivas, y no eximen al contratista de proporcionar sistemas e instalaciones completas y totalmente funcionales. Se supone que el Contratista observará todas las leyes aplicables y las normas nacionales e internacionales, que son relevantes para la instalación correcta y adecuada de la planta, incluyendo todos los componentes que forman parte de la instalación fotovoltaica.

### 3.2 NORMATIVA APLICABLE

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980 de 20 de marzo)
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud Laboral.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 286/2006, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, y modificaciones posteriores.
- Orden de 30 de junio de 1996 por la que se aprueba el texto revisado del Reglamento de Aparatos Elevadores.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de seguridad en las maquinas.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, (BOE 28/12/1995, rect. 24/02/1993) que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Reales Decretos por los que se aprueban los reglamentos sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



COIINN



- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RD 337/2014 de 9 de mayo) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 2060/2018, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
- Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero).

### 3.3 DISPOSICIONES GENERALES

La empresa promotora describe en el presente proyecto la construcción de una planta fotovoltaica de conexión a la red eléctrica, cuyos equipos se han descrito en los apartados de Memoria Técnica y de Cálculos Justificativos.

Para la correcta coordinación de la ejecución de la obra, la empresa promotora designara a un Director de Obra y realizará un contrato de construcción con un Contratista Principal, el cual debe realizar el suministro, acopio e instalación de los mismos, así como su puesta en marcha. Los equipos a suministrar se describen con mayor detalle en el punto 4.5 (Diseño y especificaciones de equipos), que se resumen en:

- Módulos Fotovoltaicos
- Estructura de Suportación de módulos fotovoltaicos.
- Power Station (Inversores y Centro de Transformación)
- Cuadros de String
- Cuadros Eléctricos de Maniobra y Protección.
- Receptores Eléctricos.
- Cableado de Baja Tensión y Media Tensión
- Redes de Puesta a Tierra
- Sistema de Seguridad.
- Sistema de Monitorización
- Red de Canalizaciones.
- Caminos de acceso.
- Obra Civil de excavaciones y vallado.



La planta fotovoltaica está diseñada para optimizar el rendimiento de la instalación en relación con el rendimiento de los componentes que la integran y de las condiciones del lugar capaz de operar





en un "modo automático" evacuando energía eléctrica siempre que la radiación solar disponible sea suficiente.

La planta fotovoltaica será monitorizada permitiendo una supervisión y control remoto, pudiendo modificar el estado de la planta (ON – OFF) así como parámetros de funcionamiento de la misma, adecuándose a las prescripciones que el operador del sistema eléctrico solicite en cada momento.

Los componentes que forman parte de la planta deben ser seleccionados para minimizar las tareas de mantenimiento preventivo, así como los eventos de mantenimiento correctivo. Con la excepción de mantenimiento preventivo programado, la única presencia requerida en el sitio durante las operaciones normales será para los servicios auxiliares, tales como el sistema de vigilancia, mantenimiento de la vegetación, y limpieza de los módulos solares.

### 3.3.1 DIRECCION DE OBRA

La empresa promotora designará al Director de las Obras que será un técnico con competencia profesional y la persona directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras. Para desempeñar su función podrá contar con colaboradores que desarrollarán su labor en función de las atribuciones de sus títulos profesionales o de sus conocimientos técnicos.

Las funciones del Director de las obras serán las siguientes:

Exigir al Contratista el cumplimiento de las condiciones contractuales.

- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al Proyecto aprobado, o las modificaciones debidamente autorizadas.
- Definir aquellas Condiciones Técnicas que el presente Pliego de Prescripciones deja a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones correspondientes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y ocupaciones de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionadas con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Participar en la Recepción y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.
- Presentar todos los informes de obras que requiera la empresa promotora sobre el avance de las obras.

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director de las obras para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

El Director de las obras resolverá, en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos del presente Proyecto. De forma especial, el Contratista deberá seguir sus instrucciones en cuanto se refiere a la calidad y acopio de materiales, ejecución de las unidades de obra, interpretación de los planos y especificaciones, modificaciones del Proyecto, programa de ejecución de los trabajos y precauciones a adoptar en el desarrollo de los mismos, así como en lo relacionado con la estética del paisaje que pueda ser afectado por las instalaciones o por la ejecución de préstamos, vertederos, acopios o cualquier otro tipo de trabajo.

Las obras que resulte preciso ejecutar sin que figuren con el suficiente detalle en el Proyecto, se construirán con arreglo a lo que durante la ejecución formule el Ingeniero Director, quedando sujetas en todo a las condiciones contenidas en este pliego.

### 3.3.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en el presente Pliego y omitido en los Planos y demás documentos contractuales del proyecto, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en cada uno de los documentos citados.

En caso de contradicciones prevalecerá el siguiente orden:

- 1º Presupuesto.
- 2º Planos.
- 3º Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- 4º Memoria.

Las omisiones en Planos y demás documentos contractuales o las descripciones erróneas de unidades de obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu e intención expuestos en el Proyecto, o que, por uso y costumbre, deban ser realizadas, no sólo no eximen al adjudicatario de la obligación de ejecutarlas, sino que, por el contrario, han de ser realizadas como si hubieran sido completa y correctamente especificadas y descritas en los documentos contractuales del Proyecto.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.3.3 PERSONAL DEL CONTRATISTA

El Contratista comunicará al Director de las obras, antes del comienzo de éstas, el técnico con la titulación adecuada designado para el seguimiento de estas, que quedará adscrito permanentemente a ellas en calidad de Jefe de Obra y deberá permanecer durante las horas de trabajo a pie de obra.

El Delegado y Jefe de Obra del Contratista será la persona elegida por el Contratista y aceptada por la propiedad, con capacidad para:

- Representar al Contratista siempre que sea necesario según el Reglamento General de Contratación y los Pliegos de Cláusulas, así como en otros actos derivados del cumplimiento de las obligaciones contractuales, siempre en orden a la ejecución y buena marcha de las obras.
- Organizar la ejecución de la obra e interpretar y poner en práctica las órdenes del Director de las obras o sus colaboradores.
- Proponer a la Dirección o colaborar con ella en la resolución de los problemas que se planteen durante la ejecución.
- El Director de las obras podrá suspender los trabajos o incluso solicitar la designación de un nuevo Delegado o colaborador de éste, siempre que se incurra en actos u omisiones que comprometan o perturben la buena marcha de las obras o el cumplimiento de los programas de trabajo, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos del contrato.

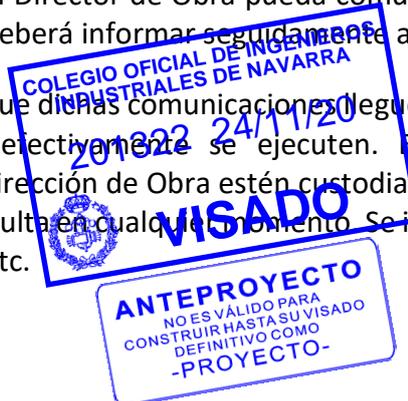
El Contratista facilitará también a la Director de las obras relación numerada por oficios y categorías del personal que ha de constituir la plantilla mínima al servicio de las obras.

### 3.3.4 ORDENES AL CONTRATISTA

El Delegado y Jefe de Obra será el interlocutor del Director de Obra, con obligación de recibir todas las comunicaciones verbales y/o escritas que dé éste directamente o a través de otras personas. En este último caso, deberá cerciorarse de que estas personas están autorizadas para ello y/o verificar el mensaje y confirmarlo, según su procedencia, urgencia e importancia.

Todo ello sin perjuicio de que el Director de Obra pueda comunicar directamente con el resto del personal oportunamente, que deberá informar seguidamente a su Jefe de Obra.

El Delegado es responsable de que dichas comunicaciones lleguen fielmente hasta las personas que deben ejecutarlas y de que efectivamente se ejecuten. Es responsable de que todas las comunicaciones escritas de la Dirección de Obra estén custodiadas, ordenadas cronológicamente y disponibles en obra para su consulta en cualquier momento. Se incluyen en este concepto los planos de obra, ensayos, mediciones, etc.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





El Delegado tendrá obligación de estar enterado de todas las circunstancias y marcha de las obras e informar al Director a su requerimiento en todo momento, o sin necesidad de requerimiento si fuese necesario o conveniente. El “Libro de Órdenes” se abrirá en la fecha de comprobación del replanteo y se cerrará en la de la recepción definitiva.

El “Libro de Órdenes” permanecerá custodiado en obra por el Contratista, en lugar seguro y de fácil disponibilidad para su consulta y uso. El Delegado deberá llevarlo consigo al acompañar en cada visita al Director de las obras. Durante dicho lapso de tiempo estará a disposición de la dirección, que, cuando proceda, anotará en él las órdenes, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas, autorizándolas con su firma.

El Contratista estará también obligado a transcribir en dicho libro, por sí o por medio de su delegado cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de la Dirección, y a firmar, a los efectos procedentes, el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la necesidad de una posterior autorización de tales transcripciones por la Dirección, con su firma en el libro indicado.

Efectuada la recepción de las obras, el “Libro de Órdenes” pasará a poder de la empresa promotora, si bien podrá ser consultado en todo momento por el Contratista.

### 3.3.5 LIBRO DE INCIDENCIAS

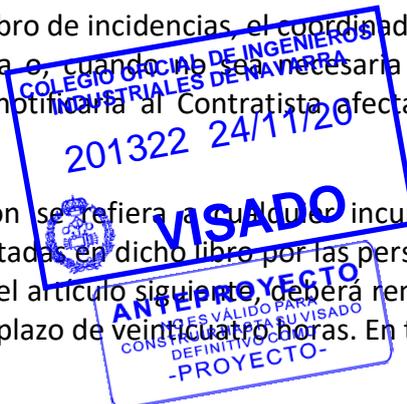
En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

El libro de incidencias será facilitado por el Director de la Obra.

El libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. A dicho libro tendrán acceso el Director de las Obras, los Contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines que al libro se le reconocen.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, deberán notificarla al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

En el caso de que la anotación se refiera a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones previamente anotadas en dicho libro por las personas facultadas para ello, así como en el supuesto a que se refiere el artículo siguiente, deberá remitirse una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





anotación efectuada supone una reiteración de una advertencia u observación anterior o si, por el contrario, se trata de una nueva observación.

### 3.3.6 OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES DEL CONTRATISTA

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en material laboral, de seguridad y salud, y de prevención de riesgos laborales.

En general, el Contratista responderá de cuantas obligaciones le vienen impuestas por su carácter de empleador, así como del cumplimiento de cuantas normas regulan y desarrollan la relación laboral o de otro tipo, existente entre aquél, o entre sus subcontratistas y los trabajadores de uno y otro, sin que puedan repercutir ninguna multa, sanción o cualquier tipo de responsabilidad que por incumplimiento de alguna de ellas pudieran imponerle los organismos competentes.

En cualquier caso, el Contratista indemnizará a la empresa promotora de toda cantidad que se viese obligada a pagar por incumplimiento de las obligaciones aquí consignadas, aunque ello le venga impuesto por resolución judicial o administrativa.

### 3.3.7 RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA

Durante la ejecución de las obras proyectadas, y de los trabajos complementarios para la realización de estas, el Contratista será responsable de todos los daños y perjuicios directos o indirectos, que se puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad o servicio público o privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo, o de una deficiente organización de los trabajos. En especial, será responsable de los perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de accidentes debidos a una señalización de las obras insuficiente o defectuosa.

De acuerdo con el párrafo anterior, el Contratista deberá proceder de una manera inmediata a indemnizar y reparar de manera aceptable todos los daños y perjuicios imputables a él, ocasionados a personas, servicios o propiedades públicas o privadas, incluyendo la propia empresa promotora contratante que, a estos efectos, se considera como un “tercero”.

Además, deberá cumplir todas las disposiciones vigentes y las que se dicten en el futuro, sobre material laboral y social y de la seguridad y salud en el trabajo y de prevención de riesgos laborales.

Los permisos y licencias necesarios para la realización de los trabajos de ejecución de las obras deberán ser obtenidos por el Contratista.

No se contempla en este caso los permisos de licencias de obras municipales, que son de cuenta de la empresa promotora.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.3.8 PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS

Todas las obras proyectadas deben ejecutarse interrumpiendo en la menor medida posible el tránsito de vías públicas en caso de afectar a las mismas, proponiendo el Contratista para tal fin las medidas pertinentes.

La señalización de las obras durante su ejecución se efectuará de acuerdo con la normativa vigente. La construcción de desvíos y accesos provisionales durante la obra, su conservación, señalización y seguridad serán por cuenta y responsabilidad del Contratista, salvo que ex-presamente se disponga otra cosa en los demás documentos contractuales del Proyecto, sin perjuicio de que el Director de las Obras pueda ordenar otra disposición al respecto.

El Contratista adoptará, asimismo, bajo su entera responsabilidad, todas las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones vigentes referentes al empleo de explosivos y seguirá las instrucciones complementarias que dicte, a este respecto, el Director de la Obra.

El Contratista tomará las medidas necesarias para evitar la contaminación de ríos, lagos y depósitos de agua, por efecto de los combustibles, aceites, jabones o cualquier otra sustancia que pueda ser perjudicial.

El Contratista está obligado a tener vallado el recinto de las obras o lugares de acopio y almacén, así como todo lugar dentro de las obras que por su índole constituye un peligro potencial para personas o vehículos, procediendo a su señalización diurna y nocturna.

No obstante, cuando el Director de la Obra lo estime necesario, podrá tomar a su cargo directamente la organización de los trabajos sin que pueda admitirse reclamaciones alguna fundada en este particular.

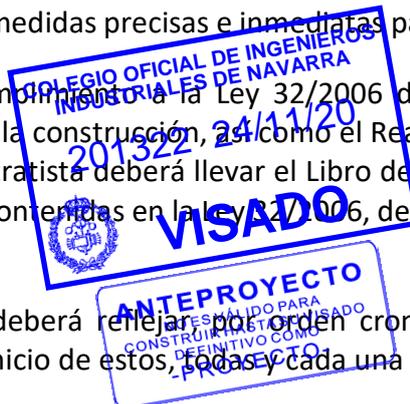
### 3.3.9 SUBCONTRATAS

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo, solicitado por escrito, del Director de la Obra.

El Director de la Obra estará facultado para decidir la exclusión de aquellos subcontratistas que no demuestren durante los trabajos poseer las condiciones requeridas para la ejecución de estos. El Contratista deberá adoptar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de dichos contratos.

En todo momento se dará cumplimiento a la Ley 32/2006 de 18 de octubre reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción, así como el Real Decreto 1109/07 de 24 de agosto por el que se desarrolla. El Contratista deberá llevar el Libro de Subcontratación en orden, al día y con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley 32/2006, de 18 de octubre, y en el Real Decreto 1109/2007.

En dicho Libro, el Contratista deberá reflejar por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, y con anterioridad al inicio de estos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas





en la obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos incluidos en el ámbito de ejecución de su contrato, conteniendo todos los datos que se establecen en el modelo incluido en el del Real Decreto 1109/2007 y en el de la Ley 32/2006, de 18 de octubre.

El Libro de Subcontratación se ajustará al modelo especificado en el anexo III del R.D. 1.109/2007 y será habilitado por la autoridad laboral correspondiente al territorio en que se ejecute la obra. La habilitación consistirá en la verificación de que el Libro reúne los requisitos establecidos en este Real Decreto.

### 3.3.10 GASTOS DE ENSAYO DE HINCA Y RESISTENCIA AL ARRANQUE

Serán de cuenta del Contratista los gastos de los materiales y los de su propio personal que sean necesarios para realizar y las pruebas reales de hincado y resistencia al arranque de las estructuras sobre el terreno de modo que confirmen la profundidad mínima de hincado necesaria para garantizar la solidez de la estructura.

El estudio geotécnico pormenorizado será facilitado para tal fin por la empresa promotora, que igualmente contendrá los análisis físico-químicos del terreno necesarios, para confirmar por parte del Contratista que el tratamiento y espesor de galvanizado al que se someterán las estructuras es suficiente y no se compromete su estabilidad en un tiempo mínimo de 25 años desde la puesta en servicio de la instalación.

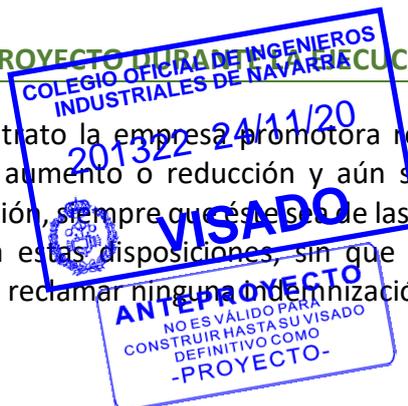
Las dos pruebas descritas serán realizadas con anterioridad al comienzo de las obras y quedarán reflejadas mediante dos informes que el Contratista emitirá para la revisión y aprobación por parte de la Dirección de Obra o por la empresa promotora.

Si como consecuencia de la comprobación de la agresividad del suelo y del ensayo de hincado y resistencia al arranque, se constata la necesidad de introducir modificaciones en el proyecto, el Contratista redactará en el plazo de quince días, un documento en el que se indicará las medidas a tomar para evitar los problemas que se prevean.

Dicho informe incluirá una estimación razonada del importe que lleve asociado la realización de aquellas modificaciones, tanto resulte éste al alza como a la baja.

### 3.3.11 MODIFICACIONES DEL PROYECTO DURANTE LA EJECUCION DEL CONTRATO DE OBRAS

Si durante la ejecución del contrato la empresa promotora resolviese introducir en el Proyecto modificaciones que produzcan aumento o reducción y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el mismo o sustitución, siempre que éstas se comprendan en la contrata, serán obligatorias para el Contratista estas disposiciones, sin que tenga derecho alguno en caso de supresión o reducción de obra a reclamar ninguna indemnización.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Cuando las modificaciones supongan la introducción de unidades de obra no comprendidas en el proyecto o cuyas características difieran sustancialmente de ellas, los precios de aplicación a las mismas serán fijados por la empresa promotora y trasladada al Contratista para su aprobación.

Si éste no aceptase los precios fijados, el órgano de contratación podrá contratarlas con otro empresario en los mismos precios que hubiese fijado o ejecutarlas directamente.

Aquellas unidades de obra que no estuviesen incluidas o aquellos trabajos que no apareciesen especificados en el Pliego se ejecutarán de acuerdo con lo sancionado por la experiencia como reglas de buena construcción o ejecución, debiendo seguir el Contratista, escrupulosamente, las normas especiales que, para cada caso, señale el Director de Obra según su inapelable juicio.

### 3.3.12 PROGRAMA DE TRABAJO A PRESENTAR POR EL CONTRATISTA

Antes del comienzo de las obras, el Contratista someterá a la aprobación del Ingeniero Director el Plan de Obras que haya previsto, con especificación de los plazos parciales y fecha de terminación de las distintas instalaciones y unidades de obra, compatibles con el plazo total de ejecución.

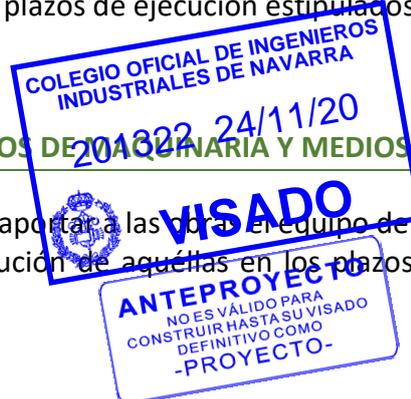
En el programa de trabajo a presentar en su caso, por el Contratista se deberán incluir los siguientes datos:

- Ordenación en partes o clases de obra de las unidades que integran el proyecto, con expresión de sus mediciones.
- Determinación de los medios necesarios tales como personal, instalaciones, equipos y materiales, con expresión de sus rendimientos medios.
- Estimación en días calendario de los plazos de ejecución de las diversas obras y operaciones preparatorias, equipo e instalaciones y de los de ejecución de las diversas partes o unidades de obra.
- Valoración semanal de la obra programada.
- Diagrama de las diversas actividades o trabajos.

La programación de los trabajos será actualizada por el Contratista cuantas veces sea requerido para ello por el Director de las Obras. No obstante, tales revisiones no eximen al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos de ejecución estipulados en el contrato de adjudicación.

### 3.3.13 APORTACION DE EQUIPOS DE MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

El Contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sea preciso para la buena ejecución de aquéllas en los plazos parciales y total convenidos en el contrato.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





En el caso de que para la adjudicación del contrato hubiese sido condición necesaria la aportación por el Contratista de un equipo de maquinaria y medios auxiliares concreto y detallado, el Director exigirá aquella aportación en los mismos términos y detalle que se fijaron en tal ocasión.

El equipo quedará adscrito a la obra en tanto se hallen en ejecución las unidades en que ha de utilizarse, en la inteligencia de que no podrá retirarse sin consentimiento expreso del Director y debiendo ser reemplazados los elementos averiados o inutilizados siempre que su reparación exija plazos que aquél estime que han de alterar el programa de trabajo.

Cada elemento de los que constituyen el equipo será reconocido por la Dirección, anotándose sus altas y bajas de puesta en obra en el inventario del equipo. Podrá también rechazar cualquier elemento que considere inadecuado para el trabajo en la obra, con derecho del Contratista a reclamar frente a tal resolución ante la empresa promotora en el plazo de diez días, contados a partir de la notificación que le haga por escrito el Director. El equipo aportado por el Contratista quedará de libre disposición del mismo a la conclusión de la obra, salvo estipulación contraria.

Toda la maquinaria de obra deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deberán satisfacer las condiciones del apartado 7C del anexo IV del R.D. 1.627/97 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

### 3.3.14 MATERIAL DE REPUESTO

El Contratista se obligará (dentro del precio establecido en el contrato) a aportar a la empresa promotora el material de repuesto que se indica a continuación. Este material podrá ser utilizado durante el periodo de garantía de la instalación, en caso de necesidad por avería en la misma, debiendo en tal caso ser repuesto por el propio Contratista en un plazo inferior a 15 días desde su utilización.

- Módulos fotovoltaicos: 100 ud. de las mismas características de los empleados en la instalación.
- Conectores módulos: 50 ud. de conectores DC entre módulos fotovoltaicos.
- Inversores: 1 juego del material de repuesto recomendado por el fabricante del inversor. El listado será propuesto por la empresa promotora tras la consulta al fabricante.
- Seguidores: 3 motores de giro con sus correspondientes placas fotovoltaicas de alimentación de los motores de giro, en su caso.
- Caja de conexión de paralelo: 5 ud. de las mismas características que las empleadas en la instalación.
- Estación meteorológica: 1 ud. de redonda fotovoltaica compatible para instalación en horizontal y/o coplanaria. 1 ud. de sensor de temperatura ambiente. 1 ud. de sensor de temperatura de módulo. 1 ud. de termómetro.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Media tensión: 1 juego de tres unidades de botellas de conexión de interior para cabinas. 1 juego de tres unidades de botellas de exterior para conexión a transformadores. 1 juego de tres unidades de empalmes, conectores y manguitos. Todo este material será aportado para cada una de las secciones de conductor de MT empleada en la instalación. Para facilitar la realización de empalmes, el Contratista aportará igualmente un retal de 50 m de longitud de cada una de las secciones de conductor de MT empleada en la instalación.
- Sistema de seguridad: 1 ud. de juego de repuesto del material recomendado por la empresa ejecutora de la instalación, a solicitud realizada por la empresa promotora.

### 3.3.15 TERMINACION DE LAS OBRAS

Una vez terminados los trabajos de ejecución de las obras, se procederá a realizar su limpieza final, incluida la de los paneles fotovoltaicos.

Todas las instalaciones, caminos provisionales, depósitos o edificios construidos con carácter temporal deberán ser removidos, quedando los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

Todo ello se efectuará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas acorde con el paisaje circundante. La limpieza final y retirada de instalaciones se consideran incluidas en el Contrato y, por tanto, su realización no será objeto de abono directo.

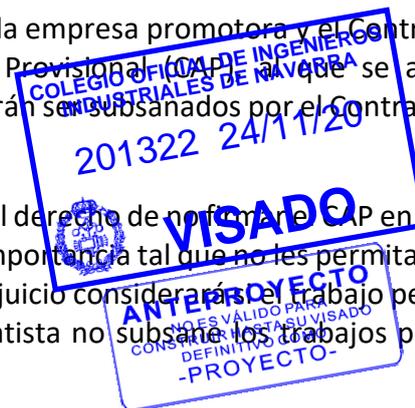
No se considerará que la obra esté terminada en tanto no se cumplan las condiciones anteriormente expuestas y se haya aportado por parte del Contratista el material de re-puesto indicado en el apartado anterior.

### 3.3.16 RECEPCION DE OBRA Y PLAZO DE GARANTIA

La recepción de las obras tendrá lugar dentro del mes siguiente de haberse producido la entrega de las obras, y a la misma concurrirán un facultativo designado por la empresa promotora, el facultativo encargado de la dirección de las obras y el Contratista, asistido, si lo estima oportuno, de su facultativo.

Tras la inspección por parte de la empresa promotora y el Contratista, se procederá con la firma de un Certificado de Aceptación Provisional (CAP) que se anejará un listado de actuaciones pendientes menores, que deberán ser subsanados por el Contratista en un plazo de 30 días a contar desde la firma del CAP.

La empresa promotora tendrá el derecho de no firmar el CAP en caso de que los trabajos pendientes de obra se consideren de una importancia tal que no les permita ser calificados como menores. Será la Dirección de Obra quien a su juicio considere si el trabajo pendiente puede considerarse menor o no. En caso de que el Contratista no subsane los trabajos pendientes menores indicados en el



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





párrafo anterior, la firma del CAP se considerará invalidada y por tanto, no se habrá producido la recepción provisional de la obra.

El plazo de garantía se fija en:

- 24 meses en el concepto de construcción de la instalación
- Garantías particulares de cada componente.

Estos plazos comenzarán a contarse a partir de la firma efectiva del CAP. En tanto no se haya producido el vencimiento del plazo de garantía y cumplido satisfactoriamente el contrato, o resuelto este sin culpa del Contratista, no será devuelta o cancelada la garantía aportada.

Durante el plazo de garantía, el Contratista queda obligado a su costa a la conservación y policía de las obras, siendo responsable de los daños que en ella se produzcan como consecuencia del uso normal de las mismas, siguiendo en su caso, las instrucciones que reciba de la empresa promotora; y estando incluidos en estos conceptos, en todo caso, el mantenimiento de un servicio de vigilancia y conservación.

El Contratista responderá de los daños o deterioros que puedan producirse en la obra, a no ser que pruebe que los mismos han sido ocasionados por el mal uso que de aquella hubieran hecho los usuarios o la entidad encargada de la explotación y no al incumplimiento de sus obligaciones de vigilancia y policía de la obra; en dicho supuesto tendrá derecho a ser reembolsado del importe de los trabajos que deban realizarse para restablecer en la obra las condiciones debidas, pero no quedará exonerado de la obligación de llevar a cabo los citados trabajos.

Dentro del plazo de quince días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía de construcción de la instalación, el Director de la Obra, de oficio o a instancia del Contratista, redactará un informe sobre el estado de las obras. Si éste fuera favorable, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad, procediéndose a la devolución o cancelación de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes que deberá efectuarse en el plazo de sesenta días.

Llegada la fecha de vencimiento del plazo de garantías de construcción y con el visto bueno del Director de Obra indicado anteriormente, se procederá a la firma del Certificado de Aceptación Definitiva (CAD) entre la CRVIG y el Contratista.

En el caso de que el informe del Director de Obra no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra o a su conservación y/o policía y no al uso de lo construido, durante el plazo de garantía, el Director facultativo procederá a dictar las oportunas instrucciones al Contratista para la debida reparación de lo construido, concediéndole un plazo para ello durante el cual continuará encargado de la conservación de las obras, sin derecho a percibir cantidad alguna por ampliación del plazo de garantía. En este plazo adicional se mantendrán las condiciones de garantías establecidas tras la firma del CAP.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11 2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



### 3.3.17 CERTIFICACION Y LIQUIDACION FINAL

Dentro del plazo de tres meses, contados a partir de la recepción definitiva de la obra, el Director de Obra deberá aprobar la certificación final de las obras ejecutadas, que se abonará al Contratista a cuenta de la liquidación del contrato.

Transcurrido el plazo de garantía, si el informe del Director de la Obra sobre el estado de las mismas es favorable o, en caso contrario, una vez reparado lo construido, éste formulará en el plazo de un mes la propuesta de liquidación de las obras realmente ejecutadas, que será notificada al Contratista, para que en plazo de diez días manifieste su conformidad o reparo.

Dentro del plazo de sesenta días, contados a partir de la contestación del Contratista o del transcurso del plazo establecido para tal fin, el órgano de contratación aprobará la liquidación y abonará, en su caso, el saldo resultante de la misma.

### 3.4 CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR MATERIALES, HERRAMIENTA Y MAQUINARIA

En general, serán válidas todas las prescripciones referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales y su mano de obra que aparecen en las Instrucciones, Pliegos de Prescripciones Técnicas Generales y Normas Oficiales que reglamentan la recepción, transporte, manipulación y empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en las obras del presente Proyecto. El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de modo que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro en sus formas o dimensiones.

Todos los materiales empleados en estas obras deberán reunir las características indicadas en el presente Pliego, en el Cuadro de Precios o en cualquier otro documento del Proyecto y merecer la conformidad del Director de las Obras, quien, en función de su criterio, se reserva el derecho de ordenar que sean retirados o reemplazados, dentro de cualquiera de las épocas de la obra o de sus plazos de garantía, los productos, elementos, materiales, etc., que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

La Empresa Contratista podrá proveerse de materiales y aparatos en las obras objeto de este Pliego, en los puntos en que le parezca conveniente, siempre que reúnan las especificaciones técnicas exigidas en el proyecto.

#### 3.4.1 ACOPIO DE MATERIALES

La empresa Contratista está obligada a hacer acopio en correctas condiciones de los materiales que requiera para la ejecución de la obra en el ritmo y calidad exigidos por el contrato.

La empresa Contratista deberá prever el lugar, forma y manera de realizar los acopios de los distintos tipos de materiales y de los productos para posterior empleo, de acuerdo con las



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





prescripciones establecidas en este Pliego y siguiendo, en todo caso, las indicaciones que pudiera hacer el Director.

La empresa Contratista propondrá al Director, para su aprobación, el emplazamiento de las zonas de acopio de materiales, con la descripción de sus accesos, obras y medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

- Las zonas de acopio deberán cumplir las condiciones mínimas siguientes:
- Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.
- Estarán provistos de los dispositivos y obras para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.
- Los acopios se dispondrán de forma que no se merme la calidad de los materiales, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.
- Se adoptarán las medidas necesarias para prevenir riesgos de daños a terceros.
- Todas las zonas utilizadas para acopio deberán quedar al término de las obras en las mismas condiciones que existían antes de ser utilizadas como tales. Será de cuenta y responsabilidad de la empresa contratista la retirada de todos los excedentes de material acopiado.

Todos los gastos de establecimiento de las zonas de acopio y sus accesos, los de su utilización y restitución al estado inicial, correrán por cuenta de la empresa Contratista. El Director podrá señalar a la empresa adjudicataria un plazo para que retire de los terrenos de la obra los materiales acopiados que ya no tengan empleo en la misma. En caso de incumplimiento de esta orden podrá proceder a retirarlos por cuenta y cargo de la empresa contratista.

### 3.4.2 RECEPCION DE LOS MATERIALES

Los materiales que hayan de constituir parte integrante de las unidades de la obra definitiva, los que la empresa contratista emplee en los medios auxiliares para su ejecución, así como los materiales de aquellas instalaciones y obras auxiliares que total o parcialmente hayan de formar parte de las obras objeto de contrato, tanto provisionales como definitivas, deberán cumplir las especificaciones establecidas en este Pliego.

El Director definirá, en conformidad con la legislación oficial vigente, las características de aquellos materiales para los que no figuren especificaciones correctas en este Pliego, de forma que puedan satisfacer las condiciones de funcionalidad y calidad de la obra a ejecutar.

La empresa adjudicataria notificará a la Dirección, con la suficiente antelación, la procedencia y características de los materiales que se propone utilizar, a fin de que la Dirección determine su idoneidad.

El Contratista está obligado a avisar a la Dirección Facilitativa de las procedencias de los materiales que vayan a ser utilizados con anticipación al momento de su empleo, para su aceptación o rechazo.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Cualquier trabajo que se realice con materiales no aprobados podrá ser considerado como defectuoso.

La empresa adjudicataria deberá presentar, para su aprobación, muestras, catálogos fichas técnicas y certificados de homologación de los productos y equipos, identificados por marcas o patentes. La calidad de los materiales que hayan sido almacenados o copiados deberá ser comprobada en el momento de su utilización para la ejecución de las obras, mediante pruebas y ensayos correspondientes, siendo rechazados los que en ese momento no cumplan las prescripciones establecidas.

### 3.4.3 ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

La empresa Contratista debe instalar en la obra y por su cuenta los espacios, cubiertas, almacenes, etc, precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo lo que, al respecto, indique el presente Pliego o, en su defecto las instrucciones que, en su caso, reciba de la Dirección Facultativa.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento y que pueda asegurarse el control de calidad con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados antes de su empleo en obra.

### 3.4.4 EXAMEN DE LOS MATERIALES

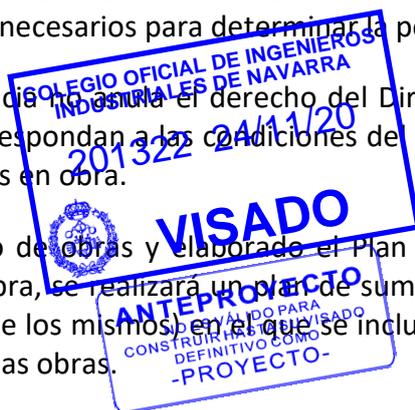
Todos los materiales que hayan de emplearse en la ejecución de las obras deberán reunir las características indicadas en este Pliego y en los Cuadros de Precios, y merecer la conformidad del Director de Obra, o persona en quien delegue, aun cuando su procedencia esté fijada en el Proyecto.

El Director de Obra tiene la facultad de rechazar en cualquier momento aquellos materiales que considere no responden a las condiciones del Pliego, o que sean inadecuados para el buen resultado de los trabajos.

Los materiales rechazados deberán eliminarse de la obra dentro del plazo que señale su Director. El Contratista, notificará con suficiente antelación al Director de Obra la procedencia de los materiales, aportando las muestras y datos necesarios para determinar la posibilidad de su aceptación.

La aceptación de una procedencia no otorga el derecho del Director de Obra a rechazar aquellos materiales que, a su juicio, no respondan a las condiciones del Pliego, aún en el caso de que tales materiales estuvieran ya puestos en obra.

Una vez adjudicado el contrato de obras y elaborado el Plan de Seguridad y Salud, también se revisará la planificación de la obra, se realizará un plan de suministros de materiales (autocontrol del Contratista y de recepción de los mismos) en el que se incluirán los certificados del fabricante, que se entregará al Director de las obras.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





La aceptación inicial de los materiales no excluye el que posteriormente puedan ser rechazados total o parcialmente por no cumplir las características previstas, al realizar los ensayos correspondientes.

### 3.4.5 ENSAYOS Y PRUEBAS

Los ensayos, análisis o pruebas a que haya que someter los materiales e instalaciones se realizarán en la forma, y con la frecuencia que indican las instrucciones del Ingeniero Director basadas en las recomendaciones para el desarrollo de los Planes de Control de la Calidad de los materiales.

En relación con los productos importados de otros estados miembros de la Unión Europea, aun cuando su designación y, eventualmente, sus marcajes fuesen distintos de los indicados en el presente Pliego, no será precisa la realización de nuevos ensayos si de los documentos que acompañen a dichos productos se desprendiera claramente que se trata, efectivamente, de productos idénticos a los que se designan en España de otra forma.

Se tendrá en cuenta, para ello, los resultados de los ensayos que hubieran realizado las autoridades competentes de los citados Estados, con arreglo a sus propias normas. Si una partida fuere identificable, y el Contratista presentare una hoja de ensayos suscrita por un laboratorio aceptado por el Ministerio de Fomento, o por otro Laboratorio de pruebas u Organismo de control o certificación acreditado en un Estado miembro de la Unión Europea, sobre la base de las prescripciones técnicas correspondientes, se efectuarán únicamente los ensayos que sean precisos para comprobar que el producto no ha sido alterado durante los procesos posteriores a la realización de dichos ensayos.

Será obligación del Contratista avisar al Director de las obras con antelación suficiente del acopio de los materiales que pretende utilizar en la ejecución de las obras, para que puedan ser realizados a tiempo los ensayos oportunos.

La naturaleza y frecuencia de los ensayos y/o controles a realizar, tanto para la recepción de los materiales y acopios como de las distintas unidades o conjunto de ellas, se hará siguiendo las indicaciones siguientes:

- Certificación de hormigón: Se realizará el control en base a la instrucción estructural recogida en el R.D. 2.661/1998, de 11 de diciembre, concretamente en base a la Instrucción EHE-08.
- Certificación de viales: Se realizará en base al PG3; Pliego de condiciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.
- Certificación de cableado: Cumplimiento de cumplimiento de normativa IEC y marcado CE. Se exigirá certificado de aprobación al fabricante.
- Módulos fotovoltaicos: Cumplimiento de normativa IEC-61215 y marcado CE. Se exigirá certificado de aprobación al fabricante. El Director de Obra elegirá un 1% de los módulos fotovoltaicos y el Contratista encargará un laboratorio homologado con la verificación del cumplimiento de las especificaciones del fabricante.





- Inversores: Cumplimiento normativa IEC 62116, grado de protección IP65. Rendimiento máximo superior al 98.5%. Marcado CE y certificado por parte del fabricante en el que indique el grado de cumplimiento en cuanto a protección de máxima y mínima tensión de salida en alterna y protección de máxima y mínima frecuencia, todo ello conforme a la ITC-BT-40, del R.D. 842/2002, de 2 de agosto.
- Estructura: Galvanizado: Certificado de cumplimiento UNE-EN/ISO 1461, UNE-EN 14713. Sistema de seguimiento: verificación de la correcta alineación de los seguidores, comprobando que no existan desviaciones entre seguidores.
- Pruebas de puesta en marcha, criterios de prueba y documentación para la recepción de la instalación fotovoltaica conforme a la norma DIN EN 62446.

El coste de estos ensayos (Plan autocontrol o Plan de Control de la Producción a realizar) será de cuenta del Contratista, hasta un importe máximo del 1% de presupuesto de la obra, salvo que el mismo indicase lo contrario.

El Contratista pondrá a disposición del Director de Obra las cantidades de material necesarias para la realización de las pruebas. En caso de que aquél no se mostrase conforme con los resultados, podrán repetirse en un laboratorio oficial, siendo de su cuenta si se llega a la conclusión de que son rechazables.

### 3.4.6 MATERIALES QUE NO REUNAN LAS CONDICIONES NECESARIAS

Cuando los materiales no reúnan las condiciones establecidas en el artículo anterior, o se demuestre que no son adecuados para el objeto a que se les destina, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que, a su coste, los reemplace por otros que las reúnan o que sirvan para el uso a que se han de aplicar.

Todo material que haya sido rechazado será retirado de la obra inmediatamente, salvo autorización expresa del Director. Cualquier trabajo que se realice con materiales no ensayados o no aprobados por el Director, podrá ser considerado como defectuoso.

### 3.4.7 MATERIALES DEFECTUOSOS QUE RESULTEN ACEPTABLES

Si los materiales fueran defectuosos, pero aceptados a juicio del Ingeniero Director, se podrán aplicar con la rebaja en el precio que repercutirá sobre la unidad de obra que contradictoriamente se determine.

En caso de no llegar a un acuerdo, el Contratista no tendrá otra opción que la de sustituir a su costa los materiales defectuosos, por otros con arreglo a condiciones.





### 3.4.8 MATERIALES NO ESPECIFICADOS

Los materiales que hayan de emplearse en las obras sin que se hayan especificado en este Pliego, no podrán ser utilizados sin haber sido reconocidos previamente por el Director de Obra, quién podrá admitirlos o rechazarlos, según reúnan o no las condiciones que, a su juicio, sean exigibles y sin que el Contratista tenga derecho a reclamación alguna.

### 3.5 DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Los siguientes criterios mínimos de suministro e instalación de los equipos y componentes principales del conjunto de la instalación solar deben respetarse en todas las fases de construcción de la misma.

En caso de propuesta de cambio por parte del Contratista, este debe comunicarlo previamente a la dirección facultativa, que debe ser la figura que acepte dicho cambio.

#### 3.5.1 MODULOS FOTOVOLTAICOS

El contratista proporcionará la cantidad de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos de 72 células del fabricante expuesto en la memoria técnica o de similares características técnicas, de manera que se adapte perfectamente al diseño planteado y al correcto funcionamiento del resto de componentes.

La propuesta de instalación de un módulo diferente al expuesto en la memoria técnica debe ser comunicada a la dirección facultativa, de manera que de la aprobación a su instalación.

Los requisitos técnicos y condiciones mínimas a contemplar en el suministro de los módulos fotovoltaicos en la instalación de la planta fotovoltaica se establecen a continuación:

- Material de construcción: células de silicio monocristalinos con una potencia pico  $\geq 450Wp$  en condiciones estándar (STC), con catalogación de clase A.
- La eficiencia del módulo no debe ser menor a 20% en condiciones STC y correspondiendo a una eficiencia de célula no menor a 22% en STC. La eficiencia del módulo se define como la relación de la potencia de salida del módulo a la irradiancia incidente perpendicular a la superficie del módulo PV incluyendo el cableado.
- La eficiencia del módulo con una irradiancia  $1.000W/m^2$  o superior, será el 100% de la especificada a una temperatura de  $25^\circ C$ .
- Los módulos deben estar provistos de una garantía sobre la potencia pico según STC, con una degradación lineal del 80% en 25 años.
- Hasta la entrega de los módulos en obra, el Contratista presentará los flash test en formato electrónico (Excel) donde se mostrarán datos de rendimiento en STC para cada módulo. El

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Contratista debe proporcionar una hoja de cálculo resumen donde aparezca la capacidad total de la planta.
- Las células fotovoltaicas de los módulos se activarán con el espectro solar tal y como se define en STC según IEC61215 y según normas ANSI.
  - La caja de conexiones de los módulos deberá incluir diodos de derivación para proteger contra el sombreado parcial y módulo de sobrecalentamiento, así como cables móviles equipados con conectores multicontact con aislamiento IP67 tipo pasador (MC) o equivalente.
  - Los cables del módulo instalados en fábrica deberán ser lo suficientemente largo para permitir que los módulos estén interconectados eléctricamente en serie para formar los strings.
  - Los módulos fotovoltaicos deben ser capaces de operar bajo temperaturas extremas (-10 ° C a + 50 ° C) y humedad (15% a 95%), diseñados para garantizar la máxima fiabilidad posible en funcionamiento requerido durante la vida útil del sistema.
  - Cada módulo deberá estar dotado de una placa de características técnicas como es requerido por la norma IEC 61215 y IEC61730 y la ANSI correspondiente. Los datos mínimos que deben aparecer en esta placa son potencia (Wp), intensidades (Imp, Isc), voltajes (Vmp, Voc), nº de serie, tolerancias, etc.; También deben proporcionarse en la temperatura nominal de funcionamiento de célula (NOCT) que indica la pérdida de porcentaje de potencia en función de la temperatura. La pérdida de potencia porcentaje no será superior a 0,5% por grados Celsius (° C) lejos de la STC.
  - El contratista presentara las curvas de funcionamiento Intensidad – Voltaje (curvas I-V) tomadas a 25 ° C durante un mínimo de cuatro diferentes niveles de irradiación entre 200 W/m2 y 1000 W/m2.
  - La superficie frontal de la encapsulación de módulos fotovoltaicos deberá estar protegido con vidrio de seguridad templado de alta transparencia de bajo contenido en hierro y puede tener un recubrimiento antirreflectante aplicado por el fabricante. La cubierta de vidrio tendrá una fuerte resistencia a los choques pesados, estrés térmico y cargas de viento.
  - Las células solares en la parte posterior deberán estar protegidas de la tensión mecánica y la humedad a través de la encapsulación en un material plástico de alta claridad que es lo suficientemente flexible como para permitir las dilataciones y contracciones. Este material deberá estar libre de burbujas y grietas.
  - Los módulos fotovoltaicos deben estar certificados de resistencia a un aumento de la carga mecánica distribuida de 5400 Pa en la superficie frontal de vidrio.
  - El panel fotovoltaico estará armado con un marco de aluminio anodizado, de manera que proteja todo el conjunto encapsulado y sirva de bastidor para permitir un montaje mecánico correcto sobre la estructura portante.
  - La construcción del marco de cada módulo fotovoltaico será el adecuada para permitir contracciones térmicas y expansiones de la cubierta de cristal del módulo FV.





- Para evitar la corrosión galvánica debido a la acción electrolítica entre los diferentes materiales, cualquier contacto entre metales diferentes en el marco del módulo fotovoltaico debe estar completamente aislado eléctricamente.
- Los componentes eléctricos activos dentro de cada módulo fotovoltaico deberán estar aislados eléctricamente de la carcasa de metal (marco), la cubierta posterior y la superficie del cristal frontal. El aislamiento debe soportar 1500 voltios de CC entre los cables de salida del módulo y la estructura metálica, la parte trasera y las cubiertas delanteras.

### NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Mercado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. •IEC 61215 / IEC 61730: VDE / MCS / CE
- UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
- UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE
- UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1
- IEC 60068-2-68: SGS •ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001

El Contratista aleatoriamente tiene que seleccionar el 1% de los módulos fotovoltaicos y encargar un laboratorio homologado con la verificación del cumplimiento de las especificaciones del fabricante.

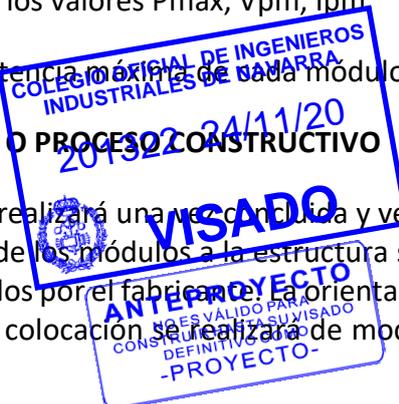
### TOLERANCIAS Y CONDICIONES DE ACEPTACIÓN, RECHAZO O PENALIZACIÓN

Para aceptar el material, deberá disponer de los documentos acreditativos del cumplimiento de la normativa, así como venir acompañado de un flash-report, que incluya al menos el modelo y número de serie de los paneles y los valores Pmax, Vpm, Ipm

La tolerancia admitida para la potencia máxima de cada módulo fotovoltaico será: 0~+5 W.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

La instalación de los módulos se realizará una vez concluida y verificada la correcta ejecución de su estructura y soporte. La fijación de los módulos a la estructura se realizará según el procedimiento y puntos de anclajes recomendados por el fabricante. La orientación de los módulos será la indicada en el proyecto de ejecución y su colocación se realizará de modo que sea posible la interconexión



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIIN



de los módulos mediante su propio cableado, evitando los posibles obstáculos que la estructura pueda suponer.

### MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se realizará por personal cualificado y formado previamente, empleando los medios de elevación y protección individual necesarios para evitar caídas a distinto nivel. Tras la colocación de los módulos en las estructuras, se habrá de verificar la correcta alineación y perfecto estado. Se procederá con la limpieza del campo fotovoltaico una vez concluidos los trabajos y previo a la recepción provisional de la instalación.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Cuando está expuesto a la luz solar directa, un solo módulo puede generar más de 30 V de CC. El contacto con una tensión de 30 V o más de CC es peligroso.

### FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas hasta completar la potencia a conectar por inversor y puesta en marcha según especificaciones de Proyecto.

### GARANTÍA

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 25 años. La garantía de rendimiento se establecerá sobre la potencia pico según STC, con una degradación lineal del 80% en 25 años, siendo de un mínimo del 90% al décimo año.

### 3.5.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE – SEGUIDORES SOLARES

El contratista proporcionará el suministro e instalación del seguidor solar de funcionamiento a 1 eje horizontal del fabricante expuesto en la memoria técnica o de similares características técnicas, de manera que se adapte perfectamente al diseño planteado y al correcto funcionamiento del resto de componentes.

La propuesta de suministro e instalación de un seguidor solar diferente al expuesto en la memoria técnica debe ser comunicada a la dirección facultativa, de manera que de la aprobación a su instalación.

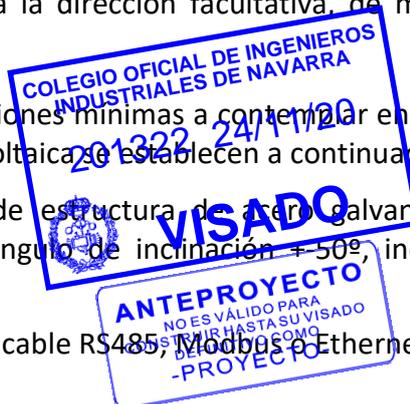
Los requisitos técnicos y condiciones mínimas a contemplar en el suministro del seguidor solar en la instalación de la planta fotovoltaica se establecen a continuación:

- Suministro y montaje de estructura de acero galvanizado, con seguimiento a un eje horizontal este-oeste, ángulo de inclinación  $+50^\circ$ , incluido motor de giro con sistema autónomo.
- Comunicación mediante cable RS485, Modbus y Ethernet.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Configuración con 3 paneles en horizontal.
- Adaptación al terreno este-oeste independiente, norte-sur 10%. Sistema de anclaje hincado/tornillo con al menos 2,5 metros de profundidad, no requerirá sistema de alimentación exterior.
- Suministro y montaje de instalación eléctrica propia del seguidor solar y cuadros de control correspondientes. Incluidas conexiones a cimentación si fuera necesaria.
- Grapas para fijación de paneles solares al propio seguidor solar.
- Reparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.
- Perforación e hincado directo a profundidad de 2,5 m. Totalmente montado y fijado.

Cualquiera que sea el fabricante que finalmente se decida, deberá garantizar la estabilidad, resistencia y protección de las estructuras por un periodo mínimo de 25 años desde la fecha de firma del acta de recepción.

#### NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Código Técnico de la Edificación
- Norma UNE-EN/ISO 1461 / resistencia anticorrosiva Magnelis® ZM310 o superior
- Norma UNE-EN 14713
- ASCE 7-05
- EN-1090
- ISO 9001

#### TOLERANCIAS Y CONDICIONES DE ACEPTACIÓN, RECHAZO O PENALIZACIÓN

Tolerancias y condiciones acorde al contrato a suscribir.

#### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Previo al hincado de la estructura, deberá realizarse el ensayo de hincado y resistencia al arranque. Igualmente se realizarán ensayos físico-químicos del terreno para verificar la agresividad del terreno y la no afección a la estructura.

Solo una vez que su resultado resulte favorable, comprobando la idoneidad del tipo de cimentación seleccionada y su profundidad de hincado, se comenzará a ejecutar la estructura. Justificación mediante informes aceptados por la Dirección de Obra

#### MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Se emplearán los medios necesarios para la ejecución e hincado de la estructura que marque en sus recomendaciones el fabricante. Las hincas serán de una longitud tal que permita alcanzar las profundidades de hincado exigidas por el fabricante y cuenten con un margen tal que permita que la alineación de las mismas y la adecuación a las ondulaciones del terreno sin que se produzcan saltos considerables que afecten estéticamente a la instalación.

### GARANTÍA EXIGIDA

El Contratista aportará certificado de ensayos a la estructura y de medición de espesor de galvanizado. Se deberá alcanzar un espesor igual o superior al indicado la normativa. La garantía ofrecida por el fabricante de las estructuras deberá ser como mínimo igual a la vida útil de la instalación, es decir, un mínimo de 25 años, frente a corrosión y daños estructurales.

### 3.5.3 POWER STATION - INVERSORES DE CORRIENTE Y CENTRO DE TRANSFORMACION

El contratista proporcionará el suministro e instalación de las centrales de inversores y centro de transformación (Power-Station) siguiendo el modelo y fabricante expuesto en la memoria técnica o en caso de otro modelo y/o fabricante de similares características técnicas, de manera que se adapte perfectamente al diseño planteado y al correcto funcionamiento del resto de componentes.

La propuesta de suministro e instalación de una Power Station diferente a las expuestas en la memoria técnica debe ser comunicada a la dirección facultativa, de manera que de la aprobación a su instalación.

### NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EJECUCIÓN Y CONTROL

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como ruidos, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.
- IEC 60076
- IEC/EN 62271-200
- Clase de protección anticorrosiva C5-M según ISO 12944



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

La ejecución de las unidades incluirá la puesta en marcha y programación del inversor, así como la conexión al sistema de monitorización de la instalación y verificación de correcta de la comunicación con el mismo.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Las estaciones inversoras se dispondrán sobre una solera de hormigón, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Seguir las condiciones de instalación recogidas en el manual de instalación y puesta en marcha del propio fabricante.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medida unidad realmente ejecutada según las especificaciones del proyecto.

## GARANTÍA

Estarán garantizados por el fabricante por un periodo mínimo de 5 años.

Debido a la naturaleza del proyecto, los inversores serán de funcionamiento Outdoor, estando equipados con una protección contra el polvo.

La suma de la potencia de salida del conjunto de los inversores estará limitada a la capacidad de evacuación concedida en el punto de conexión, con el fin de cumplir con cualquier requisito técnico de la compañía distribuidora, así como las normas y reglamentos nacionales.

### 3.5.4 CUADROS DE STRING

El contratista proporcionará el suministro e instalación de los cuadros de string descritos en la memoria técnica y en sus planos anexos, con componentes de fabricantes de primer nivel, manteniendo las características técnicas expuestas de manera que se adapte perfectamente al diseño planteado y al correcto funcionamiento del resto de componentes.

La propuesta de suministro e instalación de cuadros de string de diferentes características a las expuestas en la memoria técnica debe ser comunicada a la dirección facultativa, de manera que de la aprobación a su instalación.

Estos cuadros eléctricos de string incluirán fusibles de protección en polo positivo para cada serie de módulos solares, un descargador de sobretensión de categoría II y un seccionador de corte en

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





carga para la salida, y serán de envolvente metálica o de poliéster, con un grado de estanqueidad IP65. La configuración eléctrica viene detallada en los esquemas unifilares en el apartado de planos del presente proyecto.

Todos los elementos a emplear tendrán una tensión de diseño de 1500 Vcc., acorde a la tensión de diseño de modulo solar e inversores.

Con el fin de poder realizar un estricto seguimiento y control de la planta fotovoltaica, los componentes del cuadro de string deben ser monitorizables y de este modo poder visualizar en el scada de control las siguientes variables:

- Intensidad de circuito string de la serie de módulos solares (Amperios).
- Voltaje del bus de Corriente Continua (Voltios).
- Estado del Descargador de Sobretensiones (On-Off).
- Estado del Seccionador de Corte en Carga (On-Off).

Los cuadros de string estarán contruidos bajo la normativa IEC61439 y contarán con marcado CE, con sus principales características:

- Instalación exterior
- $IP \geq 65$
- Resistencia UV
- Libre de halógenos
- Protección de aislamiento
- Protección contra sobretensiones
- Etiquetados y codificados todo el cableado.
- Temperatura  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa entre - 15 to 95 %
- Estarán conectados al Sistema de monitorización con una de las siguientes interfaces:
  - RS485, o equivalente
  - Intensidad de corriente de string (max. 2 strings por canal de medida)

Todos los cuadros deben montarse para que sean accesibles y tengan una distancia mínima de 800 mm entre la parte inferior de la carcasa y el suelo.

Los fusibles de string deberán estar sobredimensionados un 50%.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

La ejecución de las unidades incluirá la conexión, puesta en marcha y programación de los equipos de comunicaciones, así como la conexión al sistema de monitorización de la instalación y verificación de correcta de la comunicación con el mismo.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los cuadros de string se dispondrán sobre los pilares de la estructura metalica de los seguidores solares. En caso de no ser posible, se realizara un hincado de estructura para generar un pilar de anclaje.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Seguir las condiciones de instalación recogidas en el manual de instalación y puesta en marcha del propio fabricante.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medida unidad realmente ejecutada según las especificaciones del proyecto.

## GARANTÍA

Estarán garantizados por el fabricante por un periodo mínimo de 5 años.

### 3.5.5 CUADROS ELECTRICOS DE MANIOBRA Y PROTECCION

El contratista deberá suministrar, instalar y conexionar los cuadros de protección y maniobra de los receptores o generadores que componen la planta fotovoltaica.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto.

Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos.

La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5% sobre el valor nominal.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
VNIIOO



En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobre intensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobre intensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para protección a cortocircuitos.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse.

Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominal de trabajo. No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante número que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

La ejecución de las unidades incluirá la conexión, puesta en marcha y programación de los equipos de comunicaciones, así como la conexión al sistema de monitorización en caso de que este equipado y verificación de correcta de la comunicación con el mismo.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINN



## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los cuadros de eléctricos se dispondrán sobre paramentos verticales de obra o sobre los pilares de la estructura metálica de los seguidores solares. En caso de no ser posible, se realizara un hincado de estructura para generar un pilar de anclaje.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Seguir las condiciones de instalación recogidas en el manual de instalación y puesta en marcha del propio fabricante.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medida unidad realmente ejecutada según las especificaciones del proyecto.

## GARANTÍA

Estarán garantizados por el fabricante por un periodo mínimo de 2 años.

### 3.5.6 RECEPTORES ELECTRICOS (luminarias y motores)

Los receptores de alumbrado serán luminarias conforme a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los receptores de motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad de 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los receptores eléctricos se dispondrán en los puntos detallados en el proyecto.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Seguir las condiciones de instalación recogidas en el manual de instalación y puesta en marcha del propio fabricante.

### FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medida unidad realmente ejecutada según las especificaciones del proyecto.

### GARANTÍA

Estarán garantizados por el fabricante por un periodo mínimo de 2 años.

### 3.5.7 CABLEADO DE BAJA TENSION DE CORRIENTE CONTINUA

Los conductores de aluminio o cobre enterrados y/o aéreos de CC han sido dimensionados y están expuestos en los diferentes apartados del presente proyecto de manera que se cumpla con el requisito de que la caída de tensión máxima en los conductores eléctricos desde el modulo solar hasta el equipo de medida en el punto de frontera no supere el 2%.

En todo momento se deben respetar los trazados y secciones expuestas en el proyecto.

#### 3.5.7.1 CONDUCTORES DE CC ENTRE MODULOS Y CUADROS DE STRING

El contratista deberá suministrar, instalar y conexionar el cable eléctrico que une las series o string de módulos solares con el cuadro de string correspondiente.

Se trata de conductor de cobre Cu, resistente a la intemperie, de 4 a 10 mm<sup>2</sup> de sección, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión en corriente continua 0.6/1 kv AC y 1.8 kV DC, con conductor de cobre, flexible (clase 5), aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro para negativo y rojo para positivo, y con las siguientes características:

- No propagación de la llama.
- Baja emisión de humos opacos
- Libre de halógenos,
- Nula emisión de gases corrosivos,
- Resistencia a la absorción de agua,
- Resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta,
- Resistencia a los agentes químicos,
- Resistencia a las grasas y aceites,
- Resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión.





## NORMATIVA DE APLICACION

- UNE-EN 60228
- UNE-EN 503663-1
- UNE-EN 50363-1

## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizará el tendido de los conductores según las indicaciones recogidas en el proyecto de ejecución, para lo cual se emplearán las canalizaciones y/o sujeciones indicadas en el mismo.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En su trazado, el cableado estará anclado a la estructura mediante bridas en los tramos aéreos y bajo canalización en los tramos subterráneos. En su disposición, quedarán debidamente recogidos y ordenados.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se evitará durante el tendido y fijación de los conductores, los roces con los mismos y los daños en la pantalla exterior del mismo. Se cumplirán con los radios de curvatura mínimos indicados en las fichas de características del fabricante. Las canalizaciones entubadas serán selladas en ambos extremos para evitar la entrada de agua y daños por roedores.

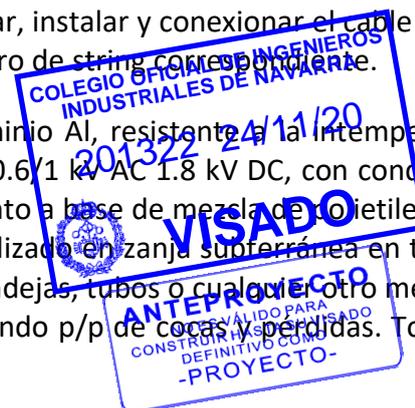
## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Teniendo en cuenta que un metro se corresponde con un metro de cada color; rojo para positivo y negro para negativo. No se tendrán en cuenta cocas o pérdidas de material, empalmes ni demás mermas que pudieran darse.

### 3.5.7.2 CONDUCTORES DE CC ENTRE CUADROS DE STRING E INVERSORES

El contratista deberá suministrar, instalar y conexas el cable eléctrico que une las series o string de módulos solares con el cuadro de string correspondiente.

Se trata de conductor de aluminio Al, resistente a la intemperie, de 70 a 400 mm<sup>2</sup> de sección, tensión en corriente continua 0.6/1 kV AC 1.8 kV DC, con conductor de aluminio flexible (clase 2) según UNE EN 60228, aislamiento a base de mezcla de caucho etileno reticulado (CLPE) según UNE HD 603-1 libre de halógenos. Canalizado en zanja subterránea en tubo reforzado, o en tramos aéreos sujeto a la estructura sobre bandejas, tubos o cualquier otro medio para que queden debidamente recogidos y ordenados. Incluyendo p/p de cocas y pérdidas. Totalmente montado, conexas y probado.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizará el tendido de los conductores según las indicaciones recogidas en el proyecto de ejecución, para lo cual se emplearán las canalizaciones y/o sujeciones indicadas en el mismo.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En su trazado, el cableado estará apoyado sobre bandejas o canalizado en tubos sujetos a la estructura mediante bridas en los tramos aéreos y bajo canalización en los tramos subterráneos. En su disposición, quedarán debidamente recogidos y ordenados.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se evitará durante el tendido y fijación de los conductores, los roces con los mismos y los daños en la pantalla exterior del mismo. Se cumplirán con los radios de curvatura mínimos indicados en las fichas de características del fabricante. Las canalizaciones entubadas serán selladas en ambos extremos para evitar la entrada de agua y daños por roedores.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Teniendo en cuenta que un metro se corresponde con un metro de cable tendido y conexionado. No se tendrán en cuenta cocas o pérdidas de material, empalmes ni demás mermas que pudieran darse.

### 3.5.8 CABLEADO DE BAJA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA

El contratista deberá suministrar, instalar y conexionar el cable eléctrico que une los inversores con el transformador de potencia. En caso de que se suministre la Power Station conectada desde fabrica, este cableado lo aportara el fabricante del inversor.

Se trata de conductores de cobre Cu, resistente a la intemperie, de 150 a 400 mm<sup>2</sup> de sección, tensión en corriente alterna 0.6/1 kV, con conductor de cobre flexible (clase 2) según UNE EN 60228, aislamiento a base de mezcla de polietileno reticulado (CLPE) según UNE HD 603-1 libre de halógenos. Canalizado en zanja subterránea en tubo reforzado, o en tramos aéreos sujeto a la estructura sobre bandejas, tubos o cualquier otro medio para que queden debidamente recogidos y ordenados. Incluyendo p/p de cocas y pérdidas. Totalmente montado, conexionado y probado.

## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizará el tendido de los conductores según las indicaciones recogidas en el proyecto de ejecución, para lo cual se emplearán las canalizaciones y/o sujeciones indicadas en el mismo.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





En su trazado, el cableado estará apoyado sobre bandejas o canalizado en tubos sujetos a la estructura mediante bridas en los tramos aéreos y bajo canalización en los tramos subterráneos. En su disposición, quedarán debidamente recogidos y ordenados.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se evitará durante el tendido y fijación de los conductores, los roces con los mismos y los daños en la pantalla exterior del mismo. Se cumplirán con los radios de curvatura mínimos indicados en las fichas de características del fabricante. Las canalizaciones entubadas serán selladas en ambos extremos para evitar la entrada de agua y daños por roedores.

### FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Teniendo en cuenta que un metro se corresponde con un metro de cable tendido y conexionado. No se tendrán en cuenta cocas o pérdidas de material, empalmes ni demás mermas que pudieran darse.

### 3.5.9 CABLEADO DE MEDIA TENSION DE CORRIENTE ALTERNA

El contratista deberá suministrar, instalar y conexionar el cable eléctrico que une el transformador de la Power Station con las celdas de media tensión de maniobra y protección del propio centro y el tramo que une la mencionada Power Station con el Centro de Seccionamiento y Medida.

Se trata de conductores de aluminio Al, resistente a la intemperie, de 150 a 400 mm<sup>2</sup> de sección, tensión en corriente alterna 12/20 kV, con conductor de aluminio flexible HEPR-Z1. SU instalación se realizara en zanja directamente enterrado en lecho de arena y señalizado. Incluyendo p/p de cocas y pérdidas. Totalmente montado, conexionado y probado.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizará el tendido de los conductores según las indicaciones recogidas en el proyecto de ejecución, para lo cual se emplearán las canalizaciones y/o sujeciones indicadas en el mismo.

### MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En su trazado, el cableado estará apoyado sobre cama de arena y cubierto de otra capa de arena, para posteriormente rellenar la zanja con tierra de igual modo. En su disposición, quedarán debidamente recogidos y ordenados.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se evitará durante el tendido y fijación de los conductores, los roces con los mismos y los daños en la pantalla exterior del mismo. Se cumplirán con los radios de curvatura mínimos indicados en las fichas de características del fabricante. Las canalizaciones entubadas serán selladas en ambos extremos para evitar la entrada de agua y daños por roedores.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Teniendo en cuenta que un metro se corresponde con un metro de cable tendido y conexionado. No se tendrán en cuenta cocas o pérdidas de material, empalmes ni demás mermas que pudieran darse.

### 3.5.10 CABLEADO DE LA RED DE TIERRAS

#### RED DE TIERRAS GENERALES

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

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

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

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

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

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

- Barras, tubos y placas.
- Pletinas, conductores desnudos.
- Picas de acero cobrizado.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas con excepción de las armaduras pretensadas.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322







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

Sección de conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
Menor de 16 mm <sup>2</sup>	Igual a sección de conductor
Mayor de 16 mm <sup>2</sup> y menor de 35 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>
Mayor de 35 mm <sup>2</sup>	½ de la sección del conductor

### RED DE TIERRAS DE CENTROS DE TRANSFORMACION

Se establece un sistema de puesta a tierra que permita limitar las tensiones de paso y de contacto por debajo de los límites establecidos, anulando el peligro de electrocución del personal que transite tanto en el interior como en el exterior de los centros de transformación y a su vez permita el buen funcionamiento de las protecciones.

El sistema estará básicamente formado por:

- Líneas principales realizadas con cable de cobre de sección adecuada que se dispondrá por debajo de la solera de hormigón, en contacto directo con el terreno en el fondo de la excavación cubriendo toda la planta y formando una red mallada, constituida por cuadrículas con el mallazo que integra el hormigón armado. Las uniones entre cables y entre estos y las picas de tierra se realizarán mediante soldadura aluminotérmica, previa meticulosa preparación y limpieza de las superficies de contacto.
- Electrodo, que se unirán a las líneas principales para conectar a tierra el sistema mediante soldaduras aluminotérmicas y serán de acero cobreadas de 14 mm de diámetro y de 2000 mm de longitud, distribuidas tanto en el perímetro de la malla como en su interior.
- Líneas secundarias se montaran con cable de cobre de sección adecuada, que se derivan de las líneas principales y que tienen por objeto el poder realizar la conexión a tierra del conjunto de masas o estructuras que se encuentran en la superficie de la instalación.

Todos los sistemas portables de la instalación (tubos, bandejas, etc.) se conectarán a tierra en el inicio de sus recorridos, mediante cable de cobre desnudo, recorriendo las bandejas y grapado a las mismas.

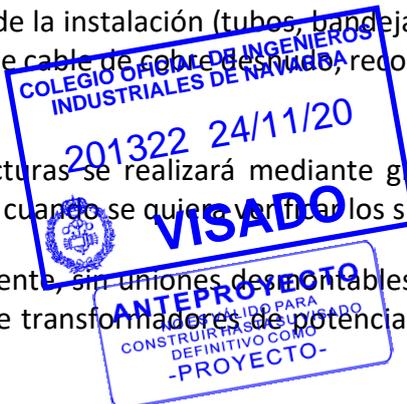
La conexión a equipos y estructuras se realizará mediante grapas atornilladas que permitan la desconexión de los conductores cuando se quiere verificar los sistemas de puesta a tierra.

Se conectarán a tierra directamente, sin uniones desmontables intermedias los sistemas de tierra de servicio como son: Neutro de transformadores de potencia y de medida, hilos de tierra de las

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





líneas aéreas, seccionadores de puesta a tierra, tomas de tierra de las autoválvulas, etc. Estos puntos están marcados en el plano de red de tierras como puesta a tierra de servicio.

La malla de tierra se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo la disposición indicada en los planos del mismo.

Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sincortar el cable.

Para el montaje de la red de tierras se seguirán las instrucciones del fabricante de las soldaduras aluminotérmicas.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se realizará el tendido de los conductores según las indicaciones recogidas en el proyecto de ejecución, para lo cual se emplearán las canalizaciones y/o sujeciones indicadas en el mismo.

### MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En su trazado, el cableado estará apoyado en bandejas metálicas, canalizado en tubo, o en zanja sobre cama de arena y cubierto de otra capa de arena, para posteriormente rellenar la zanja con tierra del lugar. En su disposición, quedarán debidamente recogidos y ordenados.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se evitará durante el tendido y fijación de los conductores, los roces con los mismos y los daños en la pantalla exterior del mismo. Se cumplirán con los radios de curvatura mínimos indicados en las fichas de características del fabricante. Las canalizaciones entubadas serán selladas en ambos extremos para evitar la entrada de agua y daños por roedores.

### FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Teniendo en cuenta que un metro se corresponde con un metro de cable tendido y conexionado. No se tendrán en cuenta cocas o pérdidas de material, empalmes ni demás mermas que pudieran darse.

#### 3.5.11 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

El cableado eléctrico se instalará y canalizará dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las estructuras, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en la memoria técnica y sus planos anexos.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.5.11.1 CANALIZACIONES ENTERRADAS

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

### 3.5.11.2 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS A ESTRUCTURA O PAREDES

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensión asignadas no inferiores a 1500 V, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre la estructura metálica de los seguidores solares, estructura metálica fija o sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, etc, de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,50 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvas en los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio dispositivos provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad eléctrica, la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad a las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

### 3.5.11.3 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS EN INTERIOR DE CONSTRUCCIONES

Los conductores con un aislamiento superior a 1500 voltios o tubos de canalización eléctrica podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger estas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ello las cajas de derivación adecuadas.

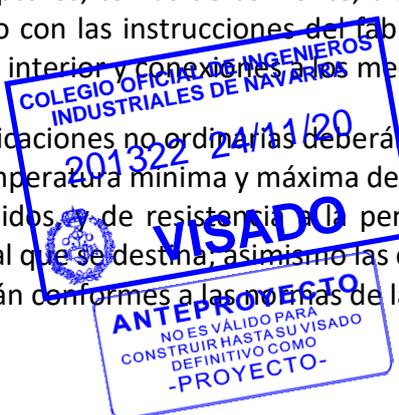
Se evitarán que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

### 3.5.11.4 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS EN CANALES PROTECTORAS

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 1500 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como “Canales con tapa de acceso que solo pueden abrirse con herramientas”. En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones de emplazamiento al que se destina, asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50085.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. La tapa de las canales quedará siempre accesible.

### 3.5.11.5 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS BAJO MOLDURAS

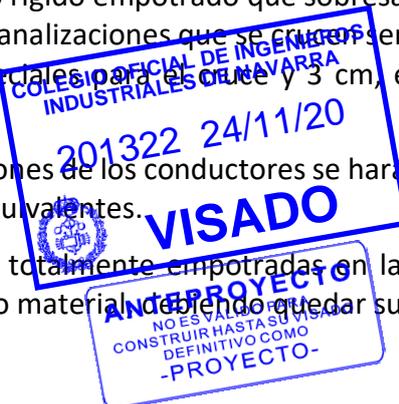
Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés rasurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otros usos (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

### 3.5.11.6 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJAS

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20460 -5-52.

### 3.5.11.7 CANALIZACIONES DE CONDUCTORES BAJO TUBOS PROTECTORES

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos
- Tubo y accesorios no metálicos
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50086-2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50086-2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50086-2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

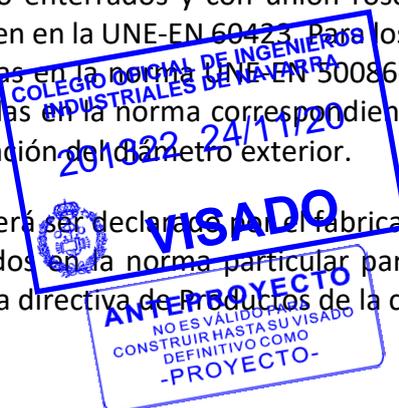
Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50086-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante. En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la directiva de Productos de la construcción (89/106/CEE).

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





**TUBOS EN CANALIZACIONES FIJAS EN SUPERFICIE**

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1 – 2	Rigido – Curvable
Propiedades eléctricas	1 – 2	Continuidad eléctrica – Aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos de D>=1mm
Resistencia la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
 Profesional  
 24/11 2020  
 COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
 VISADO ANTEPROYECTO: 201322

**TUBOS EN CANALIZACIONES EMPOTRADAS**

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

Tubos empotrados en obras de fábrica, bucos de la construcción o cables protectoras de obras.





Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1 – 2 - 3 – 4	Cualquier especificación
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos de D>=1mm
Resistencia la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA

Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones pre cableadas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C





Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90°C
Resistencia al curvado	1 – 2 - 3 – 4	Cualquier especificación
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos de D>=1mm
Resistencia la penetración del agua	3	Contra gotas de agua cayendo verticalmente
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

**TUBOS EN CANALIZACIONES AEREAS**

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto		Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1 – 2	Continuidad eléctrica – Aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos de D>=1mm



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Resistencia la penetración del agua	3	Contra gotas de agua cayendo verticalmente
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

### TUBOS EN CANALIZACIONES ENTERRADAS

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	No aplicable - NA	250N / 450N / 750N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1 – 2 - 3 – 4	Cualquier especificación
Propiedades eléctricas	0	No declarada
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos de $D \geq 1\text{mm}$
Resistencia la penetración del agua	3	Contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	2	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No declarada



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Resistencia a las cargas suspendidas 0 No declarada

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

## INSTALACION

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50086-2-2.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se requiera hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que produzcan condensaciones de agua en su interior para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



VI/IIIOO



- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta además las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso solo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.





Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

### 3.5.12 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Suministro e instalación de un sistema de seguridad basado en un Sistema de Alarmas de Intrusión (SAI) con tecnología de cámaras térmicas y un Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) con analítica de vídeo. La empresa promotora tendrá libre acceso a la visualización en tiempo real de las alarmas registradas en el sistema de seguridad instalado, todo ello aun cuando este sistema quede integrado en la Central Receptora de Alarmas (CRA) homologada de la empresa de seguridad privada seleccionada.

Quedará protegido todo el perímetro de la planta y especialmente el acceso los inversores y el centro de control y el centro de seccionamiento. Incluyendo Sistema video-análisis térmico y Cámara térmica de ext. pared. Domo fijo IP infrarroja.

Incluido suministro, instalación, conexionado y puesta en marcha, junto con la obra civil necesaria.

### NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EJECUCIÓN Y CONTROL

Ejecución y control de acuerdo con las especificaciones del proyecto de vigilancia y especificaciones del fabricante.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

La instalación será realizada y certificada por una empresa autorizada e inscrita en el Registro Nacional de Seguridad Privada, la cual, en su caso, actuará como Subcontrata del Contratista principal. Se podrá adoptar la contratación directa entre la empresa promotora y empresa de Seguridad Privada. La instalación permitirá la visualización y vigilancia del perímetro de la instalación desde la Central Receptora de Alarmas que determine la empresa promotora.

### MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los medios a emplear serán los necesarios para cumplir en todo momento con las especificaciones de los equipos que se empleen en la instalación.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En los trabajos de obra civil y canalizaciones del sistema de seguridad, se tendrá en cuenta el trazado de las canalizaciones eléctricas propias de la instalación fotovoltaica, de modo que no se afecte a las mismas.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medido el sistema completo instalado, puesto en marcha y verificada la conexión y pruebas con la Central Receptora de Alarmas.

### 3.5.13 SISTEMA DE MONITORIZACION

Suministro e instalación de un sistema de monitorización para el control y gestión de la planta fotovoltaica así como su acceso remoto y visualización desde cualquier punto con conexión a internet.

El sistema contara con los equipos necesarios para realizar las comunicaciones de todos los equipos, incluido el fiscalizador de energía eléctrica.

Deberá contar con un Rack de comunicaciones donde se albergara un PC servidor y equipos de gestión de punto de frontera de la planta fotovoltaica con el Operador del Sistema Red Eléctrica España, instalando para ello los sistemas de PPC (Power Plant Controller) y TTR (Telemedida en Tiempo Real).

Se incluye en esta partida el suministro e integración de una central meteorológica a definir con la empresa promotora.

Incluido suministro, instalación, conexionado y puesta en marcha, junto con la obra civil necesaria.

### NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EJECUCIÓN Y CONTROL

Ejecución y control de acuerdo con las especificaciones del proyecto de comunicaciones y especificaciones del fabricante.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Si se trata de un software ya desarrollado, deberá ser validado por la empresa promotora, tras la verificación de su idoneidad para su uso en la instalación objeto de este proyecto. En caso de considerarse que el software de monitorización y control resulta adecuado, pero requiere de algunas adaptaciones, modificaciones o mejoras, éstas deberán desarrollarse, con cargo al Contratista.

Si, por el contrario, se trata de un software de nueva creación, éste habrá de desarrollarse estrictamente conforme a las indicaciones y prescripciones de la empresa promotora. En todo caso, el sistema deberá integrarse en el sistema de monitorización y control actual de la empresa promotora, conforme a lo indicado anteriormente.

Se podrá adoptar la contratación directa entre la empresa promotora y empresa de desarrollo del sistema. La instalación permitirá la visualización, gestión y control del conjunto de la instalación.





## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los medios a emplear serán los necesarios para cumplir en todo momento con las especificaciones de los equipos que se empleen en la instalación.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En los trabajos de obra civil y canalizaciones del sistema de seguridad, se tendrá en cuenta el trazado de las canalizaciones eléctricas propias de la instalación fotovoltaica, de modo que no se afecte a las mismas.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Medido el sistema completo instalado, puesto en marcha y verificada la conexión y pruebas de funcionamiento con la empresa promotora, Red Eléctrica España y Cía. Eléctrica Distribuidora.

### 3.5.14 EXCAVACIONES DE ZANJAS

Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto.

Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

## NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EJECUCIÓN Y CONTROL

Ejecución: CTE. DB-HS Salubridad y NTE-ADZ. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos.

## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

Notificará al director de la ejecución de la obra, con la antelación suficiente, el comienzo de las excavaciones. En caso de realizarse cualquier tipo de entibación del terreno, presentará al director de la ejecución de la obra, para su aprobación los planos justificativos de la solución a adoptar.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN





Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que sus características geométricas permanecen inamovibles.

Mientras se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondo de las excavaciones se conservarán las entibaciones realizadas, que sólo podrán quitarse, total o parcialmente, previa comprobación del director de la ejecución de la obra, y en la forma y plazos que éste dictamine.

Se tomarán las medidas necesarias para impedir la degradación del fondo de la excavación frente a la acción de las lluvias u otros agentes meteorológicos, en el intervalo de tiempo que medie entre la excavación y la finalización de los trabajos de colocación de instalaciones y posterior relleno de las zanjas.

### PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se prestará especial atención a los posibles hundimientos de las zanjas en aquellos puntos en los que la profundidad sea superior a 1,5 m, procediéndose al entibado de las mismas en los casos en los que se haga necesario.

### FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá, en proyección horizontal, la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

### 3.5.15 FORMACION DE CAMINO CON ZAHORRA NATURAL

Formación de camino de zahorra natural tipo ZN25, de 4 m. de anchura y 0,4 m de espesor con desbroce y ejecución de caja previa. La caja previa será de una profundidad suficiente para eliminar en su totalidad la capa de terreno vegetal existente en la parcela. Incluso transporte, extendido y compactación y excavación previa. Completamente ejecutado.

### NORMATIVA DE APLICACIÓN PARA EJECUCIÓN Y CONTROL

- Norma 6.1-IC. Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras.
- PG-3. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras.

### CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se comprobará que se ha realizado un estudio de las características del suelo natural sobre el que se va a actuar y se ha procedido a la retirada o desvío de servicios, tales como líneas eléctricas y tuberías de abastecimiento de agua y de alcantarillado.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Correrá por cuenta del Contratista, el empleo de los medios necesarios para la ejecución de los viales; camiones, retroexcavadoras, camión cuba y máquina compactadora.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En los movimientos de tierra y excavaciones que sean necesarios, se observarán las indicaciones por parte de la Dirección de Obra y se tendrá especial cuidado en la localización previa de canalizaciones de agua o eléctricas existentes para evitar cualquier tipo de afección a las mismas.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

### 3.5.16 EXCAVACION Y RELLENO NATURAL

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno, así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo, para nivelar el terreno.

## CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN O PROCESO CONSTRUCTIVO

Se ejecutará el movimiento de tierras necesario para eliminar las irregularidades existentes en el terreno, de modo que se facilite el acceso a todo el recinto y las labores relativas a la instalación del sistema fotovoltaico.

## MEDIOS E INSTALACIÓN POR EXIGIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Se emplearán los medios humanos y mecánicos necesarios para conseguir las condiciones indicadas en el párrafo anterior; motoniveladores, traillas, retroexcavadora, etc.

## PRECAUCIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

En todo momento se evitará la obstaculización de las salidas de aguas y desagües naturales o artificiales en el terreno.

## FORMA DE MEDICIÓN Y ABONO DE LA UNIDAD DE OBRA Y DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Se abonará una vez concluida la operación y tras el visto bueno fehaciente por parte de la Dirección de Obras.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.6 PROCEDIMIENTO TECNICO PARA LA EJECUCION DE REDES ELECTRICAS SUBTERRANEAS

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos de la instalación eléctrica de Baja Tensión y Media Tensión que compone la planta fotovoltaica.

#### 3.6.1 MARCADO DE TRAZADO Y APERTURA DE ZANJAS

Las canalizaciones se ejecutarán en los terrenos propios de la planta fotovoltaica. El trazado será lo más rectilíneo posible evitando ángulos pronunciados.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a zonas de trabajo o a otras parcelas si se altera su acceso, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida en función del servicio que albergara la zanja y de los tubos de canalización que albergará. Se procurará dejar un paso de 50 cm. entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la propia zanja.

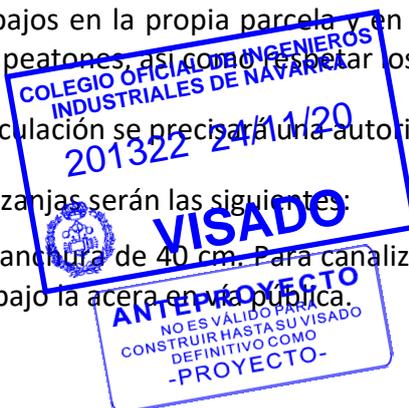
Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registro de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la propia parcela y en vía pública si se afecta, se dejarán pasos suficientes para vehículos peatones, así como respetar los accesos.

Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las siguientes:

- Profundidad de 60 cm y anchura de 40 cm. Para canalizaciones de baja tensión en terreno de planta fotovoltaica o bajo la acera en vía pública.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



- Profundidad de 80 cm y anchura de 60 cm. Para canalizaciones de baja tensión en cruces de caminos o bajo calzada en vía pública.
- Profundidad de 100 cm y anchura de 60 cm. Para canalizaciones de media tensión en terreno de planta fotovoltaica o en vía pública.

### 3.6.2 REALIZACION DE CANALIZACIONES

Los cruces de canalizaciones con caminos internos o vías públicas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo el número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva)
- Los extremos de los tubos en los cruces se prolongaran 100 cms mas del ancho de la via. En caso de vías públicas se extenderán hasta las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 60 cm. en el caso de B.T: se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro.
- Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc., deberán proyectarse con todo detalle.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares dentro de una misma banda será como mínimo de 20 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

El cable en parte o en todo su recorrido irá en el interior de tubos de materiales plásticos, de superficie interna lisa siendo su diámetro interior no inferior a 1,6 veces el diámetro del cable o del haz de cables.

Los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido en los cruces con vías de tránsito o simplemente con sus uniones recibidas en el resto de tramos, en cuyo caso, para permitir su unión correcta, el fondo de la zanja en la que se aloja deberá ser nivelada cuidadosamente después de echar una capa de arena fina o tierra cribada.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINN



Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los cambios de dirección se colocaran arquetas plásticas o arquetas de hormigón, siendo sus dimensiones mínimas las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferior a 90º y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general, los cambios de dirección se harán con ángulos grandes.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 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 espuma de poliuretano de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapa metálica o de hormigón armado, provisto de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios.

### 3.6.3 CABLE DIRECTAMENTE ENTERRADO

En el lecho de la zanja irá una capa de arena de 10 cm. de espesor sobre la que se colocará el cable tendido en horizontal. Por encima del cable irá otra capa de arena de 10 cm. de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de cables sera limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena de mina o de río indistintamente, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente con las dimensiones de los granos de 2 a 3 mm como máximo.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, además de necesitar la aprobación del Director de Obra será necesario su cribado.

Los cables deben estar enterrados a profundidad no inferior a 0,6 m, excepción hecha en el caso en que se atraviesen terrenos rocosos. Salvo casos especiales los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando los cables por debajo de los mismos.

Todos los cables deben tener una señalización mediante la colocación de una banda de aviso de cable eléctrico, que sirva para indicar su presencia durante eventuales trabajos de excavación.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.6.4 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

El cruce de líneas subterráneas con vías de tránsito, vías públicas, vías férreas, etc. deberá realizarse siempre bajo tubo. Dicho tubo rebasará las instalaciones de servicio en una distancia de 1,50 m.

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas, la distancia mínima a respetar será de 0,20 m.

El cruzamiento entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas no debe efectuarse sobre la proyección vertical de las uniones no soldadas de la misma conducción metálica. No deberá existir ningún empalme sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

La mínima distancia entre la generatriz del cable de energía y la de la conducción metálica no debe ser inferior a 0,30 m. Además, entre el cable y la conducción debe estar interpuesta una plancha metálica de 8 mm de espesor como mínimo u otra protección mecánica equivalente, de anchura igual al menos al diámetro de la conducción y de todas formas no interior a 0,50 m.

Análoga medida de protección debe aplicarse en el caso de que no sea posible tener el punto de cruzamiento a distancia igual o superior a 1 m. de su empalme del cable.

En el paralelismo entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de:

- 0,50 m para gaseoductos.
- 0,30 m par otras conducciones.

Siempre que sea posible, en las instalaciones nuevas la distancia entre proyección horizontal entre cables de energía y las conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre sí no debe ser inferior a:

- 3 m en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm; dicho mínimo se reduce a 1 m. en el caso en que el tramo de conducción interesado esté contenida en una protección de no más de 100 m.
- 1 m. en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

En el caso de cruzamiento entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterránea, el cable de energía debe, normalmente, estar situado por debajo del cable de telecomunicación. La distancia mínima entre el la generatriz externa de cada uno de los dos cables no debe ser inferior a 0,50 m. El cable colocado superiormente debe estar protegido por un tubo de hierro de 1 m de largo como mínimo y de tal forma que se garantice la distancia entre las generatrices exteriores de los cables en las zonas no protegidas, sea mayor que la mínima establecida en el caso de paralelismo, que se indica a continuación, medida en proyección horizontal. Dicho tubo de hierro debe estar protegido contra la corrosión y presentar una adecuada resistencia mecánica; su espesor no será inferior a 2 mm.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



En donde por justificadas exigencias técnicas no pueda ser respetada la mencionada distancia mínima, sobre el cable inferior debe ser aplicada una protección análoga a la indicada para el cable superior. En todo caso la distancia mínima entre los dos dispositivos de protección no debe ser inferior a 0,10 m. El cruzamiento no debe efectuarse en correspondencia con una conexión del cable de telecomunicación, y no debe haber empalmes sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

En el caso de paralelismo entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación, no debe haber empalmes sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

En donde existan dificultades técnicas importantes, se pueden permitir, una distancia mínima en proyección horizontal, entre los puntos más próximos de las generatrices de los cables, no inferior a 0,50 m en cables interurbanos o a 0,30 m. en cables urbanos.

Se puede admitir incluso una distancia mínima de 0,15 m a condición de que el cable de energía sea fácil y rápidamente separado, y eficazmente protegido mediante tubos de hierro de adecuada resistencia mecánica y 2 mm de espesor como mínimo, protegido contra la corrosión.

En el caso de paralelismo con cables de telecomunicación interurbana, dicha protección se refiere también a estos últimos. Estas protecciones pueden no utilizarse, respetando la distancia mínima de 0,15 m, cuando el cable de energía se encuentra en una cota inferior a 0,50 m respecto del cable de telecomunicación.

Las reducciones mencionadas no se aplican en el caso de paralelismo con cables coaxiales, para los cuales es taxativa la distancia mínima de 0,50 m respecto del cable de telecomunicación.

En el caso de galerías practicables, la colocación de los cables de energía y de telecomunicación se hace sobre apoyos diferentes, con objeto de evitar cualquier posibilidad de contacto directo entre los cables.

### 3.6.5 TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

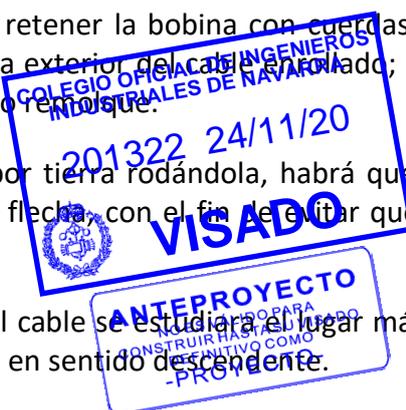
Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido en sentido descendente.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Para el tendido de la bobina, ésta estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma, así como contar con dispositivos de frenado.

### 3.6.6 TENDIDO DE CABLES

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adoptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañe el cable.

Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta. Si haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanquidad de los mismos.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Cuando dos cables que se canalicen van a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban previamente.

Si involuntariamente se acusara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables.

En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distintivo de dicho conductor.
- Cada metro y medio envolviendo las tres fases y el neutro en B.T., se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el Proyecto o, en su defecto, donde señale el Director de Obra.

Una vez tendido el cable, los extremos de los tubos se taparán con espuma de poliuretano, de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

### 3.6.7 SEÑALIZACION

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalizado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del tubo de canalización o de 30 cms por encima del conductor.

Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

Los cables deberán llevar marcas que se indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.6.8 CIERRE DE ZANJAS

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tenga que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de la tierra sobrante está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

### 3.6.9 REPOSICION DE PAVIMENTOS

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos o por el técnico municipal en caso de ser vía pública.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losas, adoquines, etc.

### 3.7 PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION DE OBRA CIVIL

Para la ejecución de las obras civiles se realizará en las siguientes fases teniendo en cuenta la disposición en profundidad de los elementos a construir y serán las siguientes:

- 1º - Movimiento de tierras y compactación.
- 2º - Replanteos.
- 3º - Red de drenajes.
- 4º - Red de tierras.
- 5º - Edificio
- 5º - Valla perimetral
- 6º - Deposito de recogida de aceite
- 7º - Canalizaciones eléctricas



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- 8º - Bancada de transformador y cimentaciones
- 9º - Acabado.

### 3.7.1 MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Para la realización del movimiento de tierras y explanación se tendrán en cuenta las siguientes fases.

#### DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

En función del tipo de terreno existente, la dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc. a retirar y extracciones a realizar. Así mismo decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

#### EXCAVACIÓN, ESCARIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN

La medición de la excavación y relleno con el propio material, se realizará por diferencia teórica entre perfiles transversales del terreno tomados antes del inicio de las excavaciones y después de realizada la compactación.

En el caso de utilizarse en el relleno material de préstamo, su medición se realizará por el mismo procedimiento. Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno, y sus dimensiones se ajustarán a las indicadas en los planos del proyecto. La operación de esscarificación consistirá en disgregar el terreno superficial con los medios mecánicos adecuados y previamente a su compactado.

La superficie superior del terraplén se realizará con material granular, y dispondrá de la pendiente suficiente que facilite la salida de aguas o bien dispondrá de un sistema de drenaje.

Deberán ejecutarse todas las entibaciones necesarias para garantizar la seguridad de los operarios, edificaciones, elementos de sustentación de instalaciones.

La compactación se realizará hasta conseguir una densidad de al menos, un 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, según norma UNE.

### 3.7.2 REPLANTEOS

El replanteo se realizara partiendo de los ejes marcados en los planos como ejes longitudinal y transversal y las distintas cotas parciales indicadas en los planos correspondientes.

Cuando se haya efectuado un replanteo, se dará conocimiento de ello a la Dirección Facultativa para que ésta realice su comprobación si así lo cree conveniente y para que autorice el comienzo de esa parte de la obra.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Los errores máximos permitidos serán:

- Entre ejes de replanteo y ejes de cimentaciones o hincados: 2 mm
- Entre ejes de cimentaciones y testas de los pernos: 2 mm
- En nivelación de bases de cimentaciones: 5 mm
- En nivelación de carreteras y viales: 20 mm
- En nivelación de explanada: 40 mm

### 3.7.3 DRENAJES

El drenaje de las aguas pluviales se realizará mediante una red de recogida formada por tuberías drenantes que canalizarán las mismas a través de un colector hasta el exterior de la planta fotovoltaica, vertiendo en las cunetas próximas.

En los perímetros de los centros de inversores, edificios o subestaiones se instalarán tubos de drenaje y unas arquetas de ventilación.

Se instalará tubo drenante de 125 mm en los espacios mencionados, así como por debajo de las canalizaciones con una pendiente del 0.5 por mil, rodeado de grava lavada. Las características del tubo drenante serán las siguientes:

- Material: Polietileno
- Flexible
- Exterior corrugado de diámetro 125mm
- Interior liso de diámetro + 107mm
- Ira cubierto con fibra geotextil de 130gr/m<sup>2</sup> y 0,9mm de espesor para evitar la entrada en el tubo de material que pueda obstruirlo.

La unión de los tubos se realizará con arquetas ciegas debajo de las canalizaciones y con arquetas registrables en los sitios con acceso.

### 3.7.4 EJECUCION DE HORMIGON EN MASA O ARRENGADOS DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA

La composición del hormigón será la adecuada para los requerimientos de resistencia expresados en el proyecto o resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los veintiocho días, expresada en N/mm<sup>2</sup>, para un hormigón HA250.

Las dosificaciones de hormigón a emplear en las distintas estructuras, en contacto con el suelo y por debajo de la cota de la explanación tendrán una relación agua/cemento menor o igual a 0,60.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2º C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0º C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40ºC. Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

En la ejecución de las cimentaciones no serán admisibles juntas de trabajo, admitiéndose las imprescindibles por ejecución del hormigonado, para las que se realizara una perfecta limpieza de la superficie ejecutada con anterioridad. En losas continuas y pavimentos se ejecutarán juntas de trabajo cada 5 m, mediante corte del hormigón fresco.

La ejecución de las obras de hormigón en masa o armado incluye, entre otras, las operaciones siguientes:

### PREPARACIÓN

Antes de verter el hormigón fresco, sobre la tierra, roca u hormigón de limpieza endurecido, se limpiarán las superficies de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, eliminándose los charcos de agua que pueda haber.

Previamente al hormigonado de un trabajo, la Dirección de la Obra, comprobará la calidad de los encofrados.

En las barras de las armaduras se fijarán entre sí mediante las oportunas sujeciones, no permitiéndose la soldadura excepto en mallazos preelaborados, se mantendrá la distancia de las armaduras al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de aquella durante el vertido y compactación del hormigón, y permitiéndose a éste envolver los separadores sin dejar coqueras.

Estas precauciones deberán extremarse con los cercos de los soportes y armaduras de las placas, losas o voladizos, para evitar su descenso.

Previamente a la colocación, en zapatas y fondos de cimientos, se recubrirá el terreno con una capa de hormigón H-10 para limpieza e igualación, y se cuidará de evitar caídas de tierra sobre ella, antes o durante el subsiguiente hormigonado. Esta capa de hormigón de limpieza deberá llegar hasta que el terreno disponga de una capacidad portante de 1,5kg/cm2 mínimo, manteniendo siempre un espesor mínimo de 10 cm.

### FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

El hormigón se preparará en plantas que cuenten con experiencia en la elaboración de hormigones de similar calidad y que cuenten, preferentemente, con homologaciones oficiales.

Previamente al inicio de las obras, la planta aportará a las autoridades competentes características completas de todos los componentes que se prevé utilizar (áridos, cemento, agua y aditivos), así como su dosificación, experiencia de la misma con informes de obras ejecutadas con resistencias análogas a las exigidas y en condiciones climatológicas y de distancias similares.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





En caso de no disponer de dichas referencias, en las que de modo especial deberá haberse utilizado el mismo cemento (con idéntica cantidad de cenizas u otros componentes) la planta deberá hacer ensayos con diferentes dosificaciones y aditivos, debiendo supervisarse los resultados de resistencias por un laboratorio ajeno a la planta y homologado.

En este estudio deberá contemplarse la utilización de retardantes de fraguado si las condiciones climatológicas y de distancia de transporte lo requieren.

### TRANSPORTE DEL HORMIGÓN

Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para que las masas lleguen al lugar de su colocación sin experimentar variación sensible de las características que poseían recién amasadas; es decir, sin presentar disgregación, intrusión de cuerpos extraños, cambios apreciables en el contenido de agua, etc. Especialmente se cuidará de que las masas no lleguen a secarse tanto que se impida o dificulte su adecuada puesta en obra y compactación.

Cuando se empleen hormigones de diferentes tipos de cemento, se limpiará cuidadosamente el material de transporte antes de hacer el cambio de conglomerante. Dado que la distancia entre la planta y el lugar de utilización del hormigón puede ser importante el suministro deberá contar con el número de camiones asignados a la obra que se precisen para asegurar la continuidad del hormigonado, con una espera máxima entre camiones de 15 minutos.

### PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

Como norma general, no deberá transcurrir más de una hora (1 h.) entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación. Podrá modificarse este plazo si se emplean conglomerantes o aditivos especiales: pudiéndose aumentar, además, cuando se adopten las medidas necesarias para impedir la evaporación del agua o cuando concurren favorables condiciones de humedad y temperatura. En ningún caso se tolerará la colocación de obra de masas que acusen un principio de fraguado, segregación o desecación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a dos metros y medio (2'5 m.) quedando prohibido el arrojarlo con la pala a gran distancia, distribuirlo con rastrillos, hacerlo avanzar más de un metro (1 m.) dentro de los encofrados, o colocarlo en capas o tongadas cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

### COMPACTACIÓN

Salvo en los casos especiales, la compactación del hormigón se realizará siempre por vibración, de manera tal que se eliminen los huecos y posibles coqueas, sobre todo en los fondos y paramentos de los encofrados, especialmente en los vértices y aristas y se obtenga un perfecto cerrado de la masa sin que llegue a producirse segregación.

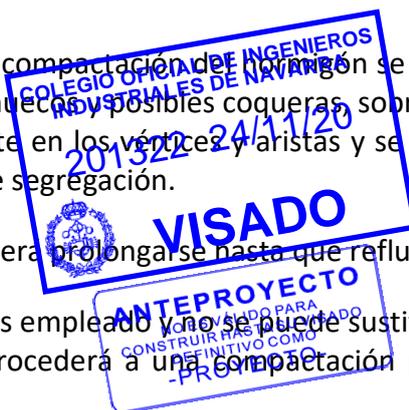
El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie.

Si se avería uno de los vibradores empleado y no se puede sustituir inmediatamente, se reducirá el ritmo del hormigonado, o se procederá a una compactación por apisonado aplicado con barra,

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





suficiente para terminar el elemento que se está hormigonado, no pudiéndose iniciar el hormigonado de otros elementos mientras no se haya reparado o sustituido el vibrador averiado.

### CURADO DEL HORMIGÓN

Se tendrá especial cuidado en el curado del hormigón, de modo que no produzcan fisuras.

Para ello se usará algún producto del tipo de Bettorcure P con dosificación de, al menos, 200 gr./m<sup>2</sup>, o mayores en caso de ser necesario, que deberán aplicarse en el momento de fraguado que garantice su correcto funcionamiento.

### JUNTAS DE HORMIGONADO

Las juntas de hormigonado no previstas en los planos, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión.

Antes de reanudar el hormigonado se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto y se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto.

Realizada la operación de limpieza, se humedecerá la superficie de la junta, sin llegar a encharcarla, antes de verter el nuevo hormigón. En ningún caso se pondrá en contacto hormigones fabricados con diferentes tipos de cemento que sean incompatibles entre sí.

En cualquier caso, teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, el Contratista propondrá a la Dirección de Obra, para su V. B. o reparos, la disposición y forma de las juntas entre tongadas o de limitación de tajo que estime necesarias para la correcta ejecución de las diferentes obras y estructuras previstas, con suficiente antelación.

### ACABADO DEL HORMIGÓN

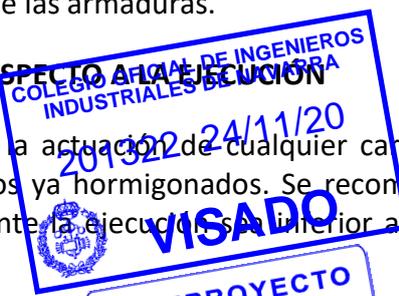
Las superficies del hormigón que vayan a quedar vistas (aceras, parte superior de los pedestales) deberán quedar terminadas de forma que presenten buen aspecto, sin defectos ni rugosidades.

Si a pesar de todas las precauciones apareciesen defectos o coqueas, se picará y rellenará con mortero del mismo color y calidad que el hormigón.

Las superficies superiores de las zapatas que no vayan a quedar vistas quedarán alisadas, asegurándose el recubrimiento de las armaduras.

### OBSERVACIONES GENERALES RESPECTO A LA EJECUCIÓN

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados. Se recomienda que en ningún momento la seguridad de la estructura durante la ejecución sea inferior a la prevista en el proyecto para la estructura en servicio.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11 2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIIN



Se adoptarán las medidas necesarias para conseguir que las disposiciones constructivas y los procesos de ejecución se ajusten en todo a lo indicado en el proyecto.

## DESENCOFRADO

Tanto en los distintos elementos que constituyen el encofrado (costeros, fondos, etc.), como los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a que va a estar sometido durante y después del desencofrado o descimbramiento.

Se recomienda que la seguridad no resulte en ningún momento inferior a la prevista para la obra en servicio.

Se pondrá especial atención en retirar todo elemento de encofrado que pueda impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

Dentro de todo lo indicado anteriormente el desencofrado deberá realizarse lo antes posible, con objeto de iniciar cuanto antes las operaciones de curado.

### 3.7.5 VALLADO PERIMETRAL

Todo el recinto destinado al parque fotovoltaico estará protegido por una valla de 2 m de altura medida desde el exterior.

Estas vallas estarán formadas por malla electro soldada con pliegues de refuerzo y postes de acero galvanizado.

La valla dispondrá de puertas de acceso para vehículos, detallados en los planos adjuntos al proyecto.

La valla y las puertas dispondrán de señalización de advertencia de peligro por alta tensión, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

En caso de vallado de una subestación todos los postes dispondrán de un espárrago roscado que se instalara por la parte interior de la subestación y servirá para conectar a tierra en vallado.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### 3.8 CONTROL DE CALIDAD

Todos los documentos relacionados con el control de calidad deberán ser entregados por el Contratista a la Dirección de Obra en un plazo de 15 días antes de comenzar la ejecución de la obra, para su revisión y aceptación.

En el punto presente se definen los distintos conceptos que debe constituir el Control de Calidad de las obras, y que se deben incluir en los correspondientes procedimientos operativos de los distintos sistemas de calidad de los intervinientes en las mismas.

Se entiende por Control de Calidad el conjunto de los tres conceptos siguientes:

- Control de Calidad de Materiales y Equipos (CCM)
- Control de Calidad de Ejecución (CCE)
- Control de Calidad Geométrica (CCG)

Contemplando quién es el sujeto que realiza el Control de Calidad tenemos lo siguiente:

- Control de Calidad de Producción (CCP)
- Control de Calidad de Recepción (CCR)

Trataremos aquí básicamente de la clarificación en relación con estos dos últimos conceptos, puesto que del detalle de los tres primeros se ocupan el Proyecto, las Normativas, Instrucciones, Órdenes Circulares, Recomendaciones, etc.

#### 3.8.1 CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCCION

Plan de Aseguramiento de la Calidad del contratista en obra – PAC.

La responsabilidad de la calidad, que bajo los tres conceptos citados de Materiales y Equipos, Ejecución y Geometría han de poseer los elementos producidos, corresponde a la empresa Contratista.

Por tanto, el Control de Calidad de Producción le corresponde al Contratista, que lo desarrollará encuadrado en un Plan de Ensayos redactado a tal fin y aprobado por la Dirección de Obra o la empresa promotora.

Se entiende que los factores fundamentales para la producción con calidad, por parte de dicho Contratista, de la obra objeto del presente proyecto, y no de cualquier obra, en abstracto, reside en la capacidad y calidad de los medios personales, materiales y garantías de calidad que se aporten. Entre ellos:

- Formación y experiencia de los medios personales de producción, tales como Jefe de Obra, Jefe de Producción, Encargados, Capataces, Maguinistas, etc. (el control del Contratista en





- este aspecto supone "asegurarse" de que los medios personales de producción tienen la capacidad de producir con calidad).
- Capacidad y calidad de los medios materiales de producción, tales como maquinaria de movimiento y compactación de tierras, instalaciones de fabricación y colocación de materiales (hormigón, aglomerado, etc.). (Nuevamente, el control del Contratista en este aspecto supone "asegurarse" de que los medios materiales de producción tienen la capacidad de producir con calidad.)
  - Personal y medios utilizados por el Contratista para el Control de Calidad de los Materiales y Equipos, básicamente en origen (productos prefabricados, manufacturados, préstamos, etc.), realizado desde el lado del Contratista y por él. (Asimismo, la disposición de este personal y medios por parte del Contratista supone "asegurarse" de que la probabilidad de que la parte contratante acepte las unidades de obra correspondientes será alta.)
  - Análogamente, personal y medios utilizados por el Contratista para el Control de Calidad de la Ejecución (CCE), y Control de Calidad Geométrico (CCG), en la comprobación de la idoneidad de los procedimientos de construcción, de tolerancias, replanteo, etc. (Igualmente, la disposición del personal y medios de control por parte del Contratista supone "asegurarse" de que la probabilidad de que la parte contratante acepte las unidades de obra correspondientes será alta.)
  - Redacción e implantación de un adecuado Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC), (uno de cuyos aspectos es el control de calidad)

Son los medios anteriores, las causas u orígenes que permitirán el efecto de producir con calidad, o dicho de otra forma "asegurarla". Quien tiene la capacidad directa de actuación sobre tales causas es el Contratista.

Otra cosa distinta a disponer los medios adecuados referidos para producir con calidad es verificar que, efectivamente, la calidad contratada se produce. Esta función que corresponde a la parte contratante, a través de inspecciones, pruebas, ensayos, etc., es lo que constituye el Control de Calidad de Recepción y que en general, sólo en lo que hace al Control de Calidad de Materiales (CCM) se realizará con los medios de un Laboratorio de Ensayos. El resto de los otros dos conceptos de control (CCE y CCG) se realizará mediante el equipo de Dirección de Obra.

En definitiva, el Contratista a través de su Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC) se responsabiliza de su propia gestión de la calidad, con independencia de la verificación (o recepción) por parte de la Dirección de Obra mediante su Plan de Supervisión de la Calidad (PSC).

El Plan de Aseguramiento de la Calidad del Contratista, será considerado como un Control de Calidad de Producción, necesario para que el propio Contratista pueda disponer, por un lado y a su juicio y riesgo, de la suficiente garantía de que serán aceptados, en principio, por la parte contratante, los materiales, unidades de obra, equipos, instalaciones de producción, procedimientos, tolerancias, etc., aportados o ejecutados por él o por terceros, subcontratados por él. Las pruebas o ensayos que incluya el Plan de Aseguramiento de la Calidad del Contratista serán para su propia gestión de la calidad.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Las comprobaciones, ensayos, etc. para la aceptación inicial, rechazo o aceptación inicial con penalización de los materiales, unidades de obra, equipos, etc. por parte de la parte contratante, serán realizadas por la Dirección de Obra, para lo cual ésta contará con los medios personales y materiales oportunos, independientes de los del Contratista.

El Contratista enviará a la Dirección de Obra durante la ejecución de la obra y periodo de garantía, puntualmente y a diario, la documentación generada por el Plan de ensayos de Autocontrol de la Calidad. La Dirección de Obra comprobará que dicho Plan se encuentra correctamente implantado en obra. Dado que el PAC del Contratista es un control de producción y va dirigido a producir con calidad, los costes derivados del mismo se considerarán incluidos en el alcance del contrato de ejecución de la planta fotovoltaica.

El Contratista redactará un Plan de Aseguramiento de la Calidad de Construcción específico de la obra, el cual deberá cumplimentar como mínimo todo lo expuesto en el presente proyecto referente a lo que establezcan los procedimientos de su sistema de calidad. En caso de detectar el Informe de Supervisión de la Dirección de Obra deficiencias en el PAC, éstas deberán subsanarse.

La Dirección de Obra comprobará el cumplimiento de dicho Plan y que se encuentra correctamente implantado en obra; para ello verificará que el Contratista realiza todos los ensayos señalados en el Plan redactado y aprobado. Asimismo, la Dirección de Obra podrá cambiar por necesidades de la obra el número y tipos de ensayos, respetando en todo caso el importe ofertado por el Contratista obtenido por la medición de los diferentes ensayos propuestos por el precio unitario de los mismos.

### 3.8.2 CONTROL DE CALIDAD DE RECEPCION POR DIRECCION DE OBRA

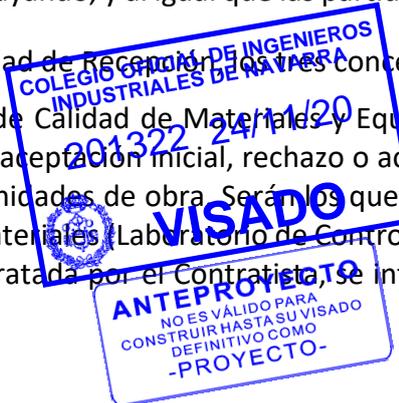
El control de calidad de recepción le corresponde a la Dirección de Obra, que lo desarrollará encuadrado en un Plan de Supervisión de la Calidad (PSC) redactado e implantado en la obra.

En cuanto al control de calidad de materiales y equipos (CCM), lo realizará la empresa especializada de control de calidad de materiales que, contratada por el Contratista, se integrará en el equipo de la Dirección de Obra, encuadrado dentro de su Plan de Aseguramiento de la Calidad.

Este control de calidad de los materiales (CCM), al ser de verificación o contraste por parte de la Dirección de Obra, se le abonará al Contratista según las partidas del anejo de control de calidad del proyecto, tal como se vayan ensayando, y al igual que las partidas del capítulo de Seguridad y Salud.

Se entiende por Control de Calidad de Recepción los siguientes conceptos siguientes:

- Los ensayos de Control de Calidad de Materiales y Equipos (CCM) que servirán de base al Director de Obra para la aceptación inicial, rechazo o aceptación inicial con penalización de los materiales o de las unidades de obra. Serán los que realice la Empresa especializada de Control de Calidad de Materiales (Laboratorio de Control de Calidad de Materiales y Equipos de Recepción) que, contratada por el Contratista, se integrará en el equipo de la Dirección de Obra.





- Los Controles de Calidad de la Ejecución (CCE), (procedimientos de inspección, tolerancias, tarados, de los medios de producción, etc.), que servirán de base al Director de Obra para la aceptación inicial, rechazo o aceptación inicial con penalización de las unidades de obra implicadas, serán los que realice el Control de Calidad de Ejecución, que ejecutará directamente el equipo de Dirección de Obra.
- El Control de Calidad Geométrico (CCG) (Topografía, replanteos, tolerancias geométricas, etc.) que servirán de base al Director de Obra para la aceptación inicial, rechazo o aceptación inicial con penalización de las unidades de obra implicadas, que realizará directamente el equipo de Dirección de Obra.

Es de señalar que las citadas aceptaciones iniciales pasarán a definitivas, cuando transcurrido el plazo de ejecución, primero, y de garantía de la obra, después, no se aprecien deficiencias en las mismas. Todo ello sin perjuicio de la responsabilidad decenal que establece el Artículo 1.591 del Código Civil.

La Dirección de Obra comprobará que el Plan de supervisión de la calidad se encuentra correctamente implantado en obra, verificando que el número y tipo de ensayos son exactamente los expuestos por el contratista en el contrato de ejecución de obra.

Por requerimientos de la obra, podrá variar el número de ensayos y tipos, pero sin reducir el importe ofertado por el Contratista obtenido por la medición de los diferentes ensayos propuestos y multiplicado por el precio unitario de los mismos.

Los gastos adicionales de ensayos u otros controles y trabajos a realizar por la Empresa de Control de Calidad de Recepción o por la Dirección de Obra, o bien por terceros contratados al efecto por la empresa promotora, en razón de previsible defectos de calidad, detectados ya sea durante el periodo de construcción o de garantía, serán abonados por el Contratista en el caso de confirmación de la existencia de defecto.

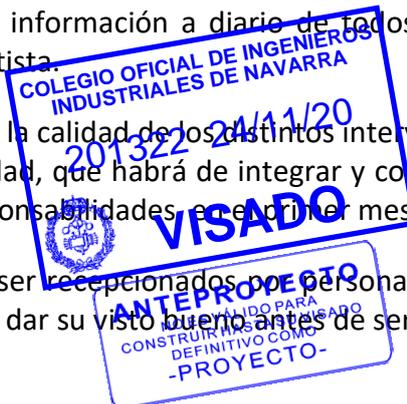
El Contratista será informado previamente por la Dirección de Obra de las razones por las que tales trabajos son requeridos. Los referidos defectos serán corregidos, a su cargo, por el Contratista, excepto que sea probado que no son de su responsabilidad como adjudicatario y ejecutor de la obra.

El Contratista recibirá a diario puntual información de los resultados de todas las inspecciones, ensayos, controles, etc. que realice el control de calidad de recepción y la Dirección de Obra, ya sea durante la realización de las obras o durante el periodo de garantía; y, recíprocamente, la Dirección de Obra recibirá puntualmente información a diario de todos los documentos generados en la aplicación del PAC por el Contratista.

Los planes de aseguramiento de la calidad de los distintos intervinientes en la obra formarán parte del esquema director de la calidad, que habrá de integrar y completar la Dirección de Obra, en el ejercicio de sus funciones y responsabilidades, en el primer mes después de la firma del contrato.

Todos los materiales deben de ser recepcionados por personal cualificado antes de su puesta en obra. La Dirección de Obra debe dar su visto bueno antes de ser colocado.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIIN





### 3.9 APROBACION DE SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES

Los subcontratistas y proveedores que vayan a desarrollar trabajos en la obra deberán ser autorizados por el Director de Obra y/o la empresa promotora, habiendo sido previamente aprobado por el Jefe de la obra.

Los trabajos deberán ser realizados por empresas homologadas en las distintas especialidades que se precise en la obra.

Al menos una semana antes del comienzo de los trabajos por parte de una subcontrata o proveedor, el Contratista presentará a la Dirección de Obra una "Solicitud de aprobación", en el que se incluyan los datos que la Dirección de Obra y el Coordinador de Seguridad y Salud requieran.

El Director de Obra dará, en su caso, su aprobación provisional del subcontratista o proveedor, lo que no significa que después, durante la ejecución de la obra, pueda ser recusado alguno de los citados.

El Director de Obra facilitará a la empresa promotora la documentación correspondiente de las empresas subcontratistas y proveedores aprobados provisionalmente.

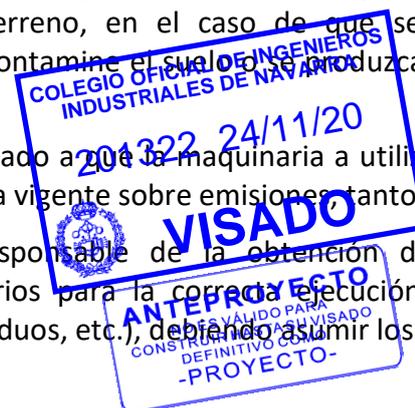
Idéntico trámite deberá realizarse en los supuestos de trabajos subcontratados por empresas a su vez subcontratistas del Contratista principal (subcontratación en cascada), debiendo el Contratista especificar esta circunstancia a la Dirección de Obra en dicha solicitud de aprobación.

La documentación de aprobación de subcontratistas y proveedores se archivará en una carpeta específica, que contendrá un dossier para cada subcontrata o suministro aprobado.

### 3.10 GESTION MEDIOAMBIENTAL

La empresa promotora o empresa designada a tal fin por esta, definirá las actuaciones medioambientales a realizar teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

- La responsabilidad de los residuos recae en la empresa Contratista, que será responsable de su gestión y asumirá los gastos que se deriven de ello.
- Será responsabilidad de la empresa Contratista el ejecutar las medidas oportunas, hasta la total restitución del terreno, en el caso de que se produzca un accidente y como consecuencia de él se contamine el suelo o se produzcan vertidos accidentales a un cauce público.
- El Contratista está obligado a que la maquinaria a utilizar en la realización de los trabajos cumpla con la normativa vigente sobre emisiones tanto de gases como sonoras.
- El Contratista será responsable de la obtención de los correspondientes permisos administrativos necesarios para la correcta ejecución de la obra (consumos de agua, vertidos, gestión de residuos, etc.), debiendo asumir los costes que de ello derive.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- El Contratista designará a la persona, o grupo de personas, responsables en materia medioambiental. Estas personas reportarán a la Dirección de Obra sobre las acciones y trámites en materia medioambiental.
- El Contratista está obligado a la presentación a la propiedad de un plan de gestión de los residuos de construcción y demolición, conforme estipula el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Igualmente estará obligado al cumplimiento de dicho real decreto en calidad de poseedor de los residuos.

Además de estas consideraciones se deberá atender el Plan de Vigilancia Ambiental de obra, el cual deberá ser facilitado por la empresa promotora.

### 3.11 SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

La empresa promotora o empresa designada a tal fin por esta, facilitara al contratista el Plan de Seguridad y Salud de obra, el cual debe ser cumplido en todas las fases de ejecución de la obra.

Firmado: Jose Javier Barricarte Rivas  
Nº de colegiado: 1228 - Colegio de Ingenieros Industriales de Navarra



Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 4 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

### 4.1 OBJETO

Como aplicación del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre (B.O.E. de 25/10/1997), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se elabora el presente Plan de Seguridad y Salud, que tiene como objeto servir de base para que las empresas contratistas y cualesquiera que participen en la ejecución de las obras del parque fotovoltaico a que hace referencia el presente proyecto, las lleven a efecto en las mejores condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores, cumpliendo así lo expuesto en los artículos del Real Decreto 1627/1997 mencionado anteriormente.

Atendiendo a las disposiciones expuestas en el Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, la prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, se integrará en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en procesos técnicos como en la organización del trabajo, así como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma.

Todo ello según lo establecido en la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, el Real Decreto 39/1997 de 17 de enero de Reglamento de Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, que transpone la Directiva 92/57/CEE de 24 de junio, el presente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo establece sus objetivos en los siguientes puntos:

- Análisis y evaluación de los riesgos laborales de la propia actividad en sus distintas fases constructivas.
- Establecimiento, registro y control sobre las medidas preventivas que responden a los riesgos evaluados.
- Preservar la integridad de los trabajadores y mantenimiento de los bienes en la zona de influencia de las obras.
- Organización del trabajo de tal forma que el riesgo inherente sea el mínimo posible.
- Determinación de las instalaciones y equipos necesarios para establecer tanto la protección individual como la colectiva.
- Establecimiento de las normas de utilización de los elementos de seguridad.
- Proporcionar a los trabajadores los conocimientos necesarios para el correcto uso de los útiles y maquinaria a emplear en la obra.
- Definición de las instalaciones para la higiene y bienestar de los trabajadores.
- Establecimiento de los Primeros Auxilios y evacuación de heridos.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 4.2 VARIACION DEL PLAN

El presente Plan de Seguridad y Salud podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra y de las posibles incidencias que puedan surgir a lo largo de la misma, previa aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución, siguiéndose la necesaria información y comunicación a los representantes de los trabajadores en el Centro de Trabajo, quienes podrán presentar por escrito, y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que se estimen oportunas.

Las modificaciones aprobadas se incluirán en una nueva revisión del Plan, a la que se dará la difusión necesaria, siendo a partir de ese momento de obligado cumplimiento en el interior del recinto de la obra para todo el personal que realice su trabajo en ella.

En todo caso, dichas modificaciones no podrán implicar una disminución de los niveles de protección inicialmente establecidos, y deberán estar técnicamente justificadas.

## 4.3 ALCANCE

El presente estudio de seguridad y salud es de aplicación a todo el personal que interviene en la obra:

- Operarios de cualquier contrata o subcontrata.
- Trabajadores autónomos.
- Técnicos (Dirección facultativa, Coordinador de seguridad, Jefe de obra, Ayudantes).
- Propiedad.
- Etc.

## 4.4 DESCRIPCION DE LA OBRA

El proyecto constructivo consiste en la ejecución de una planta fotovoltaica con conexión a la red eléctrica de distribución, propiedad de la compañía eléctrica ENDESA DISTRIBUCION S.L.U., a la que vierte la energía generada.

Las características técnicas de todos sus componentes se han descrito en la Memoria Técnica, capítulo 1 del presente proyecto.

### 4.4.1 EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto de este proyecto se ubica en las siguientes parcelas del Término Municipal de Sariñena, provincia de Huesca:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322







- Albañiles.
- Electricistas.
- Conductor de grúas móviles y camiones grúas.
- Montadores de estructura y módulos solares.
- Personal técnico experto para la supervisión y puesta en marcha de las instalaciones.

Todas estas personas deberán poseer y recibir información detallada de las operaciones a realizar, utilización conveniente de las máquinas y medios auxiliares, riesgos que implican y utilización necesaria de los medios de protección colectiva, así como el comportamiento personal para combatir dichos riesgos ante situaciones de emergencia, para lo cual se le explicara e informara de todo lo enumerado antes del inicio de los trabajos.

#### 4.4.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

En la finca en la que se van a desarrollar los trabajos no existen interferencias destacables que puedan derivar en riesgos para los trabajadores.

Respecto a viales afectados, son principalmente viales de uso público que sirven de acceso a la obra, por lo que se tendrán en cuenta las medidas de protección para evitar accidentes y colisiones entre vehículos de la obra y personal ajeno a esta.

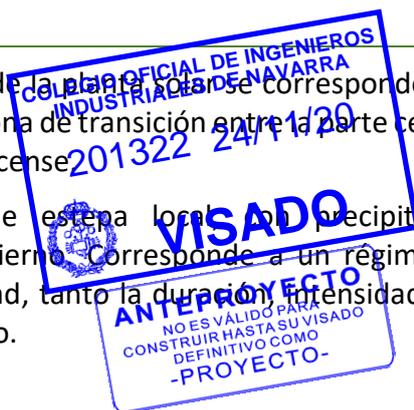
Respecto a corrientes de agua, existen en la parcela cauces de escorrentías de agua de riego agrícola, por lo que se tendrán en cuenta las medidas de protección para evitar caída de personal y maquinaria a dichos cauces.

En la medida de lo posible y mientras duren las obras, se mantendrán en buen estado las vías de tránsito con el objetivo de evitar posibles accidentes. Cuando se restrinja el acceso se señalará de forma clara y se vallara el acceso. El contratista debe cumplir con los requisitos de toda la legislación vigente en materia de regulación de tránsito, en especial el rodado. En todo caso se deberá impedir el acceso de cualquier persona no autorizada a la zona de obras.

#### 4.4.4 CLIMATOLOGIA

Geográficamente, la ubicación de la planta solar se corresponde con la margen izquierda del valle del río Ebro, enclavada en una zona de transición entre la parte central del valle del Ebro y las últimas estribaciones del somontano oscense.

Es un clima mediterráneo de estepa local, con precipitaciones escasas y concentradas principalmente en otoño e invierno. Corresponde a un régimen térmico templado. Por lo que respecta al régimen de humedad, tanto la duración, intensidad y situación estacional en período seco, lo definen como clima seco.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Las lluvias que llegan a la zona provienen de los temporales mediterráneos asociadas a viento del Sureste (aguas arriba del Ebro) y a las aportaciones de tormentas de verano. Los valores del coeficiente de variación interanual de la precipitación son muy elevados, con unas precipitaciones medias de unos 405 mm.

La temperatura media anual es de 13,5 °C, con grandes variaciones anuales, ya que la temperatura media es de 24°C en el mes de julio y de 3,6°C en el mes de enero.

Debido a estas circunstancias, las horas de sol despejado anuales son de 2500, con más de 120 días despejados al año, debido a la influencia del viento racheado del noroeste, denominado Cierzo.

Por lo tanto, se corresponde con una zona de veranos secos, temperaturas con grandes oscilaciones anuales, lluvias irregulares y una fuerte presencia del viento, predominando el de dirección NO denominado "cierzo".

#### 4.4.5 PLAZO DE EJECUCION DE LAS OBRAS

El plazo previsto para la ejecución de la obra es de 10 meses.

#### 4.4.6 DENOMINACION Y ORDEN DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

La denominación y el orden de ejecución de los trabajos a realizar para la materialización de la planta fotovoltaica se describen brevemente a continuación.

##### 4.4.6.1 INSTALACIONES PROVISIONALES

Previamente al inicio de los trabajos de montaje de la planta fotovoltaica, se llevarán a cabo la ejecución de las instalaciones provisionales para garantizar las medidas de seguridad en el trabajo, y que son:

- Instalación de casetas para aseos, descanso, almacén.
- Instalación de vallado de las zonas adecuadas para el personal y acceso a obra.
- Instalaciones provisionales de suministro eléctrico y agua.

Se dotará a las instalaciones provisionales de obra de los medios suficientes para la eliminación de cualquier conato de incendio que pudiera producirse. Se utilizarán extintores de polvo ABC de 6 kg para fuegos genéricos y del tipo CO2 en las inmediaciones de cuadros eléctricos.





#### 4.4.6.2 SEÑALIZACION DE LA OBRA

Se complementará la actual señalización por la provisional de obra y se adaptará a la nueva situación con nuevas señales según proceda. Una vez finalizada la obra, se procederá a colocar la señalización definitiva.

#### 4.4.6.3 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Previo a los trabajos de ejecución de viales, accesos, zanjas y drenajes, se procederá a la preparación del terreno:

Desbroces: Se despejará de tierra vegetal, matorrales, etc., por medios mecánicos, la superficie necesaria para la ejecución del trazado de viales, accesos, zanjas y drenajes. Por otro lado, se procederá a la eliminación de piedras, rocas, elementos estructurales o cualesquiera otras irregularidades o discontinuidades del terreno afectado por las obras.

#### 4.4.6.4 EXCAVACIONES PARA ZANJAS Y CIMENTACIONES

Se realizarán por medios mecánicos la excavación de la zapata de cimentación de los centros de inversores (PowerStation) y las zanjas para el tendido eléctrico.

Las tierras sobrantes de las excavaciones se transportarán con medios mecánicos a zonas de la parcela que no se utilicen en la planta fotovoltaica o a lugar autorizado para tal vertido.

#### 4.4.6.5 CIMENTACION

Se realizarán zapatas de hormigón armado para el apoyo de los equipos que componen los centros de inversores (PowerStation), siguiendo el siguiente orden una vez hecha la excavación:

- Relleno de 10 cms en la base de la zapata con material seleccionado de la propia excavación y compactado con medios mecánicos.
- Vertido de hormigón de limpieza hasta una altura de 10 cm para nivelado y limpieza del fondo de la excavación.
- Realización de la armadura, parcialmente labrada en taller externo, montada y amarrada insitu.
- Instalación de sistema de tierras eléctricas de torres y de tierra de servicio en caso de ser necesario.
- Encofrado de la zapata y apuntalamiento del mismo.
- Hormigonado desde bomba y vibrado del hormigón. Fraguado del hormigón.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Desencofrado.

#### 4.4.6.6 MONTAJE MECANICO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA

Los módulos fotovoltaicos van anclados a la estructura de soporte, que en este caso son seguidores solares de un eje horizontal que van sujetos al terreno mediante postes hincados al mismo. El proceso de hincado se hace mediante procedimientos mecánicos.

Se instalarán las medidas colectivas más apropiadas, dependiendo de las características del terreno y todos los trabajadores utilizarán los EPI's indicados en cada momento por el Coordinador de Seguridad y Salud en las siguientes fases:

- Acopio de materiales. Se realizara en la zona destinada para ello en la obra.
- Realización y montaje de hincados.
- Montaje de estructura metálica (seguidor solar).
- Montaje de paneles solares.
- Instalación de los centros de inversores (PowerStation).

Los trabajos descritos se realizarán acorde a las instrucciones del presente proyecto.

#### 4.4.6.7 INSTALACION ELECTRICA

Los módulos fotovoltaicos irán conectados en series de varios módulos conectados entre si, para finalmente acometer con otras series en paralelo a un cuadro de strings. Desde dicho cuadro saldrá una acometida eléctrica canalizada que conectara con el propio inversor de corriente en el centro de inversores.

Se instalarán las medidas colectivas más apropiadas, dependiendo de las características del trabajo y todos los trabajadores utilizarán los EPI's indicados en cada momento por el Coordinador de Seguridad y Salud en las siguientes fases:

- Conexionado de series de módulos solares.
- Instalación de cuadros de string.
- Instalación y conexionado de acometidas.
- Instalación y conexionado de centros de inversores.
- Instalación y conexionado de línea de evacuación de energía.

Los trabajos descritos se realizaran acorde a las instrucciones del presente proyecto.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.4.6.8 VERIFICACION Y PUESTA EN MARCHA

Una vez finalizados los trabajos de montaje y conexionado, se realizaran las pruebas de verificación completa de la instalación para su posterior puesta en marcha.

Se instalarán las medidas colectivas más apropiadas, dependiendo de las características del trabajo y todos los trabajadores utilizarán los EPI's indicados en cada momento por el Coordinador de Seguridad y Salud.

#### 4.4.7 MEDICINA PREVENTIVA Y SERVICIOS DE EMERGENCIAS

Los edificios de instalaciones auxiliares para el personal de obra estarán dotados con un mínimo de 2 botiquines equipados según la reglamentación vigente con material sanitario, de manera que se pueda realizar una atención sanitaria básica.

Para una atención en la que sea necesario un servicio médico o servicios externos, se indican a continuación las direcciones y teléfonos de interés para el conocimiento de todos los intervinientes en la obra. Dicha información estará expuesta en carteles dentro de la obra.

- Centro de Salud de Sariñena  
Av Zaragoza, 10  
Teléfono: 974 57 12 02
- Hospital de Barbastro  
Carretera Nacional 240 s/n – 22300 Barbastro  
Teléfono: 974 24 90 00
- Bomberos. Teléfono 112
- Emergencias: Teléfono 112
- Policía: Teléfono 112

#### 4.5 DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

Es obligación del empresario adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en los Real Decreto mencionados en el punto 3.2, en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos, locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.5.1 CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

Para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de trabajo en las que exista riesgo de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura. Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos. Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura. Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, estas 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. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75º con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, y el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas. Los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocaran en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar preparadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreesfuerzos previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

#### 4.5.2 ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACION

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.5.3 CONDICIONES AMBIENTALES

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.

#### 4.5.4 ILUMINACION

Al ser un proyecto al aire libre, se depende de la luz natural, por lo que las jornadas de trabajo se realizarán en horas diurnas. No obstante, se instalarán luminarias en las vías de salida de la obra, para casos de emergencia.

#### 4.5.5 SERVICIOS HIGIENICOS Y LOCALES DE DESCANSO

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores. Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado





con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración.

Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2mts del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco o serán de material similar al alicatado. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante o de material similar al gres.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

#### 4.5.6 MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

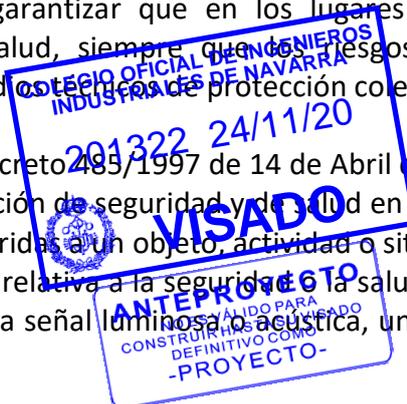
#### 4.6 DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medidas de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad y salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.6.1 OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse
- La extensión de la zona a cubrir
- El número de trabajadores afectados

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

#### 4.7 DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDA Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

#### 4.7.1 OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.7.2 DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

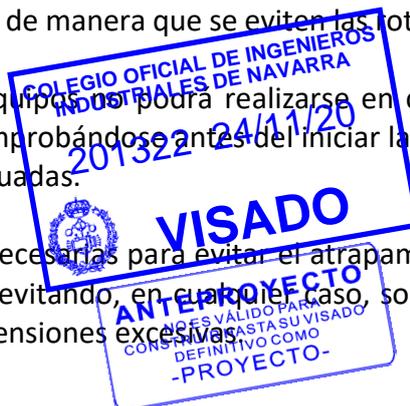
Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.7.3 DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

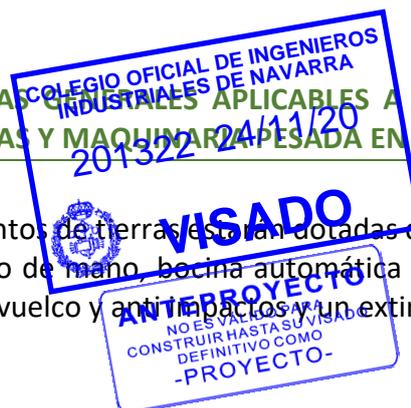
#### 4.7.4 DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con “pestillos de seguridad” y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

#### 4.7.5 DISPOSICIONES MINIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores a ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y anti-impactos y un extintor.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebosada de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos". Con la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### 4.7.6 DISPOSICIONES MINIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA EN GENERAL

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

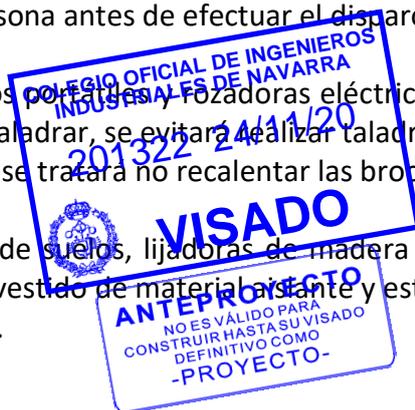
En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como norma general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con la pistola fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros, perforadores y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

#### 4.8 DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.

##### 4.8.1 RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Trabajos en altura

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos eléctricos (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras,
- etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.

#### 4.8.2 MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tabloncillos trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.





Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras.

Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINCO



Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

#### 4.8.3 MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los parámetros verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

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.

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.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

#### 4.8.4 DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

#### 4.9 DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

##### 4.9.1 OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11 2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





### PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

### PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clasificados en 3 tipos.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 4.10 CONTROL DE LA PREVENCION

Previo a la ejecución de la obra, se debe elaborar un Plan de Seguridad y Salud (PSS) en aplicación del estudio de seguridad y salud incorporado en el presente proyecto, y será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud antes de la ejecución de la obra o por la Dirección Facultativa en ausencia de éste.

Una vez aprobado el PSS, será el propio coordinador de Seguridad y Salud el que controlara su aplicación práctica, dando además todas las instrucciones que considere necesarias durante la ejecución de la obra y que no hayan sido incluidos en el presente estudio.

Del mismo modo, una vez aprobado el PSS, en aplicación del artículo 4º, 3 de la Ley 54/2003, que añade a la LPRL 31/1995 el artículo 32.bis, se designará Recurso Preventivo. En aplicación de lo dispuesto en el artículo segundo del R.D. 604/2006, el cual que incorpora una disposición adicional única en el RD 1627/97 se tendrá en cuenta:

- En el Plan de Seguridad y Salud se determinará la forma de llevar a cabo la presencia de los recursos preventivos: estarán presentes en los trabajos que se indican en el anexo II del RD 1627/97 y el CT 39/2004 sobre la presencia de Recursos Preventivos a requerimiento de la Inspección de Trabajo y la Seguridad Social.
- Cuando, como resultado de la vigilancia, el Recurso Preventivo observe un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas o ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las medidas preventivas, deberá dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas previstas en el PSS y poner tales circunstancias en conocimiento del Contratista/s para que se adopten las medidas necesarias para corregir las deficiencias observadas.

En ausencia del Recurso Preventivo, actuará como Recurso Preventivo el Jefe de obra o encargado en ausencia de este, que tendrán los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en las actividades o procesos definidos en la ley y cuenten con la formación de nivel básico, como mínimo. En este supuesto, tales trabajadores deberán mantener la necesaria colaboración con los recursos preventivos del empresario.

Se solicitará el Nombramiento de un Responsable de Seguridad a cada una de las empresas subcontratadas y autónomos que participen en la obra, quedando constancia de ello por escrito.

La figura del Recurso Preventivo en la obra de acreditada competencia será la encargada de organizar, dirigir y mantener el control y supervisión de los trabajos realizados por empleados de la empresa así como de los realizados por otras empresas subcontratadas. En particular deberá:

- Velar por el cumplimiento de las medidas preventivas establecidas en el PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD de la obra y en las disposiciones contractuales del Promotor.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINNA



- SUPERVISAR y controlar de forma continuada el cumplimiento de las normas de seguridad por parte de trabajadores propios como de trabajadores subcontratados.
- No permitir que se trabaje en condiciones de falta de seguridad, poniendo especial interés en las actividades calificadas de ESPECIAL RIESGO por la legislación vigente: Anexo II del R.D. 1627/97 y Anexo I del R.D. 39/97.
- Procurar que los trabajos se desarrollen en buen estado de ORDEN Y LIMPIEZA.
- Controlar el uso efectivo de los EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI's) necesarios para los trabajos, así como encargarse de su suministro y reposición.
- Supervisar la correcta ubicación y funcionamiento de las PROTECCIONES COLECTIVAS (barandillas de protección, redes, pasarelas, etc.), no permitiendo los trabajos si éstas no existen o han sido anuladas.
- Controlar el buen estado y correcto funcionamiento de la MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES empleados.
- INFORMAR puntualmente a su superior jerárquico y al Jefe de PRL de las incidencias que se produzcan en materia de seguridad.
- Tener a mano una lista con las DIRECCIONES Y TELÉFONOS de los centros sanitarios y de extinción de incendios más cercanos, por si fuese necesario en caso de accidente.
- Deberá supervisar la fase de montaje y desmontaje de los ANDAMIOS, así como revisarlos y dejar constancia de ello antes del uso de los mismos por los trabajadores. Podrá delegar estas labores en otra persona de la propia empresa o externa con capacidad para ello (curso básico de PRL de 50h y experiencia mínima de 2 años).
- Mantendrá la necesaria colaboración con los RECURSOS PREVENTIVOS de las subcontratas.

### Inspecciones periódicas

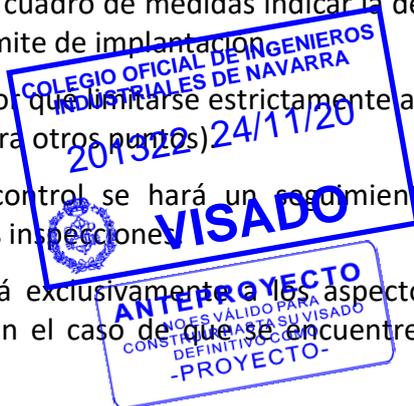
Periódicamente se realizarán visitas por un Servicio de Prevención que se ajustan al siguiente procedimiento:

- Las inspecciones en obra se realizarán siguiendo un formato interno.
- En caso de detectar una deficiencia se indicará esta circunstancia en el apartado correspondiente, y en el cuadro de medidas indicar la descripción de la medida a tomar, el responsable y la fecha límite de implantación.
- La inspección no tiene por qué limitarse estrictamente a los puntos del formato. (Utilizar el campo observaciones para otros puntos).
- Asimismo, durante el control se hará un seguimiento de las anomalías no cerradas detectadas en anteriores inspecciones.
- La inspección se referirá exclusivamente a los aspectos que se pueden observar en el momento de la visita. En el caso de que se encuentren evidencias suficientes o riesgos

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



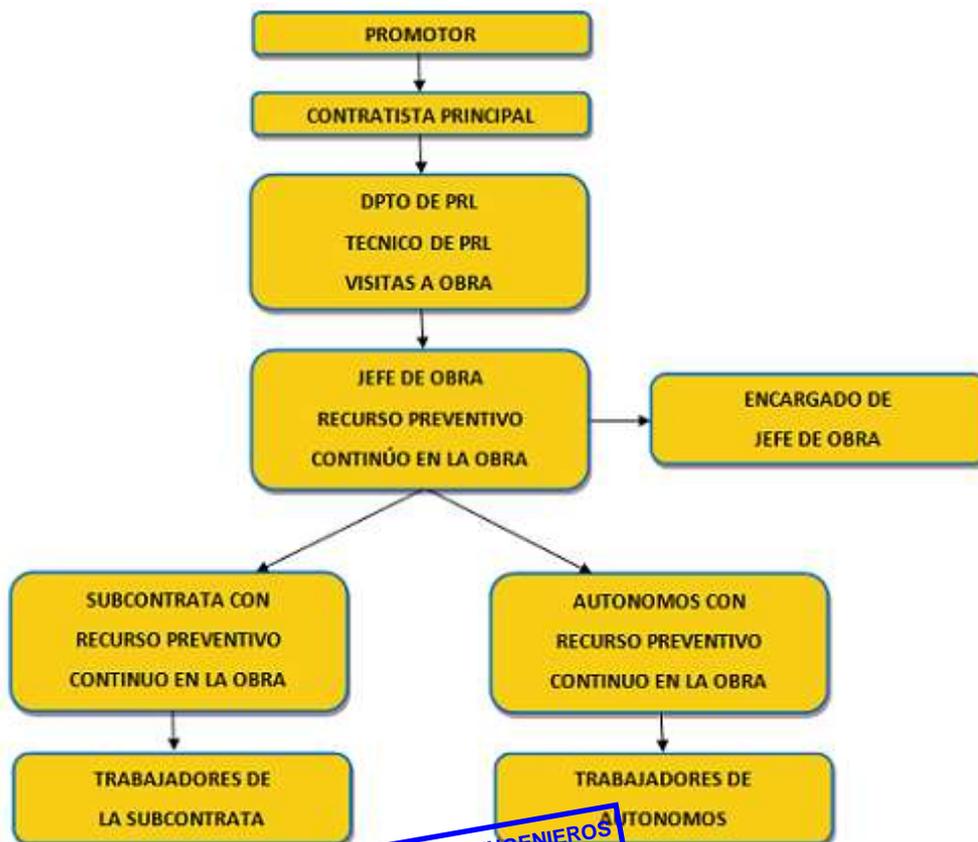


producidos durante operaciones no realizadas en el momento de la visita, se indicarán en el mismo formato.

- Entre los puntos a supervisar se incluirá, de manera sistemática, la actuación de los trabajadores respecto a la observación de las medidas de prevención y protección, cumplimiento de instrucciones de trabajo y comportamiento seguro.

#### 4.10.1 ORGANIZACION

Para la realización de un correcto control de la prevención en la obra, se crea un organigrama de Seguridad en Obra y responsabilidades en materia de Prevención de Riesgos Laborales, que viene definido por la siguiente figura, detallando a continuación las responsabilidades más importantes para cada cargo:



#### Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales PRL.

- Planificar junto con el equipo de obra las medidas preventivas y protecciones colectivas de los trabajos por comenzar.
- Tener una correcta gestión y control de la documentación de PRL a aplicar en obra.

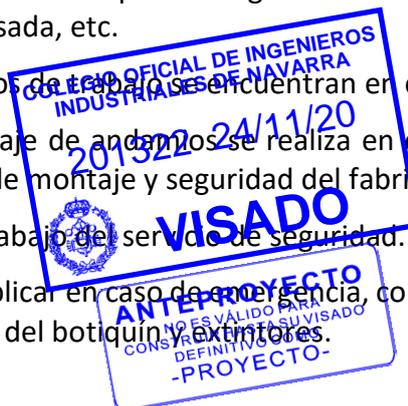




- Comprobar que el personal de obra está autorizado para trabajar en virtud del cumplimiento de los requisitos legales.
- Verificación del cumplimiento de las medidas de seguridad dispuestas en el PSS.
- Paralización de los trabajos que supongan riesgo grave o riesgos inminentes.

### Jefe de Obra

- Máximo responsable de la aplicación en obra del Plan de Seguridad, para lo que dispondrá de todos los medios que estén a su alcance.
- Conocer el PSS a aplicar, cumplir y hacer cumplir las normas de seguridad y medidas preventivas.
- Coordinar las actividades de los subcontratistas y personal propio en materia de PRL.
- Mantener al día la documentación de PRL.
- Controlar el cumplimiento de las obligaciones de los subcontratistas y exigir su cumplimiento.
- Planificar las medidas preventivas a aplicar en cada momento.
- Paralización de los trabajos que supongan riesgo grave o riesgos inminentes.
- Conocer las medidas a aplicar en caso de emergencia y ordenar los recursos y actuaciones en caso de accidente, incendio, etc.
- Informar al Técnico Superior de PRL sobre las incidencias ocurridas en la obra, así como las necesidades que hubiere para el cumplimiento del PSS.
- Poner en conocimiento del coordinador y solicitar la autorización de la dirección facultativa en el caso de superar de forma excepcional los niveles de subcontratación.
- Controlar y supervisar que las medidas preventivas se encuentran antes del inicio de cada trabajo.
- Controlar y exigir el uso de EPIs y protecciones colectivas.
- No permitir que se trabaje en condiciones de falta de seguridad, poniendo especial interés en las actividades calificadas de especial riesgo como trabajos en zanjas, en altura, con riesgo eléctrico, maquinaria pesada, etc.
- Controlar que los espacios de trabajo se encuentran en condiciones de orden y limpieza.
- Comprobar que el montaje de andamios se realiza en condiciones de seguridad según las normas e instrucciones de montaje y seguridad del fabricante.
- Controlar y ordenar el trabajo del servicio de seguridad.
- Conocer las medidas a aplicar en caso de emergencia, conocer los teléfonos de emergencias, así como las ubicaciones del botiquín y extintores.





- Controlar el acceso de personal autorizado a la obra.

#### Recursos preventivos de las contratatas.

- Conocer el PSS y aplicar las medidas y normas de seguridad en sus trabajos.
- Conocer las medidas a aplicar en caso de emergencia, conocer los teléfonos de emergencias, así como las ubicaciones del botiquín y extintores.
- Informar a sus trabajadores de los riesgos, normas de seguridad y medidas a aplicar en la obra.
- Paralización de los trabajos que supongan riesgo grave o riesgos inminentes.
- Planificar las medidas de seguridad antes del inicio de los trabajos.
- Comprobar la idoneidad de dichas medidas de seguridad.
- Coordinarse con el resto de recursos preventivos y con el jefe de obra.

#### Operarios y trabajadores.

- La subcontrata informara a sus trabajadores sobre los riesgos, medidas preventivas y normas de seguridad recogidas en el PSS.
- Aplicar en el ámbito de sus responsabilidades dichas normas.
- No comenzar un trabajo cuando estimen que existe un riesgo grave o inminente para su seguridad.
- Hacer uso y cuidar los EPIs que les sean entregados.
- Cumplir y hacer cumplir a sus compañeros las normas de seguridad.
- Comunicar a su superior, jefe de obra técnico de PRL, etc, cualquier incumplimiento de las medidas de seguridad.
- Colocación, mantenimiento y reposición de protecciones colectivas, señalización de trabajos, y resto de medidas de seguridad que se les asignen.
- Conocer las medidas a aplicar en caso de emergencia, conocer los teléfonos de emergencias, así como las ubicaciones del botiquín y extintores.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



#### 4.10.2 COORDINACION EMPRESARIAL RD171/2004



El contratista aplicará a la obra el cumplimiento de los requisitos legales del RD 171/2004, que le son de aplicación:



**Documentalmente:** Para controlar la implantación de las medidas de prevención contempladas en el PSS, se dispondrá en la obra de una carpeta con la información necesaria para mantener al día la documentación y registros generados de prevención:

- Acta de aprobación del Plan de Seguridad y Salud
- Plan de seguridad y Salud.
- Libro de visitas de la Inspección de Trabajo.
- Apertura del centro de trabajo
- Libro de incidencias.
- Libro de subcontratación o ficha del anexo a la Ley 32/2006 hasta la redacción del reglamento que lo regule.
- Nombramiento de Recurso Preventivo
- Documentación relativa a subcontratistas
  - Entrega y Adhesión al plan (a la firma del contrato),
  - En el contrato se indicará igualmente que la empresa Subcontratista cumple con lo dispuesto en la LPRL 31/95 y su posterior desarrollo normativo (en especial RD 1627/97 y Ley 32/2006) y Nombramiento del Recurso Preventivo.
  - Documentación relativa a sus trabajadores
    - Alta SS de los trabajadores.
    - Formación en materia de PRL e información de los riesgos concretos contenidos en el PSS al que se han adherido.
    - Reconocimientos médicos
    - Entrega de EPIs
- Documentación relativa a accidentes.
- Informes de visitas del coordinador o anotaciones en el Libro de Incidencias, inspector de trabajo, servicio de prevención,...
- Etc.

**Mediante reuniones de Seguridad y Salud en obra:** se constituirá una Comisión de Coordinación formada por:

- El Jefe de Obra, que hará las funciones de presidente.
- Un representante en materia de seguridad y salud de cada una de las empresas que desarrollen trabajos en obra.
- Cada uno de los trabajadores autónomos intervinientes.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Los delegados de prevención y/o representantes de los trabajadores de las empresas citadas.
- Los delegados de prevención y/o representantes de los trabajadores de las empresas de próxima incorporación (si se conocen).
- Los técnicos de los Servicios de Prevención Ajenos de las empresas intervinientes.
- Los técnicos de los Servicios de Prevención Ajenos de las empresas de próxima incorporación (si se conocen).

En el seno de dicha comisión, se llevarán a cabo reuniones de seguridad en la obra de forma ordinaria con frecuencia mensual y, de forma extraordinaria, cuando las circunstancias lo hagan necesario o así lo solicite la mayoría de los miembros de la comisión y a las que se convocará a las personas mencionadas. El objetivo de estas reuniones de seguridad será revisar las medidas preventivas previstas en el plan de seguridad y salud para las actividades que se van a realizar, adoptando nuevas medidas si se estima oportuno, coordinar los trabajos en los casos de interferencia entre varias actividades de obra y revisar el grado de implantación de la seguridad en la obra, cumpliendo con lo estipulado en el RD 171/2004. Por otro lado este será el foro en el que se hará efectiva la consulta y participación de los trabajadores en la seguridad de la obra.

Por otro lado, en la obra se mantendrá el Libro de visitas, Libro de Incidencias, copia del Plan de Seguridad y Salud, Libro de Subcontratación y toda la documentación relativa a trabajadores (alta en la SS, formación PRL, Certificados de aptitud médica y entrega de EPIs, informes de investigación si procede, etc.)

#### 4.10.3 INFORMACION Y FORMACION A LOS TRABAJADORES

La formación e información de los trabajadores sobre riesgos laborales y métodos de trabajo seguro a utilizar, son fundamentales para el éxito de la prevención de los riesgos laborales y realizar la obra sin accidentes.

Se informará y formará a todo el personal que participe en la obra de los riesgos propios de su actividad laboral, de los procedimientos de seguridad y salud que deben aplicar, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios para su protección, antes del inicio de los trabajos. Se les entregará igualmente un manual de seguridad del trabajador con los riesgos generales en la construcción, las medidas preventivas y normas de seguridad.

#### 4.10.4 MUTUA DE ACCIDENTES

Para cubrir las necesidades del personal de la empresa, tanto a nivel asistencial como para las coberturas necesarias en caso de accidente, se tiene tendré contratada una mutua.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Cada Subcontrata y Trabajador autónomo tendrán contratada con una Mutua, tanto a nivel asistencial como para las coberturas necesarias en caso de accidente. Las direcciones y teléfonos de emergencia se unirán a los Planos del Plan de Seguridad y Salud.

En relación con la medicina preventiva, para evitar en lo posible las enfermedades profesionales y los accidentes derivados de trastornos físicos, síquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, se prevé que tanto la empresa como los subcontratistas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realicen los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y que así mismo, todos ellos, exijan puntualmente este cumplimiento, al resto de las empresas que sean subcontratadas por cada uno para esta obra.

Los reconocimientos médicos, además de las exploraciones competencia de los médicos, detectarán lo oportuno para garantizar que el acceso a los puestos de trabajo, se realice en función de la aptitud o limitaciones físico síquicas de los trabajadores como consecuencia de los reconocimientos efectuados.

En el pliego de condiciones particulares se expresan las obligaciones empresariales en materia de accidentes y asistencia sanitaria.

#### 4.10.5 ACTUACIONES EN CASO DE EMERGENCIA

Proceso de actuación en caso de emergencia:

- Evacuación de la obra.
- Atención de primeros auxilios, si fuera necesaria.
- Aviso a los servicios competentes: bomberos, ambulancia, etc, de los que se mantendrán expuestos los teléfonos de contacto en la caseta de obra.
- Aviso a la Organización: de forma estándar se contactará con el Adjunto a Producción.

En el PSS se desarrollará el Plan de autoprotección y se indicarán las medidas en caso de emergencia.

El Jefe de Obra o el Encargado será responsable de realizar estos pasos en caso de emergencia.

#### 4.10.6 ACTUACIONES EN CASO DE EMERGENCIA

##### Asistencia médica

En caso de accidente se podrá asistir al accidentado mediante:

- Botiquín.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Asistencia médica (Mutua o Centro Médico más cercano. Ver cartel con los teléfonos expuesto en la caseta de obra)

Como resultado de la asistencia médica, la Mutua o el Centro médico que haya prestado los servicios entregarán al trabajador un Parte de asistencia médica y en caso de baja laboral, el Parte de baja en el que se indicará la gravedad del accidente. El trabajador deberá entregar la copia para la empresa del parte de baja.

Se actuará de la misma forma a la incorporación del trabajador (Parte de alta).

### Comunicación

Cualquier accidente detectado en obra, sea de personal del Contratista o de subcontratistas, será comunicado al Jefe de obra y éste avisará al Jefe de PRL y al Coordinador de Seguridad y Salud en obra.

En caso de accidente mortal, muy grave, grave o si afecta a más de cuatro trabajadores, el Jefe de PRL avisará también al Director de Organización y Sistemas y al Director General de forma inmediata.

Sólo en el caso de accidentes de personal del CONTRATISTA, el Jefe de PRL lo comunicará inmediatamente al Jefe de RRHH y a la Asesoría externa, mediante el formato Notificación de Accidente, debidamente cumplimentado. Ésta última, lo comunicará al Ministerio de Trabajo mediante el sistema DELTA, en los siguientes plazos, atendiendo al tipo de accidente:

- Mortal, muy grave, grave o si afecta a más de cuatro trabajadores, se debe notificar en el plazo de 24h.
- Leve con baja laboral, se debe notificar en el plazo de 5 días hábiles.
- Leve sin baja laboral, se debe notificar en los 5 primeros días hábiles del mes siguiente.

EL Jefe de PRL solicitará copia del Parte de Accidente generado por el sistema DELTA a la asesoría externa y lo archivará con la documentación del accidente.

### Investigación e informe

Se investigarán todos los accidentes que sucedan (con o sin baja) y aquellos incidentes que determine el Jefe de PRL.

Si el accidente es leve, el Jefe de obra realizará el correspondiente Informe de Investigación de Accidentes, según el Informe de Investigación de Accidentes, o bien si el accidentado es subcontratado y la empresa subcontratista aporta Informe de investigación, el Jefe de obra, participará en dicha investigación y aprobará el Informe con su firma.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Tanto en obra como en oficina, los accidentes graves, muy graves y mortales serán investigados por el Servicio de Prevención Ajeno contratado por el CONTRATISTA.

Para la realización de la investigación, se deberá visitar la zona donde ocurrió a fin de tomar los datos necesarios, (lugar, disposición de maquinaria, materiales, señalización, medidas de protección y prevención existentes en la zona, etc.).

La zona donde ocurrió el accidente debe mantenerse sin cambios hasta que sea realizada la toma de datos de la investigación del accidente, para evitar pérdida/ o deterioro de información.

En la Investigación se determinarán las causas originales del accidente y se tomarán las acciones correctivas que se consideren necesarias.

### Archivo de la documentación.

La documentación que debe archiversse de cada accidente es:

- Parte de Accidente
- Parte de baja laboral
- Parte de alta laboral
- Informe de investigación

El Jefe de Obra archivará y remitirá copia, al Jefe de PRL, de la documentación generada de los accidentes acaecidos en la obra, tanto de personal del CONTRATISTA como del personal subcontratado.

Firmado:

Nº de colegiado:

Jose Javier Barricarte Rivas  
1228 - Colegiado de Ingenieros Industriales de Navarra



Habilitación Profesional	Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS
24/11 2020	
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO ANTEPROYECTO: 201322	





## 5 PLIEGO DE CONDICIONES EN SEGURIDAD Y SALUD

### 5.1 OBJETO

Es objeto de este Pliego de Condiciones es fijar condiciones generales y particulares por las que se desarrollarán los trabajos y se utilizarán las dotaciones de Seguridad y Salud.

### 5.2 MARCO LEGAL

Las disposiciones legales de aplicación serán todas las disposiciones de obligado cumplimiento aplicables a la obra que estén vigentes durante el desarrollo de los trabajos y aquellas que, aun siendo publicadas con posterioridad, entren en vigor durante la ejecución de los mismos.

A continuación, se presenta un listado de la normativa básica de prevención de riesgos laborales, que actualmente es de aplicación durante la ejecución de la obra.

Titulo	Norma	Fecha
Protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes.	Convenio 115 de la OIT	22 de junio 1960
Protección de la maquinaria.	Convenio 119 de la OIT	25 de junio 1963
Peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador.	Convenio 127 de la OIT	28 de junio 1967
Protección de los trabajadores contra riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo.	Convenio 148 de la OIT	20 de junio 1977
Reglamento de Aparatos a Presión.	Real Decreto 1244/1979	4 de abril 1979
Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5. Reglamento de Aparatos a Presión, referente a extintores de incendios.	O.M. 31 mayo de 1982	31 de mayo 1982
Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP7. Aparatos a Presión.	O.M. 1 septiem. de 1982	1 de sept. 1982
Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctrica, Subestaciones y Centros de Transformación.	O.M. 1 septiem. de 1982	1 de sept. 1982
Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctrica, Subestaciones y Centros de Transformación.	O.M. 6 julio de 1984	6 de julio 1984
Orden de 31 de agosto de 1987, sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado. Instrucción 83 de señalización en obra.	Orden 31 agosto 1987. BOE 224 de 18 septiembre de 1987	31 agosto 1987
Libro de Visitas de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social	Resolución 18 febrero 1988	18 febrero 1988
Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM 3. Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, referente a carretillas automotoras de manutención.	O.M. 26 mayo de 1989	26 de mayo 1989
Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios.	R.D. 1942 de 1993	14 de marzo de 1993



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



# ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 6 MW DENOMINADA ESPARTEALES EN EL T.M. DE SARIÑENA (HUESCA)

## 5PLIEGO DE CONDICIONES EN SEGURIDAD Y SALUD



Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.	R.D. 363 / 1995	10 de abril 1995
Ley de Prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/1995	8 noviem. 1995
Reglamento de los Servicios de Prevención.	R.D. 39/1997	17 enero 1997
Señalización de Seguridad y Salud.	R.D. 485 de 1997	14 de abril 1997
Lugares de Trabajo.	R.D. 486 de 1997	14 de abril 1997
Manipulación Manual de Cargas.	R.D. 487 de 1997	14 de abril 1997
Equipos que incluyen Pantallas de Visualización.	R.D. 488 de 1997	14 de abril 1997
Equipos de Protección Individual.	R.D. 773 de 1997	30 mayo 1997
Equipos de Trabajo.	R.D. 1215 de 1997	18 de julio 1997
Obras de Construcción.	R.D. 1627 de 1997	24 octubre 1997
Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención.	R.D. 780 de 1998	1 mayo 1998
Condiciones que deben reunir los extintores de incendios instalados en vehículos de transporte de personas o de mercancías.	O.M. 27 julio 1999	27 julio 1999
Texto Refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.	R.D. 5 de 2000	4 agosto 2000
Riesgo Químico.	R.D. 374 de 2001	6 de abril 2001
Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias: ITC-MIE-APQ-1 (Productos combustibles)	R.D. 379 de 2001	6 de abril 2001
Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias: ITC-MIE-APQ-5 (Botellas a Presión)	R.D. 379 de 2001	6 de abril 2001
Riesgo Eléctrico.	R.D. 842 de 2002	8 junio 2001
Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.	R.D. 842 de 2002	2 agosto 2002
Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.	R.D. 3275 de 1982	12 noviembre 1982
Notificación de los Accidentes de Trabajo, Procedimiento de Transmisión Electrónico Delta.	Orden TAS-2926-2002	19 noviembre 2002
ITC "MIE-AEM-2" Grúas torre para obras.	R.D. 836 de 2003	27 junio 2003
ITC "MIE-AEM-4" Grúas móviles autopropulsadas.	R.D. 837 de 2003	27 junio 2003
Reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales	Ley 54 de 2003	12 diciembre 2003
Seguridad General de los Productos.	R.D. 1801 de 2003	26 diciembre 2003
Coordinación de Actividades Empresariales.	R.D. 171 de 2004	30 enero 2004
Equipos de trabajo para trabajos temporales en altura	R.D. 2177 de 2004	12 noviembre 2004

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Criterio Técnico sobre la presencia de Recursos Preventivos a requerimiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.	CT 39 de 2004	16 diciembre 2004
Riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.	R.D. 1311 de 2005	4 noviembre 2005
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición amianto.	R.D. 396 de 2006	31 abril 2006
Protección de la Salud y la Seguridad de los Trabajadores contra riesgos relaciones con la exposición al ruido	R.D. 286 de 2006	10 marzo 2006
Modificación de Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997	R.D. 604 de 2006	19 mayo 2006
Ley Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.	Ley 32 de 2006	18 octubre 2006
Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.	R.D. 393 de 2007	23 marzo 2007
Sanciones por Infracciones en materia de PRL	R.D. 597 de 2007	4 mayo 2007
IV Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción.	Resolución 1 agosto 2007	1 agosto 2007
Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.	R.D. 1109 de 2007	24 agosto 2007

Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Habilitación Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



Independientemente de la Legislación que se referencia anteriormente, habrá que estar especialmente a lo dispuesto en la legislación siguiente:

- REGULACION DE LA JORNADA DE TRABAJO Y DESCANSOS.
- R.D. 1561/1995 de 21 Septiembre y R.D. 2001/1983 de 28 Julio.
- ESTABLECIMIENTO DE MODELOS DE NOTIFICACION DE ACCIDENTES DE TRABAJO. (O.M. 16 Diciembre 1987, B.O.E. 29 Diciembre 1987).

**Instalaciones eléctricas:**

- REGLAMENTO DE LINEAS AEREAS DE ALTA TENSIÓN, R.D. 3151/1968, 28 Noviembre. B.O.E. 27 Diciembre 1968. Rectificado: 8 Marzo 1969.
- REGLAMENTO SOBRE CENTRALES ELECTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACION, R.D. 3275/1982, 12 Noviembre. B.O.E. 1 Diciembre 1982. Correcciones e Instrucciones Técnicas Complementarias posteriores.
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN, R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre.



**Maquinaria**



- REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN LAS MAQUINAS R.D. 1495/1986. B.O.E. Julio 1986.

### Protecciones Personales

- CERTIFICACION "CE" DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL PARA TRABAJADORES. R.D. 1407/1992, B.O.E. 20 Noviembre 1992 (Directiva 89/686/CEE)

## 5.3 CONVENIOS COLECTIVOS DE LA CONSTRUCCION. SEGUROS

Todas las empresas y trabajadores autónomos que participen o presten servicios en la obra deberán tener activos Seguros de Responsabilidad Civil y de otros Riesgos que cubran tanto los daños causados a terceras personas por accidentes imputables a las mismas o a las personas de las que deben responder, como a los daños propios de su actividad como Constructoras.

## 5.4 DE CARÁCTER GENERAL

El Contratista o constructor principal se someterá al criterio y juicio de la Dirección Facultativa o de la Coordinación de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras.

El Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras será el responsable del seguimiento y cumplimiento del Plan de Seguridad, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1627/97, siendo su actuación independiente de la Dirección Facultativa propia de la obra, pudiendo recaer no obstante ambas funciones en un mismo Técnico.

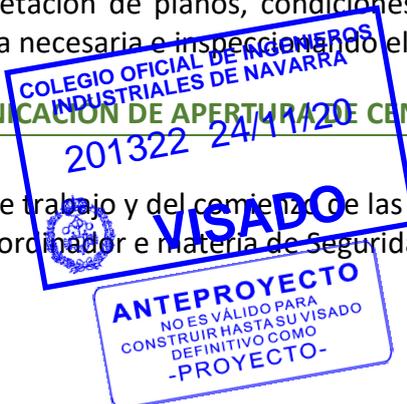
A dicho Técnico le corresponderá realizar la interpretación técnica y económica del Plan de Seguridad, así como establecer las medidas necesarias para su desarrollo, (las adaptaciones, detalles complementarios y modificaciones precisas).

Cualquier alteración o modificación de lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud, sin previa autorización escrita de la Dirección Facultativa o la coordinación en materia de seguridad y salud en fase de ejecución de las obras, podrá ser objeto de demolición si ésta lo estima conveniente.

La Dirección Facultativa o el coordinador tantas veces citado, resolverá todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de los materiales y ejecución de unidades, prestando la asistencia necesaria e inspeccionando el desarrollo de las mismas.

### 5.4.1 AVISO PREVIO Y COMUNICACIÓN DE APERTURA DE CENTRO DE TRABAJO

Previo a la apertura del centro de trabajo y del comienzo de las obras se le comunicará por escrito a la Dirección Facultativa y al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de obra.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS Profesional

24/11/2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 5.4.2 PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE LA OBRA

Las acciones preventivas que se lleven a cabo en la obra por el empresario, estarán constituidas por el conjunto coordinado de medidas.

En la selección de las medidas preventivas se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que las mismas pudieran implicar, debiendo adoptarse, solamente, cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existen alternativas razonables más seguras.

La planificación y organización de la acción preventiva forma parte de la organización del trabajo, siendo, por tanto, responsabilidad del empresario, quien debe orientar esta actuación a la mejora de las condiciones de trabajo y disponer de los medios oportunos para llevar a cabo la propia acción preventiva.

La acción preventiva deberá integrarse en el conjunto de actividades que conllevan la planificación, organización y ejecución de la obra y en todos los niveles jerárquicos del personal adscrito a la obra, a la empresa constructora principal y a las subcontratas.

El empresario refleja, en la Memoria de este Estudio de Seguridad, la planificación y organización de la acción preventiva, dando conocimiento y traslado de dicha documentación al Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de obra, con carácter previo al inicio de las obras, para su aprobación.

El empresario, en base a la evaluación inicial de las condiciones de trabajo, ha planificado la acción preventiva según se explica en el presente Estudio de Seguridad.

El empresario deberá tomar en consideración las capacidades profesionales, en materia de seguridad y salud, de los trabajadores en el momento de encomendarles tareas que impliquen riesgos graves.

#### 5.4.3 DELEGADO DE PREVENCIÓN – COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD

De acuerdo con la Ley 31/1.995 de 8 de Noviembre, Prevención de Riesgos Laborales, que entró en vigor el 11/02/96, Art. 35, dice que se designarán por y entre los representantes de los trabajadores, Delegados de Prevención cuyo número estará en relación directa con el de trabajadores ocupados simultáneamente en la obra y cuyas competencias y facultades serán las recogidas en el Art.36 de la mencionada Ley.

Al contar la obra con un número de operarios, en una línea de trabajo, superior a 50, es necesario constituir un Comité de Seguridad y Salud, Art. 38 de la Ley 31/95, que estará constituido de forma paritaria por igual número de Delegados de Prevención y Representantes de la Empresa, asistiendo

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





con voz pero sin voto los Delegados Sindicales y Técnicos de Prevención. Las competencias y facultades del Comité serán las recogidas en el Art. 39 la mencionada Ley.

El Comité se reunirá trimestralmente y siempre que solicite alguna de las representaciones en el mismo (Art. 38 de la citada Ley).

#### 5.4.4 OBLIGACIONES DE LAS PARTES

En este apartado se recogen las obligaciones que tienen cada una de las figuras intervinientes en el proceso constructivo de la obra y su seguridad.

##### **Promotor.**

El promotor abonará a la Empresa Constructora, previa certificación de la Dirección Facultativa de Seguridad o del coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución de las obras, las partidas incluidas en el documento Presupuesto del Plan de Seguridad.

Si se implantasen elementos de seguridad incluidos en el Presupuesto durante la realización de obra, estos se abonarán igualmente a la Empresa Constructora, previa autorización de la Dirección Facultativa o del Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras.

##### **Contratista.**

La Empresa Constructora viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Plan de Seguridad y Salud coherente con los sistemas de ejecución que se van emplear. El Plan de Seguridad e Higiene ha de contar con aprobación de la Dirección Facultativa o el Coordinador de Seguridad y Salud y será previo al comienzo de la obra. El Plan de seguridad y salud de la obra se atenderá en lo posible al contenido del presente Estudio de Seguridad y Salud. Los medios de protección personal, vendrán con el correspondiente marcado CE. Caso de no existir éstos en el mercado, se emplearán los más adecuados bajo el criterio del Comité de Seguridad e Higiene, con el visto bueno de Dirección Facultativa o Coordinador de Seguridad y Salud.

La Empresa Constructora cumplirá las estipulaciones preceptivas del Estudio de Seguridad y Salud y del Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte, o de los posibles subcontratistas y empleados.

##### **Coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución**

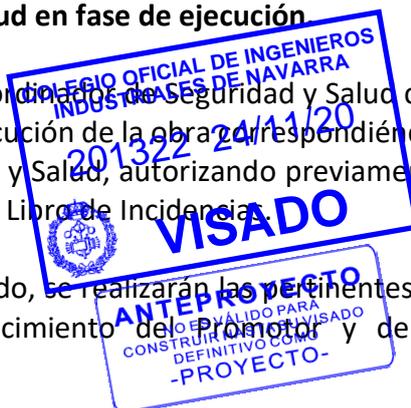
La Dirección Facultativa o el Coordinador de Seguridad y Salud considerará el Estudio de Seguridad como parte integrante de la ejecución de la obra, correspondiéndole el control y la supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

Periódicamente, según lo pactado, se realizarán las pertinentes certificaciones del Presupuesto de Seguridad, poniendo en conocimiento del Promotor y de los organismos competentes el

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





incumplimiento, por parte de la Empresa Constructora, de las medidas de Seguridad contenidas en el Plan de Seguridad.

La Contrata realizará una lista de personal, detallando los nombres de los trabajadores que perteneciendo a su plantilla van a desempeñar los trabajos contratados, indicando los números de afiliación a la Seguridad Social. Dicha lista debe ser acompañada con la fotocopia de la matriz individual del talonario de cotización al Régimen Especial de Trabajadores Autónomos de la Seguridad Social; o en su defecto fotocopia de la Inscripción en el libro de matrícula para el resto de las sociedades.

Asimismo, se comunicarán, posteriormente, todas las altas y bajas que se produzcan de acuerdo con el procedimiento anteriormente indicado.

También se presentarán fotocopia de los ejemplares oficiales de los impresos de liquidación TC1 y TC2 del Instituto Nacional de la Seguridad Social. Esta documentación se presentará mensualmente antes del día 10.

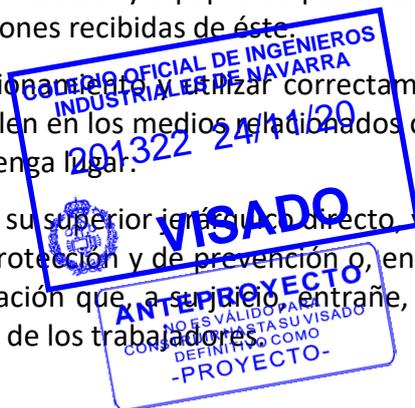
### Trabajadores.

De acuerdo con el artículo 29 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tendrán las obligaciones siguientes, en materia de prevención de riesgos:

1º) Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

2º) Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con la naturaleza de los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- No poner fuera de funcionamiento o utilizar incorrectamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo y a los trabajadores asignados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11  
2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINN



- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

3º) El incumplimiento por los trabajadores de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a que se refieren los apartados anteriores tendrá la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del Estatuto de los Trabajadores o de falta, en su caso, conforme a lo establecido en la correspondiente normativa sobre régimen disciplinario de los funcionarios públicos y del personal estatutario al servicio de la: Administraciones Publicas.

Lo dispuesto en este apartado será igualmente aplicable a los socios de las cooperativas cuya actividad consista en la prestación de su trabajo, con las precisiones que se establezcan en sus Reglamentos de Régimen Interno.

#### 5.4.5 RESPONSABILIDADES Y SANCIONES

Según lo establecido en el capítulo VII de la Ley 31/95, el incumplimiento por parte de las obligaciones de cada figura en materia de prevención de riesgos laborales dará lugar a responsabilidades administrativas, así como, en su caso, a responsabilidades penales y civiles por los daños y perjuicios que puedan derivarse de dicho incumplimiento.

#### 5.4.6 COORDINACION DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES

El empresario principal adoptará las medidas necesarias para que los trabajadores de las demás empresas subcontratadas reciban la información adecuada sobre los riesgos existentes en la obra y las correspondientes medidas de prevención.

Cuando en la obra desarrollen simultáneamente actividades dos o más empresas, vinculadas o no entre sí contractualmente, tendrán el deber de colaborar en la aplicación de las prescripciones y criterios contenidos en este Pliego, conjunta y separadamente. A tal fin, deberán establecerse entre estas empresas, y bajo la responsabilidad de la principal, los mecanismos necesarios de coordinación en cuanto a la seguridad y salud se refiere.

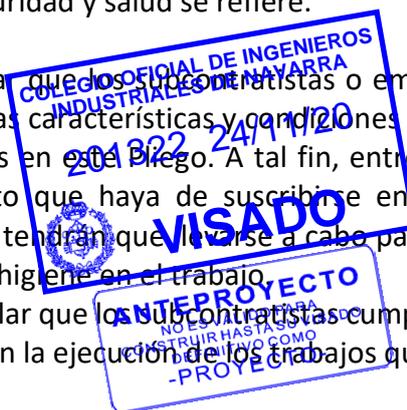
El empresario deberá comprobar que los subcontratistas o empresas con las que ellos contratan determinados trabajos reúnen las características y condiciones que les permitan dar cumplimiento a las prescripciones establecidas en este Pliego. A tal fin, entre las condiciones correspondientes que se estipulen en el contrato que haya de suscribirse entre ellas, deber figurar referencia específica a las actuaciones que tendrán que llevarse a cabo para el cumplimiento de la normativa de aplicación sobre seguridad e higiene en el trabajo.

La empresa principal deberá vigilar que los subcontratistas cumplan con la normativa de protección de la salud de los trabajadores en la ejecución de los trabajos que desarrollen.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 5.4.7 FORMACION E INFORMACION DE LOS TRABAJADORES

El empresario garantizará una adecuada formación siguiendo lo dispuesto en la ley 31/95 de prevención de riesgos laborales y en el RD 1627/97 sobre Seguridad y Salud en obras de construcción.

El empresario garantizará la información siguiendo lo dispuesto en la ley 31/95 de prevención de riesgos laborales y en el RD 1627/97 sobre Seguridad y Salud en obras de construcción.

El empresario garantizará la participación según lo dispuesto en la ley 31/95 de prevención de riesgos laborales y en el RD 1627/97 sobre Seguridad y Salud en obras de construcción.

- Servicios de Prevención
- Representante de los trabajadores
- Delegado y Comité de Seguridad y salud

#### 5.4.8 ASISTENCIA SANITARIA

El empresario deberá asegurar en todo momento, durante el transcurso de la obra, la prestación a todos los trabajadores que concurren en la misma de los servicios asistenciales sanitarios en materia de primeros auxilios, de asistencia médico-preventiva y de urgencia y de conservación y mejora de la salud laboral de los trabajadores.

A tales efectos ha concertado y organizado las relaciones necesarias con los servicios médicos y preventivos exteriores e interiores que correspondan, a fin de que por parte de éstos se lleven a cabo las funciones sanitarias exigidas por las disposiciones vigentes.

Los servicios médicos, preventivos y asistenciales reúnen las características establecidas por las disposiciones vigentes sobre la materia.

Se describirán cada uno de los servicios e instalaciones que están a disposición de los trabajadores de la obra:

- Servicios asistenciales
- Actuación en caso de accidente
- Normas de Primeros auxilios y primeros socorros
- Vacunas
- Contenido del botiquín
- Reconocimientos médicos



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 5.4.9 LIBRO DE INCIDENCIAS

Libro de incidencias de acuerdo con el artículo 13 del Real Decreto 1627/97 existirá en cada centro de trabajo, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Este libro será facilitado por el Colegio Profesional al que pertenezca el Técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud o por la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones Públicas.

El libro de Incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa. A dicho libro tendrán acceso la Dirección Facultativa de la obra, los Contratistas, Subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materias de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con el control y seguimiento del Plan de Seguridad.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la Dirección Facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de 24 horas, una copia a la Inspección de Trabajo y S.S. de la provincia en la que se ejecuta la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

#### 5.4.10 CONTROL PERIODICO DE RIESGOS

Por parte del empresario principal se llevará a cabo durante el curso de la obra una evaluación continuada de los riesgos, debiéndose actualizar las previsiones iniciales, reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud, cuando cambien las condiciones de trabajo o con ocasión de los daños para la salud que se detecten, proponiendo en consecuencia, si procede, la revisión del Plan aprobado al responsable de su seguimiento y control antes de reiniciar los trabajos afectados.

Asimismo, cuando se planteen modificaciones de la obra proyectada inicialmente, cambios de los sistemas constructivos, métodos de trabajo o procedimientos de ejecución previstos, o variaciones de los equipos de trabajo, el empresario deberá efectuar una nueva evaluación de riesgos previsible y, en base a ello, proponer, en su caso, las medidas preventivas a modificar, en los términos reseñados anteriormente.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





#### 5.4.11 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

De acuerdo con lo establecido en el artículo 15 de la Ley 31/95, el empresario podrá concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

Será preceptivo en la obra que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional.

El contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia, imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.

Se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un seguro en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra, con ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

#### 5.4.12 CERTIFICACIONES

Una vez al mes, la empresa constructora o contratista extenderá la valoración de las partidas que, en materia de seguridad, se hubiesen realizado en la obra. La valoración se hará conforme a este estudio y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad. Esta valoración será revisada y aprobada por la dirección facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la propiedad.

El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior, se hará conforme se estipule en el contrato de obra.

Se tendrán en cuenta, a la hora de redactar el presupuesto de este estudio, sólo las partidas que intervienen como medidas de seguridad y salud, haciendo omisión de los medios auxiliares, sin los cuales la obra no se podría realizar.

En caso de ejecutar en obra unidades no previstas en el presente presupuesto, se definirán total y correctamente las mismas y se les adjudicará el precio correspondiente, procediéndose para su abono tal y como se indica en los apartados en este estudio.

En caso de plantearse una revisión de precios, el contratista comunicará a la propiedad esta proposición por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa de la dirección facultativa.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 5.5 DE CARÁCTER TÉCNICO

### 5.5.1 CONDICIONES PREVIAS

La programación de la obra, así como la seguridad de la misma, estará plasmada en el correspondiente planning de obra.

El Coordinador de SS en fase de ejecución tendrá conocimiento de cualquier posible alteración en la programación de los trabajos, todo ello con la suficiente antelación como para poder tomar las medidas suficientes.

Antes de acometer, cualquiera de las operaciones o trabajos preparatorios a la ejecución de la obra, el empresario habrá recabado información previa sobre los siguientes aspectos:

- Estado del solar o edificio.
- Topografía
- Servidumbres de paso.
- Accesos a la obra.
- Espacio para descargas.
- Intensidad y tipo de tráfico de las vías adyacentes.
- Vibraciones u otros efectos negativos que puedan producirse en el entorno de la obra y que puedan afectarle.
- Cimentaciones colindantes.
- Instalaciones existentes.

Todas estas INSPECCIONES Y RECONOCIMIENTOS constatarán y complementarán, si es preciso, las previsiones consideradas en el proyecto de ejecución y en el ESS, en relación con todos aquellos aspectos que puedan influir en las condiciones de trabajo y salud de los trabajadores.

Se atenderá a las prescripciones señaladas en la memoria descriptiva y al planning de obra, acerca de los siguientes elementos:

- Servicios afectados.
- Señalizaciones.
- Vallado del solar.
- Accesos.
- Circulación interior.
- Instalaciones provisionales.
- Mantenimiento.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





## 5.5.2 CONDICIONES DURANTE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS

### 5.5.2.1 LOCALES Y SERVICIOS PROVISIONALES

Las instalaciones auxiliares serán provisionales y deberán situarse en el interior de la parcela, en una zona no afectada por las obras y próxima a la zona de acceso destinada al personal, separada de las de circulación de vehículos y de las áreas de acopio de materiales. Se reflejan tales condiciones en el plano de organización general. Cuando sea imposible la ubicación dentro del propio solar se buscará y justificará la solución más segura para los trabajadores y terceras personas ajenas a la obra.

Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes se dispondrán en los términos en que se expresa el Anexo V del mencionado R.D. 486/97.

Estarán compuestas de vestuario, aseo, comedor, almacén y oficina de obra.

Se dispondrá del personal necesario para la limpieza y conservación de estos locales con las condiciones higiénicas exigibles.

Se proyectan estos locales basándose en módulos prefabricados, cuya composición y distribución se reflejan en el correspondiente plano de detalles. En general, todos los locales provisionales deberán tener una superficie y altura que permita a los trabajadores utilizarlos sin riesgo para su seguridad, salud y bienestar. Todas estas dependencias tendrán acceso independiente desde el exterior, y las puertas deberán abrirse hacia afuera y no estar cerradas, de tal forma que cualquier persona que necesite usarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente. Las ventanas, cuando permanezcan abiertas, no deberán quedar en posición que constituya un riesgo para los trabajadores. Los suelos deberán estar libres de protuberancias, agujeros o planos inclinados peligrosos, y ser fijos, estables y no resbaladizos.

Las superficies de suelos, paredes y techos serán tales que permitirán su limpieza siempre que sea necesario. Todas las dependencias estarán convenientemente dotadas de luz, natural y artificial y ventilación.

Comedores:

Los comedores dispondrán de acceso y salidas así como de mesas en cantidad suficiente par el número de trabajadores que vaya a haber en la obra.

Dispondrán de aparatos adecuados para calentar las comidas, y de suficiente vajilla para los trabajadores que vayan a utilizarlos.

Se instalará algún sistema de calefacción durante el invierno.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Los comedores estarán siempre bien ventilados y en condiciones adecuadas de conservación, higiene y limpieza, reponiéndose todo el material deteriorado.

Locales de descanso:

Se situarán cerca de los servicios higiénicos y comedores, con el fin de que durante las horas de comida y/o descanso estén todos los trabajadores localizados.

Se habilitarán áreas para los fumadores dentro de los locales de descanso para evitar las molestias debidas al humo del tabaco para los no fumadores.

En los locales de descanso, se dispondrá de agua potable y/o máquinas expendedoras de café y/o de refrescos.

Las protecciones colectivas requieren una vigilancia en su mantenimiento que garantice la idoneidad de su funcionamiento para el fin que fueron instaladas. El Delegado de Prevención será el encargado de revisar la situación de estos elementos con la periodicidad que se determine en cada caso y que como pauta general será semanalmente en: casetas de servicios higiénicos, vestuarios, etc.

Aseos:

Los aseos tendrán toalleros automáticos, toallas individuales, secadores de aire caliente o toallas de papel, en cuyo caso se colocarán recipientes adecuados para depositar las toallas usadas.

Los retretes serán de carga y descarga automática de agua corriente y dispondrán de papel higiénico.

Los aseos tendrán una ventilación adecuada y las dimensiones mínimas de las cabinas de los retretes serán de 1 x 1,20 m de superficie y 2,30 m de altura. Dispondrán de agua caliente y fría.

Las duchas estarán en compartimentos individuales, con puertas dotadas de cierre interior y perchas para la ropa.

Los materiales empleados para suelos, paredes y techos serán lisos, continuos e impermeables, para poder emplear con la frecuencia necesaria líquidos desinfectantes o antisépticos.

Todos los elementos propios del aseo tales como grifos, lavabos, desagües y alcachofas de duchas estarán siempre en buen estado de funcionamiento, cambiando los que se hayan deteriorado.

Vestuarios:

Serán dotados de bancos y taquillas metálicas individuales provistas de llave, para que el trabajador pueda dejar su ropa y objetos personales debidamente guardados.

Las medidas de limpieza y conservación de los vestuarios serán las mismas que para los aseos.

La dimensión será de 2 m<sup>2</sup>/trabajador y una altura mínima de 2,3m.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional  
24/11/2020  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
201322 24/11/20  
VISADO  
ANTEPROYECTO  
NO ES VÁLIDO PARA CONSTRUIR HASTA SU VISADO DEFINITIVO COMO PROYECTO



### 5.5.2.2 MEDIDAS A TOMAR DURANTE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución de los trabajos, se prestara especial atención al cumplimiento de los siguientes puntos:

- Orden y limpieza. Estará presente durante la ejecución de todas las fases de la obra.
- Protecciones. Se pondrán en práctica todas las protecciones descritas en la memoria descriptiva del presente estudio, tanto las colectivas como las individuales, y cada una en el momento y lugar señalado.
- Condiciones propias de cada actividad.
- La descripción de trabajos que comprenda.
- Las medidas preventivas oportunas.
- Las medidas de protección, tanto colectivas como individuales.

Todas aparecen desarrolladas en la memoria descriptiva del presente estudio de seguridad y salud, en el presente pliego se tendrán en cuenta las prescripciones técnicas de cada una.

### 5.5.2.3 INSTALACIONES PROVISIONALES

#### Instalación eléctrica provisional de obra.

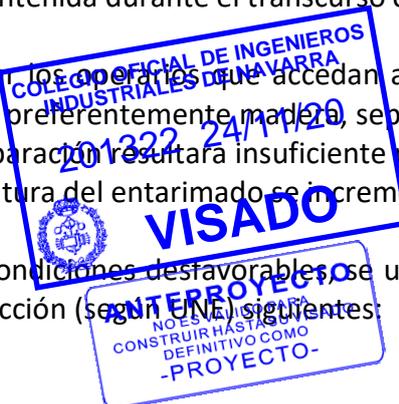
La instalación deberá realizarla un instalador autorizado, si bien, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, dado que la potencia a instalar debe ser inferior a 50kw podrá tratarse de un instalador autorizado sin título facultativo. Una vez realizada el instalador expedirá certificación acreditativa.

Se colocará un cuadro eléctrico provisional en un lugar próximo a la zona de acceso y a las oficinas provisionales de obra, separado de zonas en las que existe riesgo de caída de materiales desde niveles superiores y de las zonas previstas de circulación de vehículos y de acopio de materiales. Tal emplazamiento quedará reflejado en el plano general de organización.

El acceso y su ubicación estarán libres de obstáculos tales como escombros y acopios de materiales. Esta condición será vigilada y mantenida durante el transcurso de las obras.

La base sobre la que deban pisar los operarios que accedan al mismo estará constituida por un entarimado de material aislante, preferentemente madera, separado del terreno un mínimo de 25 cm. Si en algún momento, tal separación resultara insuficiente por encharcamiento de la zona (por ejemplo en época de lluvias) la altura del entarimado se incrementará.

El conjunto, por las especiales condiciones desfavorables se ubicará en un armario metálico que cumplirá con los grados de protección (según UNE) siguientes:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322  
COIINA



- Contra la penetración de cuerpos sólidos extraños: I.P. = 5
- Contra penetración de líquidos: I.P. = 5
- Contra impactos: I.P. = 3

El armario metálico deberá disponer de cerradura cuya llave se guardará en la oficina de obra y estará disponible para el encargado y para el operario especialista del mantenimiento. Además el armario reunirá las siguientes características:

- Dispondrá de un orificio por la parte inferior para que al pasar los cables posibilite el correcto cierre de la puerta.
- La carcasa metálica estará conectada a la puesta a tierra.
- Dispondrá de las bases, inclinadas, de enchufe en un lateral exterior. Esas bases dispondrán de tapa de cierre para cuando no esté en funcionamiento.
- El conjunto de mecanismos de su interior se montará sobre base de panel aislante.
- Todas las partes activas se cubrirán con material aislante, no resultando accesibles elementos en tensión
- En el origen se colocará un interruptor automático de corte omnipolar.
- Se colocarán dos interruptores diferenciales, con las siguientes sensibilidades:
  - Para alumbrado: 30 mA
  - Para fuerza: 300 mA
- Cada circuito de la instalación se protegerá contra sobreintensidades, mediante interruptores automáticos magnetotérmicos, cuyas intensidades (con valor mínimo de 16 a) son las que figuran en el correspondiente plano de detalles.
- Existirá una de las salidas para toma de corriente que dispondrá de transformador de seguridad, par tensión de alimentación de 24 v. Esta estará suficientemente señalizada para diferenciarla de las demás.

#### Maquinaria eléctrica.

Toda máquina utilizada en la obra, con alimentación eléctrica, que trabaje a tensiones superiores a 24 V y no posea doble aislamiento, deberá estar dotada de puesta a tierra con resistencia adecuada. Esta adecuación estará en función de la sensibilidad del interruptor diferencial.

Las dimensiones de electrodos (que serán de placa de cobre), línea principal y línea de enlace con tierra se indican en cuadro de detalles en plano correspondiente.

La posibilidad de variar el material constituyente de electrodo, se admite siempre que los valores de resistencia a tierra se mantengan por debajo de los límites establecidos en las normativas correspondientes.

#### Actuaciones durante la ejecución de la obra





Diariamente, el encargado del mantenimiento vigilará que las condiciones generales de la instalación permanezcan. Caso de que exista alguna variación se subsanará las anomalías. En las comprobaciones se revisará fundamentalmente la continuidad de los conductores a tierra y a la limpieza de los puntos de conexión del conductor con las masas.

Con periodicidad no inferior a una semana, se comprobarán las resistencias a tierra de los distintos equipos de trabajo y electrodos. En época de sequía se humedecerá el terreno en el que estén los electrodos, a fin de mejorar las resistencias. Esta operación se realizará con la instalación desconectada y fuera de la jornada de trabajo.

El encargado de mantenimiento de la instalación emitirá partes de trabajo en los que consten de los trabajos realizados y las reparaciones efectuadas, así como los resultados de las mediciones realizadas.

#### 5.5.2.4 EQUIPOS DE TRABAJO

Cualquier máquina, herramienta o medio auxiliar utilizado en los trabajos, deberá ser seleccionado de modo que no ocasione riesgos añadidas para la seguridad y la salud de los trabajadores ni para terceras personas.

#### 5.5.2.5 PROTECCIONES COLECTIVAS

Según los artículos 14 y 17 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tienen fijada una vida útil, desechándose a su término. Si se produjera un deterioro más rápido del previsto en principio en una determinada protección, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista.

Toda protección que haya sufrido un deterioro, por la razón que fuere, será rechazada al momento y sustituida por una nueva.

Aquellos medios que por su uso hayan adquirido holguras o desgastes superiores a los admitidos por el fabricante, serán repuestos inmediatamente. El uso de una prenda o equipo de protección nunca deberá representar un riesgo en sí mismo.

El contratista es el responsable de que todos los medios de protección colectiva cumplan con las siguientes condiciones generales:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- El Plan de seguridad y salud respetará fielmente las protecciones colectivas diseñadas en el estudio de seguridad y salud, o bien podrán ser modificadas, tras su justificación y aprobación por el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.
- El montaje y uso correcto de la protección colectiva, son preferibles al uso de equipos de protección individual para defenderse de idénticos riesgos; en consecuencia, no se admitirá el cambio de uso de protección colectiva por el de equipos de protección individual.
- Las protecciones colectivas estarán disponibles para uso inmediato, dos días antes de la fecha decidida para su montaje; serán nuevas, a estrenar, si sus componentes tienen caducidad de uso reconocida.
- Serán instaladas previamente al inicio de cualquier trabajo que requiera su montaje, quedando prohibida la iniciación del trabajo o actividad hasta que no esté montada por completo en el ámbito del riesgo que neutraliza o elimina.
- El Contratista, queda obligado a incluir y suministrar en su plan de ejecución de obra, la fecha de montaje, mantenimiento, cambio de ubicación y retirada de cada una de las protecciones colectivas.
- Serán desmontadas de inmediato, las protecciones colectivas en uso en las que se aprecien deterioros con merma efectiva de su calidad real. Se sustituirá el componente deteriorado y se volverá a montar la protección colectiva. Entre tanto se realiza esta operación, se suspenderán los trabajos protegidos por el tramo deteriorado.
- Si durante la realización de la obra se hace necesario variar el modo o la disposición de la instalación de la protección colectiva prevista en el plan de seguridad y salud aprobado, deberá presentarse para su aprobación al Coordinador de seguridad y salud, los nuevos planos de instalación. El Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, en su Anexo IV, regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras, dentro de tres apartados:
  - Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras.
  - Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.
  - Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



La Norma UNE establece las características y requisitos generales que han de satisfacer las redes de seguridad utilizadas en determinados lugares de trabajo para proteger a las personas expuestas a los riesgos derivados de caída de altura.

Las protecciones colectivas requieren una vigilancia en su mantenimiento que garantice la idoneidad de su funcionamiento para el fin en que fueron instaladas. El Delegado de Prevención será el encargado de revisar la situación de estos elementos con la periodicidad que se determine en cada caso y que como pauta general será semanalmente en: elementos de redes y protecciones exteriores en general, barandillas, antepechos, etc. Elementos de andamiaje, apoyos, anclajes,



arriostramientos, plataformas, etc. Estado del cable de las grúas-torre, independientemente de la revisión diaria de las personas que manejen grúas.

En su conjunto son las más importantes y se emplean acordes a las distintas unidades o trabajos a ejecutar. También en ellas podemos distinguir:

### PROTECCIONES CONTRA CAIDAS.

#### Barandilla de protección para escaleras.

Protección que impedirá la caída de operarios, cubriendo todo el hueco, tanto del desarrollo de la caja de escalera como mesetas, descansillos, etc., colocándose en los 2 lados de la caja de escalera, si va abierta por los mismos.

La separación máxima de los guardacuerpos metálicos, entre si, será de 2 m. Serán resistentes al impacto de 150 Kg. /m.

#### Barandilla de protección para aberturas corridas. (Guardacuerpos metálicos y tablón).

Protección que impedirá la caída del operario, en vez de limitarla, colocándose de forma continua, quedando también protegidos los ángulos de fachada, no dejando ningún hueco sin cubrir.

Tendrá una altura de 90 cm con barandilla y tablón de 30 cm de altura.

Irán sujetas a pies derechos, o guardacuerpos, separados entre si 2,50 m, que irán adosados a unos casquillos de tubo de acero, introducidos en el hormigón.

Serán resistentes al impacto de 150 Kg. /m.

#### Barandilla de protección para aberturas corridas, (guardacuerpos metálicos, rodapié de tabla y listón intermedio).

Protección que impedirá la caída del operario, en vez de limitarla, colocándose de forma continua, quedando también protegidos los ángulos de fachada, no dejando ningún hueco sin cubrir.

Tendrán una altura de 90 cm con rodapié 30 cm y tabla intermedia. Su montaje se realizará primero fijando los guardacuerpos, después colocando la barandilla y por último colocando el rodapié.

Características Geométricas:

- Escuadría mínima de barandilla 20x7 cm.
- Escuadría del rodapié 15x4 cm.
- Escuadría del rodapié 7x4 cm.
- Separación de guardacuerpos:
  - En aberturas en los pisos ..... 2,50 m máximo



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- En aberturas para escalera ..... 2,00 m máximo.
- Características Mecánicas:
  - Resistencia al impacto de 150 Kg./m.
- Características Físicas:
  - Los elementos metálicos no presentarán golpes ni deformaciones. Los guardacuerpos se protegerán contra la corrosión.
  - Elementos de madera. Todo maderamen será escuadrado, pudiendoutilizarse nuevamente siempre que su estado sea tal que pueda resistir la carga exigida, estará limpia, sin clavos y exentos de nudos.

Andamio de protección compuesto por pórticos arriostrados, plataforma de madera y plinto.

Pórticos metálicos de 1,50 m, apoyados sobre durmientes de madera y arriostradas cada 2,50 m.

Plataforma de madera, con plinto, montada sobre los pórticos metálicos a una altura mínima de 2 m, capaz de soportar un impacto de 600 Kg./m<sup>2</sup>.

Marquesina en módulos en voladizo, compuesto por soportes mordaza y brazos para plataforma y visera de protección.

La marquesina volará sobre la línea de fachada, un mínimo de 2,50 m, no dejando huecos entre los tablones que la forman.

Los tablones que configuran la plataforma tendrán un espesor de 5 cm, soportando un impacto de 600 Kg./m<sup>2</sup>.

La separación de los soportes mordaza entre sí, no será superior a 2 m.

Marquesina de protección con un vuelo, compuesta por plataforma y plinto de madera, montada sobre perfiles metálicos embebidos en el canto del forjado.

La marquesina volará sobre la línea de fachada, un mínimo de 2,50 m, no dejando huecos entre los tablones que la forman.

Los tablones que configuran la plataforma tendrán un espesor de 5 cm, siendo capaces de soportar un impacto de 600 Kg./m<sup>2</sup>.

La separación entre los pescantes IPN-10 no será superior a 3 m.

Red vertical en módulos compuestos por soportes mordaza, pescante y red.

Ejecución:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





1. Fijación de los soportes mordaza al forjado.
2. Introducción de una cuerda de nylon a cada uno de los ganchos de los extremos de los pescantes.
3. Acoplamiento de los pescantes a los soportes-mordaza.
4. Elevación de la red tirando de las cuerdas colocadas previamente.
5. Sujeción de la red a los pescantes a la altura del forjado.

Características Geométricas:

- Módulo base. 5 m de fachada y 10 m de altura.
- Voladizo. 1,50 m.
- Tamaño máximo de la malla. 100x100 mm si se trata de impedir únicamente la caída de personas. Si se pretende también evitar la de objetos, la dimensión máxima debe ser de 25 mm.
- Hilo. De 3 a 6 mm de diámetro como mínimo.

Características Mecánicas:

- En cualquier caso su resistencia debe ser superior a 150 Kg./m<sup>2</sup> así como resistir tanto los brazos como la red, el impacto de un hombre a una velocidad de 2 m/s.

Características Físicas:

- Deberán elaborarse con cuerdas de poliéster, poliamida, polipropileno o fibras textiles.
- Deberán ser resistentes a los rayos u.v., humedad y calor.
- Los elementos metálicos en contacto con las redes deberán ser inoxidable o tener impregnaciones antioxidantes.

**Red horizontal de protección en módulos compuestos por soportes mordaza, brazos largueros y red.**

Ejecución:

1. Fijación de los soportes mordaza al forjado.
2. Acoplamiento de los brazos sustentadores a los soportes mordaza, colocación del larguero exterior y atado a éste, de la red.
3. Abatimiento de los brazos hacia la fachada.
4. Colocación del larguero interior y atado de la red.

Características Geométricas:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





- Módulo base de 3 a 4,50 m de fachada.
- Voladizo de 0 a 3 m según inclinación.
- Inclinación de 90º a 100º hacia el interior de la obra.
- Tamaño máximo de la malla 100x100 mm si se trata de evitar solamente la caída de personas, si también se pretende evitar la de objetos, la dimensión máxima debe ser de 25 mm.
- Hilo de 3 a 6 mm de diámetro.
- Cuerdas límite de 10 mm de diámetro como mínimo.

Características Mecánicas:

- En cualquier caso su resistencia debe ser superior a 150 Kg./m2.

Características Físicas:

- Se elaborarán con cuerdas de poliéster, poliamida, polipropileno o fibras textiles.
- Deberán ser resistentes a los rayos u.v., humedad y temperatura.
- Los elementos metálicos en contacto con las redes deberán ser inoxidable o tener impregnaciones antioxidantes.

**Red vertical en todo el perímetro del forjado, para trabajos de desencofrado.**

Redes verticales, sin horcas, colocadas verticalmente en el borde de los forjados, fijándose a éstos mediante cuerdas atadas a unos ganchos u horquillas, hormigonadas en el canto del forjado. Se utilizarán como protección colectiva en trabajos de desencofrado.

Red colocada a nivel del forjado, para protección de huecos y patios interiores.

Enganche de los guarda-cabos a los anclajes.

Características Geométricas:

- Tamaño máximo de la malla 100x100 mm si se trata de evitar solamente la caída de personas, si también se pretende evitar la de objetos, la dimensión máxima debe ser de 25 mm.
- Hilo de 3 a 6 mm de diámetro.
- Cuerdas límite de 10 mm de diámetro como mínimo.
- Ganchos de anclaje de 40x120 mm y 5 mm de diámetro.

Características Mecánicas:



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322



- Su resistencia debe ser superior a 150 Kg./m<sup>2</sup>, así como resistir el impacto de un hombre a una velocidad de 2 m/s.

#### Características Físicas:

- Deberán elaborarse con cuerdas de poliéster, poliamida, polipropileno o fibras textiles.
- Deberán ser resistentes a los rayos u.v., humedad y temperatura.
- Los elementos metálicos en contacto con las redes deberán ser inoxidables o tener impregnaciones antioxidantes.

#### Mallazo electrosoldado de alta resistencia para protección de huecos.

Por proceso de producción en serie en instalación fija.

#### Características Geométricas

- Las barras cumplirán las características geométricas definidas en la Norma UNE correspondiente.
- El tamaño de las mallas y diámetros de las barras.

#### Características Mecánicas:

- Deben tener una resistencia mayor de 150 Kg./m<sup>2</sup>.
- Las barras deberán cumplir las prescripciones de la Norma UNE en la que se especifique las características de cada tipo de elemento.
- Los nudos deberán cumplir el ensayo de despegue definido en la Norma UNE correspondiente.

#### Valla de pies metálicos.

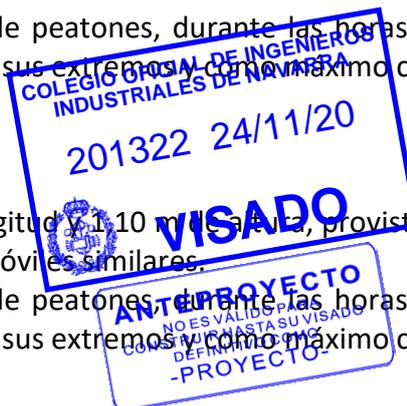
Valla metálica de 2,40 m de longitud y 1,10 m de altura, que descansa en el pavimento con 2 pies metálicos situados en cada uno de los extremos de la valla.

Para protección o contención de peatones, durante las horas nocturnas, irán provistas de luces rojas, colocadas en cada uno de sus extremos como máximo cada 10 m.

#### Valla metálica articulada.

Valla metálica de 2,50 m de longitud y 1,10 m de altura, provista de enganches laterales, con el fin de articularse con otras vallas móviles similares.

Para protección o contención de peatones, durante las horas nocturnas, irán provistas de luces rojas, colocadas en cada uno de sus extremos y como máximo cada 10 m.





### Valla plegable.

Valla metálica de 3,50 m de longitud y 1,10 m de altura, pintada en color rojo con una franja central en color blanco, se utiliza para la contención de peatones.

Estas vallas plegables, se apoyan en 3 puntos, situados 2 en los extremos y el otro en el punto intermedio.

Pueden estar pintadas con pintura normal o reflectante, estas últimas se utilizarán para contención de peatones durante las horas nocturnas.

### Andamios tubulares.

Se señalará la zona de trabajo ocupada por el andamio y su zona de influencia, especialmente mientras duren las operaciones de montaje y desmontaje del andamio.

La cualificación de los montadores será la adecuada para montar todos los elementos del andamio, especialmente los referentes a la estabilidad y seguridad del andamio y seguir las instrucciones del fabricante a través de su manual.

No deberá iniciarse un nuevo nivel sin haber concluido el anterior.

Se deberá limitar el acceso a los andamios, permitiendo su uso únicamente al personal autorizado y cualificado.

Periódicamente se vigilará el adecuado apretado de todos los elementos de sujeción (tornillos, mordazas, etc.).

No deberá utilizarse el andamio hasta su total idoneidad avalada por el certificado firmado por el técnico competente.

Las plataformas de acceso y de trabajo deben cubrir el ancho del andamio y nunca menos de 60 cm, rodeadas completamente por barandillas de 1 m de altura, provistas de barra intermedia y rodapié.

Utilización de elementos adecuados (cuerdas, garruchas, trócolas, etc.), para el izado o descenso de componentes del andamio.

Utilización por parte de los operarios del montaje y desmontaje de cinturón de seguridad contra caídas amarrado a puntos de anclaje seguros.

Se asegurará la estabilidad del andamio mediante los elementos de arriostamiento propio y a fachada, de acuerdo con las instrucciones del fabricante o proyectista.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS  
Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322





Deberán tenerse en cuenta los posibles efectos del viento, especialmente cuando estén dotados de mallas.

### Operaciones de fijación

Las operaciones de fijación se harán siempre disponiendo los trabajadores de total seguridad contra golpes y caídas, siendo de destacar la utilización de:

- Plataformas elevadoras provistas de marcado CE y declaración de conformidad del fabricante.
- Castilletes o andamios de estructura tubular, estables, con accesos seguros y dotados de plataforma de trabajo de al menos 60 cm de anchura y con barandillas de 1 m provistas de rodapiés.
- Jaulas o cestas de soldador, protegidas por barandillas de 1 m provistas de rodapié y sistema de sujeción regulable para adaptarse a todo tipo de perfiles.
- Su acceso se realizará a través de escaleras de mano.
- Utilización de redes horizontales de protección debiendo prever los puntos de fijación y la posibilidad de su desplazamiento.
- Sólo en trabajos puntuales, se utilizarán cinturones de seguridad sujetos a un punto de anclaje seguro.

### Operaciones de soldadura.

Las operaciones de soldadura eléctrica se realizarán teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- No se utilizará el equipo sin llevar instaladas todas las protecciones. Dicha medida se extenderá al ayudante o ayudantes en caso de existir.
- Deberá soldarse siempre en lugares ventilados. En su defecto se utilizará protección respiratoria.
- Se dispondrán de protecciones contra las radiaciones producidas por el arco (ropa adecuada, mandil y polainas, guantes y pantalla de soldador). Nunca debe mirarse al arco voltaico.
- Las operaciones de picado de soldadura se realizarán utilizando gafas de protección contra impactos.
- No se tocarán las piezas recientemente soldadas.
- Antes de empezar a soldar, se comprobará que no existen personas en el entorno de la vertical de los trabajos.
- Las pinzas de conexión eléctrica y las piezas portaelectrodos dispondrán de aislamiento eléctrico adecuado.



Habilitación Colegiado: 1228 JAVIER BARRICARTE RIVAS

Profesional

24/11  
2020

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE NAVARRA  
VISADO ANTEPROYECTO: 201322

