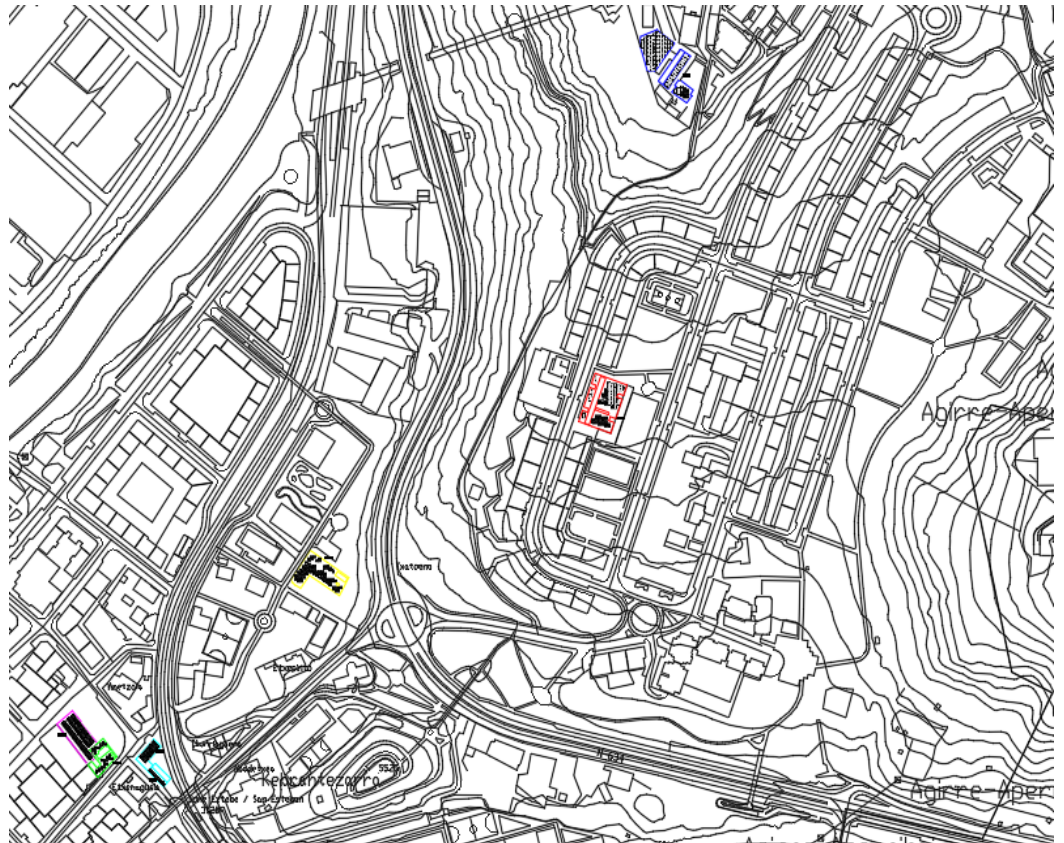


Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia kautotututaz hartuko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiaztapen Kodea / Código de Verificación {c9d7ae2-78e-4a4a-8b9d-b8d581e247} Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.

Edificios de Titularidad Municipal en el Ámbito de Etxebarri en la provincia de Bizkaia



Ayuntamiento de Etxebarri
P4803600H
Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1
Etxebarri
48450
Bizkaia

Ibon Pérez Ramos
Ingeniero Industrial
Novia Salcedo 9, Dpto 3A
Bilbao (48012), Bizkaia
info@onyxingeneria.com



Bilbao, 15 de noviembre de 2025

**Ibon
Pérez
Ramos**

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

Índice de Contenidos

0 ANTECEDENTES	12
1 OBJETO DEL PROYECTO	13
1.1 ALCANCE DEL PROYECTO. CENTROS OBJETO DE ACTUACIÓN	14
2 TITULAR	15
3 PROMOTOR.....	16
4 DECLARACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE COSTAS.....	18
5 DECLARACION DE CUMPLIMIENTO SOBRE EL DESLUMBRAMIENTO	18
6 DECLARACIÓN DE NO AFECCIÓN AL DOMINIO PÚBLICO VIARIO	20
7 COMPATIBILIDAD URBANÍSTICA DE LAS ACTUACIONES.....	20
8 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	21
9 DECLARACIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	21
10 LEGISLACION APLICABLE	23
10.1 NORMATIVA BÁSICA DEL SECTOR ELÉCTRICO Y AUTOCONSUMO.....	23
10.2 REGLAMENTACIÓN ELÉCTRICA.....	24
10.3 NORMATIVA DE EDIFICACIÓN Y URBANISMO	24
10.4 NORMATIVA AMBIENTAL	24
10.5 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	24
10.6 NORMATIVA UNE DE APLICACIÓN	24
11 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	25
12 EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACION	26
12.1 CEIP KUKULLAGA	26
12.2 AYUNTAMIENTO	28
12.3 CIME.....	29
12.4 FRONTÓN MUNICIPAL	31
12.5 HAURRESKOLA BEKOSOLO	32
12.6 CEIP SAN ANTONIO	33
13 ACTUACIONES PREVIAS	35
14 MEMORIA JUSTIFICATIVA	36
14.1 IMPACTO VISUAL.....	37
14.2 IMPACTO AMBIENTAL.....	41
14.3 IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL SUELO	42
14.4 IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL CLIMA	42
14.5 IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL AGUA.....	43
14.6 IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA FLORA Y LA FAUNA.....	44
14.7 IMPACTO SONORO DE LA ENERGÍA SOLAR	45
15 CONDICIONES DE PARTIDA PARA EL CÁLCULO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	45
15.1 IRRADIACIÓN SOLAR	46
15.2 TEMPERATURA AMBIENTE	46
15.2.1 Datos de partida para el cálculo	47
15.3 ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN	48
16 DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN	49
16.1 CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN SEGÚN EL REAL DECRETO 842/2002	49
16.2 CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SEGÚN EL REAL DECRETO 244/2019	50
16.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN.....	51

16.4	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	52
16.4.1	Configuración general del sistema	52
16.4.2	Funcionamiento del sistema.....	53
16.4.3	Criterios de diseño.....	53
16.4.4	Esquema tipo de funcionamiento instalación fotovoltaica en régimen de autoconsumo con excedentes	53
16.4.5	Configuración del Sistema Fovovoltaico por Instalación	55
16.4.5.1	CEIP Kukullaga	55
16.4.5.1.1	Descripción general del sistema	55
16.4.5.1.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	56
16.4.5.1.2.1	Configuración de Strings	56
16.4.5.1.3	Inversor fotovoltaico.....	56
16.4.5.1.4	Nota técnica sobre la configuración	56
16.4.5.2	Ayuntamiento.....	57
16.4.5.2.1	Descripción general del sistema	57
16.4.5.2.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	57
16.4.5.2.2.1	Configuración de Strings	58
16.4.5.2.3	Inversor fotovoltaico.....	58
16.4.5.2.4	Nota técnica sobre la configuración	58
16.4.5.3	CIME	58
16.4.5.3.1	Descripción general del sistema	59
16.4.5.3.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	59
16.4.5.3.2.1	Configuración de Strings	59
16.4.5.3.3	Inversor fotovoltaico.....	60
16.4.5.3.4	Nota técnica sobre la configuración	60
16.4.5.4	Frontón Municipal	60
16.4.5.4.1	Descripción general del sistema	60
16.4.5.4.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	61
16.4.5.4.2.1	Configuración de Strings	61
16.4.5.4.3	Inversor fotovoltaico.....	62
16.4.5.4.4	Nota técnica sobre la configuración	62
16.4.5.5	Haurreskola Bekosolo.....	62
16.4.5.5.1	Descripción general del sistema	62
16.4.5.5.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	63
16.4.5.5.2.1	Configuración de Strings	63
16.4.5.5.3	Inversor fotovoltaico.....	64
16.4.5.5.4	Nota técnica sobre la configuración	64
16.4.5.6	CEIP San Antonio	64
16.4.5.6.1	Descripción general del sistema	65
16.4.5.6.2	Generador fotovoltaico y configuración de strings.....	65
16.4.5.6.2.1	Configuración de Strings – Subsistema 1	65
16.4.5.6.2.2	Configuración de Strings – Subsistema 2	66
16.4.5.6.2.3	Configuración de Strings – Subsistema 3	66
16.4.5.6.3	Inversores fotovoltaicos.....	66
16.4.5.6.4	Nota técnica sobre la configuración	67
16.5	ELECCIÓN DE MATERIALES.....	67
16.5.1	Módulos Fovovoltaicos.....	68
16.5.2	Inversor.....	68
17	EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.....	69
17.1	CLASIFICACIÓN DEL ENTORNO DE INSTALACIÓN	69
17.2	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	70
17.2.1	Condiciones generales.....	70
17.2.2	Aparamenta eléctrica.....	70
17.2.3	Protección de la instalación y puesta a tierra	70
17.2.4	Conductores eléctricos	71
17.2.4.1	Características generales.....	71

17.2.4.2	Conductores con aislamiento 0,6/1 kV – Tipo RZ1-K (AS)	71
17.2.4.3	Conductores con aislamiento 450/750 V – Tipo H07Z1	71
17.2.4.4	Conductores para corriente continua – Tipo H1Z2Z2-K	71
17.2.5	Canalizaciones interiores	72
17.2.5.1	Tubos	72
17.2.5.2	Canaletas y bandejas	72
17.2.6	Consideraciones finales	72
17.3	CONDUCTORES DE CORRIENTE CONTINUA (CC)	73
17.3.1	Selección de los Conductores de Corriente Continua (CC)	74
17.4	PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA (CC)	75
17.4.1	Selección de Protecciones de Corriente Continua (CC)	75
17.4.1.1	CEIP Kukullaga	76
17.4.1.2	Ayuntamiento de Etxebarri	76
17.4.1.3	CIME	76
17.4.1.4	Frontón Municipal	77
17.4.1.5	Haurreskola Bekosolo	77
17.4.1.6	CEIP San Antonio	77
17.4.2	Conductores de Corriente Alterna (CA)	77
17.4.3	Selección de los Conductores de Corriente Alterna (CA)	78
17.4.3.1	CEIP Kukullaga	79
17.4.3.2	Ayuntamiento de Etxebarri	79
17.4.3.3	CIME	79
17.4.3.4	Frontón Municipal	79
17.4.3.5	Haurreskola Bekosolo	79
17.4.3.6	CEIP San Antonio	80
17.4.4	Protecciones de Corriente Alterna CA	80
17.4.5	Selección de las Protecciones de Corriente Alterna (CA)	80
17.4.6	Protección Contra sobre intensidades y sobretensiones permanentes y transitorias	82
17.4.7	Selección de las Protecciones Contra sobre intensidades y sobretensiones permanentes y transitorias	82
17.5	CANALIZACIONES	84
17.5.1.1	Canalizaciones Corriente Continua (CC)	84
17.5.1.2	Selección de las Canalizaciones de Corriente Continua (CC)	84
17.5.1.2.1	Canalizaciones en instalaciones exteriores	84
17.5.1.2.2	Canalizaciones en instalaciones interiores	85
17.5.1.2.3	Criterios generales de instalación	85
17.5.1.3	Canalizaciones Corriente Alterna CA	85
17.5.1.3.1	Selección de las Canalizaciones de Corriente Alterna CA	85
17.5.1.3.2	Tipo de canalización	86
17.5.1.3.3	Criterios de ejecución	86
17.5.1.3.4	Integración con el resto de la instalación	86
18	SISTEMAS DE FIJACIÓN, CAPACIDAD PORTANTE Y CRITERIOS ESTRUCTURALES.	87
18.1	CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CUBIERTAS	87
18.1.1	Obligatoriedad de cálculo estructural previo a la ejecución	88
18.2	PROCESO DE MONTAJE DEL SISTEMA DE FIJACIÓN. CRITERIOS GENERALES	88
18.2.1	Proceso de montaje del sistema de fijación de módulos fotovoltaicos	88
18.2.1.1	Criterios generales de ejecución	88
18.2.1.2	Principios generales de diseño y montaje	89
18.2.1.3	Tipologías de sistemas contemplados	89
18.2.1.3.1	Sistemas lastrados sobre cubierta plana	89
18.2.1.3.2	Sistemas coplanares sobre panel sándwich metálico	89
18.2.1.3.3	Sistemas coplanares sobre cubierta de teja	90
18.2.1.4	Proceso tipo de montaje	90
18.2.2	Tabla resumen de criterios por edificio	90
18.3	SEGURIDAD ESTRUCTURAL	91
18.3.1	Normativa y documentos de referencia para el cálculo estructural	91

18.3.2	Hipótesis generales de carga	91
18.3.3	Acción del viento: presión y succión	92
18.3.4	Comprobación de estabilidad frente a levantamiento (uplift)	92
18.3.5	Comprobación frente a deslizamiento	93
18.3.6	Comprobación frente a vuelco	93
18.3.7	Distribución de cargas sobre la cubierta	93
18.3.8	Combinaciones de acciones desfavorables	94
18.3.9	Límite de carga admisible facilitado por la propiedad	94
18.3.10	Carácter previo y condicionante del cálculo estructural definitivo	94
18.3.11	Criterio general de desarrollo de los cálculos estructurales por emplazamiento	95
18.3.11.1	CEIP Kukullaga	96
18.3.11.1.1	Descripción estructural del emplazamiento	96
18.3.11.1.2	Hipótesis de cálculo adoptadas	96
18.3.11.1.2.1	Cargas permanentes (G)	96
18.3.11.1.2.2	Sobrecarga de uso (Q)	97
18.3.11.1.2.3	Acción del viento – Succión	97
18.3.11.1.2.4	Comprobación frente a levantamiento	98
18.3.11.1.2.5	Comprobación frente a deslizamiento	98
18.3.11.1.2.6	Comprobación de carga total sobre la cubierta	98
18.3.11.1.3	Conclusión para el CEIP Kukullaga	99
18.3.11.2	Ayuntamiento	99
18.3.11.2.1	Descripción estructural del emplazamiento	99
18.3.11.2.2	Hipótesis de cálculo adoptadas	99
18.3.11.2.2.1	Cargas permanentes (G)	100
18.3.11.2.2.2	Sobrecarga de uso (Q)	101
18.3.11.2.2.3	Acción del viento – Succión	101
18.3.11.2.2.4	Comprobación frente a levantamiento	101
18.3.11.2.2.5	Comprobación frente a deslizamiento	101
18.3.11.2.2.6	Comprobación de carga total sobre la cubierta	102
18.3.11.2.3	Conclusión para el Ayuntamiento	102
18.3.11.3	CIME	102
18.3.11.3.1	Descripción estructural del emplazamiento	102
18.3.11.3.2	Hipótesis de cálculo adoptadas	103
18.3.11.3.2.1	Zona A – Cubierta plana con sistema lastrado	103
18.3.11.3.2.1.1	Cargas permanentes (G)	103
18.3.11.3.2.1.2	Sobrecarga de uso (Q)	104
18.3.11.3.2.1.3	Acción del viento – Succión	104
18.3.11.3.2.1.4	Comprobación frente a levantamiento	105
18.3.11.3.3	Comprobación frente a deslizamiento	105
18.3.11.3.3.1	Comprobación de carga total sobre la cubierta	105
18.3.11.3.3.2	Zona B – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre teja	106
18.3.11.3.3.2.1	Cargas permanentes (G)	106
18.3.11.3.3.2.2	Sobrecarga de uso (Q)	106
18.3.11.3.3.2.3	Acción del viento	107
18.3.11.3.4	Conclusión para CIME	107
18.3.11.4	Frontón Municipal	107
18.3.11.4.1	Descripción estructural del emplazamiento	107
18.3.11.4.2	Hipótesis de cálculo adoptadas	108
18.3.11.4.2.1	Cargas permanentes (G)	108
18.3.11.4.2.2	Sobrecarga de uso (Q)	109
18.3.11.4.2.3	Acción del viento – Succión	109
18.3.11.4.2.4	Comprobación de carga total sobre la cubierta	109
18.3.11.4.3	Conclusión para el Frontón Municipal	110
18.3.11.5	Haurreskola Bekosolo	110
18.3.11.5.1	Descripción estructural del emplazamiento	110
18.3.11.5.2	Hipótesis de cálculo adoptadas	110

18.3.11.5.2.1 Cargas permanentes (G)	111
18.3.11.5.2.2 Sobrecarga de uso (Q)	112
18.3.11.5.2.3 Acción del viento – Succión	112
18.3.11.5.2.4 Comprobación frente a levantamiento	112
18.3.11.5.2.5 Comprobación frente a deslizamiento	112
18.3.11.5.2.6 Comprobación de carga total sobre la cubierta	113
18.3.11.5.3 Conclusión para Haurreskola Bekosolo	113
18.3.11.6 CEIP San Antonio	113
18.3.11.6.1 Descripción estructural del emplazamiento	113
18.3.11.6.2 Hipótesis de cálculo adoptadas	114
18.3.11.6.3 Sistema de fijación según tipología de cubierta	114
18.3.11.6.3.1 Zona A – Cubierta plana con sistema lastrado	115
18.3.11.6.3.1.1 Cargas permanentes (G)	115
18.3.11.6.3.1.2 Sobrecarga de uso (Q)	116
18.3.11.6.3.1.3 Acción del viento – Succión	116
18.3.11.6.3.1.4 Comprobación frente a levantamiento	116
18.3.11.6.4 Comprobación frente a deslizamiento	116
18.3.11.6.4.1 Comprobación de carga total sobre la cubierta	117
18.3.11.6.4.2 Zona B – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre panel sándwich	117
18.3.11.6.4.2.1 Cargas permanentes (G)	117
18.3.11.6.4.2.2 Sobrecarga de uso (Q)	118
18.3.11.6.4.2.3 Acción del viento	118
18.3.11.6.4.3 Zona C – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre teja	118
18.3.11.6.4.3.1 Cargas permanentes (G)	118
18.3.11.6.4.3.2 Sobrecarga de uso (Q)	119
18.3.11.6.4.3.3 Acción del viento	119
18.3.11.6.5 Conclusión para CEIP San Antonio	119
18.4 PROPAGACIÓN DE INCENDIOS	119
18.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN	120
18.5.1 Instalación eléctrica de Baja Tensión	120
18.5.2 Instalaciones de enlace	121
18.5.3 Instalaciones interiores	121
18.5.3.1 Cuadros Generales de Baja Tensión	121
18.5.3.2 Cuadros secundarios del sistema fotovoltaico	121
18.5.3.2.1 Cuadros de protección de strings	122
19 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	122
19.1 ELEMENTOS CONECTADOS A LA PUESTA A TIERRA	122
19.2 TOMA DE TIERRA EXISTENTE Y CRITERIOS DE CONEXIÓN	122
19.3 ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	123
19.4 SEPARACIÓN DE TIERRAS Y SEPARACIÓN GALVÁNICA	123
19.5 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y EQUIPOTENCIALIDAD	123
19.6 CONDUCTOR PRINCIPAL DE TIERRA Y ELECTRODO	124
19.7 COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	124
19.8 PUESTA A TIERRA ESPECÍFICA DE ESTRUCTURAS FOTOVOLTAICAS EN CUBIERTA	124
19.9 ESQUEMA DESCRIPTIVO DE EQUIPOTENCIALIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	125
20 FÓRMULAS UTILIZADAS	126
20.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	126
20.2 CAÍDA DE TENSIÓN	127
20.2.1 Caída de Tensión en servicio monofásico	127
20.2.2 Caída de Tensión en servicio trifásico	127
20.2.3 Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente	128
20.2.4 Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable	128
20.2.5 Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación	128
20.3 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	129

20.4	CÁLCULO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA (CC)	130
20.4.1	Tensión máxima en circuito abierto del generador fotovoltaico	130
20.4.2	Intensidad máxima en corriente continua	131
20.4.3	Dimensionado térmico de conductores de CC	131
20.4.4	Protección frente a cortocircuitos en CC	132
21	RESULTADO DE LOS CALCULOS	133
21.1	CEIP KUKULLAGA	133
21.1.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	133
21.1.1.1	Datos eléctricos de partida	133
21.1.1.2	Caída de tensión en CA	134
21.1.1.2.1	Tramo CGBT → Cuadro Solar	134
21.1.1.2.2	Tramo Cuadro Solar → Inversor	135
21.1.1.3	Cortocircuito en CA	135
21.1.1.3.1	Cortocircuito máximo	135
21.1.1.3.2	Cortocircuito mínimo	135
21.1.2	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	135
21.1.2.1	Datos eléctricos de partida	135
21.1.2.2	Tensiones e intensidades por string	136
21.1.2.2.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	136
21.1.2.2.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	136
21.1.2.2.2.1	Tensión máxima por string	137
21.1.2.2.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	137
21.1.2.2.3	Intensidad de los strings	137
21.1.2.3	Caída de tensión en CC	139
21.1.2.4	Cortocircuito en CC	139
21.1.2.4.1	Cortocircuito máximo	139
21.1.2.4.2	Cortocircuito mínimo	140
21.2	AYUNTAMIENTO	140
21.2.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	140
21.2.1.1	Datos eléctricos de partida	140
21.2.1.2	Caída de tensión en CA	141
21.2.1.2.1	Tramo Cuadro Solar → Inversor	141
21.2.1.3	Cortocircuito en CA	141
21.2.1.3.1	Cortocircuito máximo	141
21.2.1.3.2	Cortocircuito mínimo	141
21.2.2	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	141
21.2.2.1	Datos eléctricos de partida	141
21.2.2.2	Tensiones e intensidades por string	142
21.2.2.2.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	142
21.2.2.2.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	142
21.2.2.2.2.1	Tensión máxima por string	143
21.2.2.2.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	143
21.2.2.2.3	Intensidad de los strings	143
21.2.2.3	Caída de tensión en CC	144
21.2.2.4	Cortocircuito en CC	144
21.2.2.4.1	Cortocircuito máximo	144
21.2.2.4.2	Cortocircuito mínimo	146
21.3	CIME	146
21.3.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	146
21.3.1.1	Datos eléctricos de partida	146
21.3.1.2	Caída de tensión en CA	147
21.3.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	147
21.3.1.2.2	Tramo Cuadro Solar → Inversor	147
21.3.1.3	Cortocircuito en CA	147
21.3.1.3.1	Cortocircuito máximo	147

21.3.1.3.2	Cortocircuito mínimo	147
21.3.2	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	148
21.3.2.1	Datos eléctricos de partida	148
21.3.2.2	Tensiones e intensidades por string	148
21.3.2.2.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	148
21.3.2.2.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	149
21.3.2.2.2.1	Tensión máxima por string	150
21.3.2.2.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	150
21.3.2.2.3	Intensidad de los strings	150
21.3.2.3	Caída de tensión en CC	152
21.3.2.4	Cortocircuito en CC	154
21.3.2.4.1	Cortocircuito máximo	154
21.3.2.4.2	Cortocircuito mínimo	154
21.4	FRONTÓN MUNICIPAL	154
21.4.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	154
21.4.1.1	Datos eléctricos de partida	154
21.4.1.2	Caída de tensión en CA	155
21.4.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	155
21.4.1.3	Cortocircuito en CA	155
21.4.1.3.1	Cortocircuito máximo	155
21.4.1.3.2	Cortocircuito mínimo	156
21.4.2	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	156
21.4.2.1	Datos eléctricos de partida	156
21.4.2.2	Tensiones e intensidades por string	156
21.4.2.2.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	156
21.4.2.2.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	157
21.4.2.2.2.1	Tensión máxima por string	157
21.4.2.2.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	158
21.4.2.2.3	Intensidad de los strings	158
21.4.2.3	Caída de tensión en CC	160
21.4.2.4	Cortocircuito en CC	160
21.4.2.4.1	Cortocircuito máximo	160
21.4.2.4.2	Cortocircuito mínimo	160
21.5	HAURRESKOLA BEKOSOLO	160
21.5.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	160
21.5.1.1	Datos eléctricos de partida	160
21.5.1.2	Caída de tensión en CA	162
21.5.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	162
21.5.1.3	Cortocircuito en CA	162
21.5.1.3.1	Cortocircuito máximo	162
21.5.1.3.2	Cortocircuito mínimo	162
21.5.2	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	162
21.5.2.1	Datos eléctricos de partida	162
21.5.2.2	Tensiones e intensidades por string	163
21.5.2.2.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	163
21.5.2.2.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	163
21.5.2.2.2.1	Tensión máxima por string	164
21.5.2.2.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	164
21.5.2.2.3	Intensidad de los strings	166
21.5.2.3	Caída de tensión en CC	166
21.5.2.4	Cortocircuito en CC	168
21.5.2.4.1	Cortocircuito máximo	168
21.5.2.4.2	Cortocircuito mínimo	168
21.6	CEIP SAN ANTONIO	168
21.6.1	Inversor 1	168
21.6.1.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	168

21.6.1.1.1	Datos eléctricos de partida	168
21.6.1.1.2	Caída de tensión en CA	169
21.6.1.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	169
21.6.1.1.3	Cortocircuito en CA	170
21.6.1.1.3.1	Cortocircuito máximo	170
21.6.1.1.3.2	Cortocircuito mínimo	170
21.6.1.1.4	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	170
21.6.1.1.4.1	Datos eléctricos de partida	170
21.6.1.1.5	Tensiones e intensidades por string	171
21.6.1.1.5.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	171
21.6.1.1.5.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	171
21.6.1.1.5.2.1	Tensión máxima por string	172
21.6.1.1.5.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	172
21.6.1.1.5.2.3	Intensidad de los strings	172
21.6.1.1.6	Caída de tensión en CC	174
21.6.1.1.7	Cortocircuito en CC	175
21.6.1.1.7.1	Cortocircuito máximo	175
21.6.1.1.7.2	Cortocircuito mínimo	175
21.6.2	<i>Inversor 2</i>	175
21.6.2.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	175
21.6.2.1.1	Datos eléctricos de partida	175
21.6.2.1.2	Caída de tensión en CA	176
21.6.2.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	176
21.6.2.1.3	Cortocircuito en CA	176
21.6.2.1.3.1	Cortocircuito máximo	176
21.6.2.1.3.2	Cortocircuito mínimo	176
21.6.2.1.4	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	176
21.6.2.1.4.1	Datos eléctricos de partida	176
21.6.2.1.5	Tensiones e intensidades por string	177
21.6.2.1.5.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	177
21.6.2.1.5.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	178
21.6.2.1.5.2.1	Tensión máxima por string	178
21.6.2.1.5.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	178
21.6.2.1.5.2.3	Intensidad de los strings	179
21.6.2.1.6	Caída de tensión en CC	179
21.6.2.1.7	Cortocircuito en CC	181
21.6.2.1.7.1	Cortocircuito máximo	181
21.6.2.1.7.2	Cortocircuito mínimo	181
21.6.3	<i>Inversor 3</i>	181
21.6.3.1	Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)	181
21.6.3.1.1	Datos eléctricos de partida	181
21.6.3.1.2	Caída de tensión en CA	182
21.6.3.1.2.1	Tramo CGBT → Inversor	182
21.6.3.1.3	Cortocircuito en CA	182
21.6.3.1.3.1	Cortocircuito máximo	182
21.6.3.1.3.2	Cortocircuito mínimo	183
21.6.3.1.4	Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)	183
21.6.3.1.4.1	Datos eléctricos de partida	183
21.6.3.1.5	Tensiones e intensidades por string	183
21.6.3.1.5.1	Datos de partida del generador fotovoltaico	183
21.6.3.1.5.2	Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto	184
21.6.3.1.5.2.1	Tensión máxima por string	184
21.6.3.1.5.2.2	Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)	185
21.6.3.1.5.2.3	Intensidad de los strings	185
21.6.3.1.6	Caída de tensión en CC	186
21.6.3.1.7	Cortocircuito en CC	186

21.6.3.1.7.1	Cortocircuito máximo	186
21.6.3.1.7.2	Cortocircuito mínimo	186
22	PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS PARTICULARES	188
22.1	SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS	188
22.2	ESTRUCTURA DE SOPORTE	188
22.3	INVERSORES	189
22.4	CABLEADOS	190
22.5	CONEXIÓN A RED	191
22.6	MEDIDAS	191
22.7	PROTECCIONES	191
22.8	PUESTA A TIERRA	192
22.9	ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	192
22.10	MANTENIMIENTOS	192
22.10.1	Mantenimiento de la instalación. Módulos fotovoltaicos	192
22.10.2	Mantenimiento de la instalación. Inversor	193
22.10.3	Mantenimiento de la instalación. Armarios de Conexión	193
22.10.4	Mantenimiento de la instalación. Caminos de Cables	193
23	PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS	194
23.1	CALIDAD DE LOS MATERIALES	194
23.1.1	Generalidades	194
23.1.2	Conductores eléctricos	194
23.1.3	Conductores de neutro	194
23.1.4	Conductores de protección	194
23.1.5	Identificación de los conductores	195
23.1.6	Tubos protectores	195
23.1.6.1	Clases de tubos a emplear	195
23.2	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	195
23.2.1	Colocación de tubos	195
23.2.1.1	Prescripciones generales	195
23.2.1.1.1	Tubos en montaje superficial	196
23.2.1.1.2	Tubos empotrados	197
23.2.1.1.3	Tubos en montaje al aire	197
23.2.2	Cajas de empalme y derivación	197
23.2.3	Aparatos de mando y maniobra	198
23.2.4	Aparatos de protección	198
23.2.4.1	Protección contra sobreintensidades	198
23.2.4.1.1	Aplicación	198
23.2.4.1.2	Protección contra sobrecargas	199
23.2.4.1.3	Protección contra cortocircuitos	199
23.2.4.1.3.1	Situación y composición	199
23.2.4.1.4	Normas aplicables	199
23.2.4.1.4.1	Pequeños interruptores automáticos (PIA)	199
23.2.4.1.4.2	Interruptores automáticos de baja tensión	200
23.2.4.1.4.3	Fusibles	200
23.2.4.2	Características principales de los dispositivos de protección	201
23.2.4.3	Protección contra sobretensiones de origen atmosférico	201
23.2.4.4	Protección contra contactos directos e indirectos	202
23.3	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	203
23.3.1	Naturaleza y secciones mínimas	203
23.3.2	Tendido de los conductores	203
23.3.2.1	Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos	203
23.3.2.2	Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra	204
23.3.3	Pruebas reglamentarias	204

23.3.3.1	Comprobación de la puesta a tierra	204
23.3.3.2	Resistencia de aislamiento	204
23.3.4	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	204
23.4	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN	205
23.5	LIBRO DE ÓRDENES	205
23.6	CONSEJOS DE UTILIZACIÓN	205
24	ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD	207
24.1	OBJETO	207
24.2	NORMATIVA APLICABLE	207
24.3	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	208
24.4	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	208
24.4.1	<i>Estudio Básico de Seguridad y Salud</i>	<i>208</i>
24.4.2	<i>Riesgos más frecuentes en las obras de construcción</i>	<i>209</i>
24.4.3	<i>Medidas preventivas de carácter general</i>	<i>209</i>
24.5	DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	210
24.5.1	<i>Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual</i>	<i>211</i>
24.5.2	<i>Riesgos asociados a la obra</i>	<i>212</i>
24.5.2.1	Toda la obra	212
24.5.2.2	Montaje y puesta en tensión	213
24.5.2.3	Trabajos laborables especiales	215
25	PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	216
25.1	OBJETO, FINALIDAD Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	216
25.2	CRITERIOS GENERALES DE CALIDAD APLICABLES A INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO	216
25.3	CONTROL DEL PROYECTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO	216
25.4	CONTROL DE RECEPCIÓN DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS	217
25.4.1	<i>Alcance del control de recepción</i>	<i>217</i>
25.4.2	<i>Verificación documental de los suministros</i>	<i>217</i>
25.5	CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	217
25.5.1	<i>Control del montaje del generador fotovoltaico</i>	<i>217</i>
25.5.2	<i>Control del cableado y canalizaciones</i>	<i>218</i>
25.5.3	<i>Control de la puesta a tierra y equipotencialidad</i>	<i>218</i>
25.6	CONTROL ESPECÍFICO DE LA INTEGRACIÓN DEL AUTOCONSUMO CON LA RED INTERIOR	218
25.7	CONTROL DE LA INSTALACIÓN TERMINADA Y PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO	218
25.8	DOCUMENTACIÓN FINAL Y TRAZABILIDAD DEL CONTROL DE CALIDAD	219
25.9	CERTIFICACIÓN FINAL, GARANTÍAS Y MANTENIMIENTO	219
26	PLANOS	220
27	PRESUPUESTO	221
27.1	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	221
27.2	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	241
27.3	PLAZO DE EJECUCIÓN	242
27.4	PROGRAMA DE TRABAJOS	243
27.5	REVISIÓN DE PRECIOS	245
27.6	PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	245
28	PLAN DE GESTION DE RESIDUOS	247
28.1	OBJETO Y ALCANCE DEL DOCUMENTO	247
28.2	MARCO NORMATIVO APLICABLE	247
28.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES INTERVINIENTES	247
28.3.1	<i>Promotor / Productor de residuos</i>	<i>247</i>
28.3.2	<i>Poseedor de los residuos</i>	<i>248</i>
28.3.3	<i>Gestor de residuos</i>	<i>248</i>

28.4	NATURALEZA DE LA OBRA Y TIPOLOGÍA DE RESIDUOS GENERADOS	248
28.5	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS	248
28.5.1	<i>Residuos no peligrosos</i>	248
28.5.2	<i>Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)</i>	248
28.6	ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES DE RESIDUOS	249
28.7	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS	249
28.8	SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA	249
28.9	ALMACENAMIENTO, MANEJO Y TRANSPORTE	249
28.10	DESTINO DE LOS RESIDUOS	250
28.11	COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	250
28.12	DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA	250
29	NOTAS TÉCNICAS Y CRITERIOS GENERALES DEL PROYECTO	251
29.1	OBJETO DEL CAPÍTULO	251
29.2	NORMATIVA TÉCNICA DE REFERENCIA	251
29.3	CONDICIONES AMBIENTALES Y DE INSTALACIÓN	251
29.4	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO ELÉCTRICO EN CORRIENTE ALTERNA (CA)	252
29.4.1	<i>Selección de conductores</i>	252
29.4.2	<i>Protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos</i>	252
29.4.3	<i>Caída de tensión</i>	252
29.5	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA (CC)	252
29.5.1	<i>Strings fotovoltaicos</i>	252
29.5.2	<i>Conductores en corriente continua</i>	253
29.6	PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD	253
29.7	CRITERIOS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE	253
29.8	VERIFICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	253
29.9	ALCANCE Y VALIDEZ DE LAS NOTAS TÉCNICAS	254
30	ANEXOS II. FICHAS TÉCNICAS	255
31	ANEXOS III. ESTUDIOS PVGIS-5	256

0 ANTECEDENTES

En el marco de una política energética orientada al desarrollo sostenible, la mejora continua de la eficiencia energética y la reducción progresiva del impacto ambiental asociado al consumo eléctrico, el Ayuntamiento de Etxebarri ha adoptado la decisión de implantar soluciones basadas en energías renovables en varios edificios de titularidad municipal.

Esta decisión responde, por un lado, a la necesidad de reducir el consumo energético derivado del funcionamiento de las instalaciones municipales y, por otro, al compromiso institucional del Ayuntamiento con la transición energética y la mitigación del cambio climático. Con el objetivo de avanzar hacia un modelo energético más eficiente, sostenible y económicamente viable, se plantea la ejecución de varias instalaciones solares fotovoltaicas destinadas al autoconsumo eléctrico en edificios municipales del término municipal de Etxebarri.

El promotor y titular de las instalaciones objeto del presente proyecto es el Ayuntamiento de Etxebarri, con CIF P4803600H, y domicilio en Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1, 48450 Etxebarri (Bizkaia).

Las actuaciones previstas se desarrollarán en distintos edificios de titularidad municipal ubicados dentro del municipio de Etxebarri, seleccionados en función de su consumo eléctrico, disponibilidad de superficies aptas para la instalación de módulos fotovoltaicos, orientación y viabilidad técnica y normativa.

Los sistemas proyectados serán de tipo autoconsumo con excedentes acogido a compensación, conforme a lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril. La energía generada se destinará prioritariamente al consumo instantáneo de cada edificio y, en los periodos en los que la producción supere la demanda, los excedentes de energía eléctrica serán vertidos a la red de distribución y compensados económicamente en la facturación eléctrica mediante el mecanismo de compensación simplificada de excedentes. Esta modalidad permite optimizar el aprovechamiento de la energía generada, mejorar la rentabilidad de las instalaciones y reducir los costes energéticos municipales sin necesidad de sistemas de almacenamiento.

Uno de los objetivos fundamentales del proyecto es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos (CO_2 , NO_x y SO_x), asociados a la generación eléctrica mediante fuentes de origen fósil. La incorporación de energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, limpia y de proximidad, contribuye de forma directa a la disminución de la huella de carbono de los edificios municipales y a la reducción de la dependencia energética exterior.

De manera complementaria, el aprovechamiento de la energía generada tendrá un impacto económico positivo al reducir el consumo de energía adquirida a la red, con la consiguiente disminución de los costes asociados al suministro eléctrico de los edificios públicos.

A instancia del citado titular, se encarga la redacción del Proyecto de Ejecución de Instalación Eléctrica de Baja Tensión para Sistemas Solares Fotovoltaicos a Ibon Pérez Ramos, con Documento Nacional de Identidad 78.949.808-P, colegiado nº 6.677 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Bizkaia (COIIB), quien interviene

en calidad de técnico competente y pertenece a la empresa Ingeniería Goen, S.L.U., con C.I.F. B-95739496, que opera bajo el nombre comercial Onyx Ingeniería, siendo dicha entidad la responsable de la elaboración, desarrollo y coherencia técnica de la documentación que compone el presente proyecto.

La empresa dispone de sede profesional en calle Novia Salcedo nº 9, Departamento 3A, C.P. 48012, Bilbao, desde donde se han realizado los trabajos de definición, cálculo y redacción del proyecto.

En definitiva, el presente proyecto constituye una actuación técnica orientada a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones municipales y una muestra del compromiso del Ayuntamiento de Etxebarri con la sostenibilidad, la responsabilidad medioambiental y el cumplimiento de los objetivos energéticos y climáticos establecidos en el marco de la Agenda 2030 y las políticas públicas de transición energética.

1 OBJETO DEL PROYECTO

A la vista de lo expuesto en los apartados precedentes y en coherencia con los principios de sostenibilidad, eficiencia energética, reducción de emisiones y responsabilidad institucional en materia medioambiental, el presente documento técnico tiene por objeto la definición, diseño, dimensionamiento y justificación técnica y normativa de varias instalaciones solares fotovoltaicas destinadas al autoconsumo con excedentes acogidos a compensación, a implantar en edificios de titularidad municipal del Ayuntamiento de Etxebarri.

El presente Proyecto de Ejecución de Instalación Eléctrica de Baja Tensión establece las condiciones técnicas, constructivas y de seguridad necesarias para la correcta implantación de sistemas de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, conectados a la red interior de los edificios y, a través de esta, a la red de distribución eléctrica, de conformidad con la normativa vigente en materia de autoconsumo eléctrico, en particular el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, así como el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Las instalaciones proyectadas tienen como finalidad principal cubrir parcialmente la demanda energética de los edificios municipales, priorizando el consumo instantáneo de la energía generada y permitiendo el vertido de los excedentes de producción a la red de distribución, los cuales serán objeto de compensación económica en la facturación eléctrica conforme al mecanismo de compensación simplificada de excedentes. Esta modalidad de autoconsumo permite maximizar el aprovechamiento de la energía generada, mejorar la eficiencia energética global de los edificios y optimizar la rentabilidad técnico-económica de las instalaciones, sin necesidad de incorporar sistemas de almacenamiento energético.

El Ayuntamiento de Etxebarri, con CIF P4803600H y domicilio en Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1, 48450 Etxebarri (Bizkaia), actúa como promotor y titular de las instalaciones objeto del presente proyecto. En su condición de administración pública local responsable de la gestión y mantenimiento de los edificios municipales, impulsa esta actuación en el marco de una estrategia orientada a la reducción del consumo energético, la disminución de la dependencia de fuentes energéticas convencionales y la incorporación progresiva de energías renovables en el ámbito del sector público.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, el proyecto persigue la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂), asociadas a la generación de electricidad mediante fuentes fósiles, así como la mejora del balance energético de los edificios municipales. La utilización de energía solar fotovoltaica, como fuente renovable, limpia y de proximidad, contribuye de forma directa a la reducción de la huella de carbono municipal y al cumplimiento de los compromisos adquiridos por las administraciones públicas en materia de lucha contra el cambio climático.

Adicionalmente, la ejecución de las instalaciones fotovoltaicas proyectadas permitirá una reducción de los costes energéticos asociados al suministro eléctrico de los edificios municipales, mediante la disminución de la energía adquirida a la red y la compensación económica de los excedentes vertidos. Este ahorro económico contribuye a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos públicos y a garantizar la sostenibilidad económica de las inversiones realizadas a medio y largo plazo.

El presente proyecto no se limita a la definición de una solución técnica aislada, sino que se enmarca dentro de una estrategia global de transición energética, alineada con los objetivos establecidos en las políticas energéticas y climáticas a nivel autonómico, estatal y europeo, así como con los criterios habitualmente exigidos en los programas de ayudas y subvenciones promovidos por organismos como el EVE y el IDAE, y con los principios de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

En consecuencia, el objeto del presente Proyecto de Ejecución es proporcionar una base técnica completa, rigurosa y conforme a la normativa vigente que permita la correcta ejecución de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, garantizando su seguridad, fiabilidad, eficiencia energética y viabilidad técnica, económica y medioambiental.

1.1 Alcance del Proyecto. Centros Objeto de Actuación

El presente Proyecto de Ejecución comprende la implantación de instalaciones solares fotovoltaicas destinadas al autoconsumo con excedentes acogidos a compensación en cinco edificios de titularidad municipal del Ayuntamiento de Etxebarri, cada uno de ellos asociado a un punto de suministro eléctrico independiente, identificado mediante su correspondiente Código Universal de Punto de Suministro (CUPS).

Las actuaciones se desarrollarán en los siguientes centros municipales, que forman parte integrante del alcance del presente proyecto:

- CEIP Kukullaga, situado en Marivi Iturbe Kalea, 1, Kukullaga, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000016362418KP.
 - En este emplazamiento se proyecta una instalación fotovoltaica destinada a cubrir parcialmente la demanda energética del centro educativo, caracterizado por un consumo eléctrico significativo y estable a lo largo del año.
- Casa Consistorial – Ayuntamiento de Etxebarri, ubicada en Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1, 48450 Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000009736675CJ.

- La instalación proyectada contribuirá a reducir el consumo eléctrico procedente de la red en el edificio administrativo principal del municipio.
- CIME, situado en Egetiaga, Calle Uribarri, 1A, 48450 Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000009736676CZ.
 - Se trata de un edificio municipal con demanda energética relevante, donde la instalación solar permitirá mejorar la eficiencia energética global del centro.
- Frontón Municipal, ubicado en Txiki y Otaegi Plaza, 48450 Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000009736678CQ.
 - La instalación fotovoltaica proyectada permitirá aprovechar la superficie disponible del edificio para la generación de energía eléctrica destinada al autoconsumo del equipamiento deportivo.
- Haurreskola Bekosolo, situada en Calle Acceso a la Iglesia, 5, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000016578669QJ.
 - En este centro educativo infantil se proyecta una instalación solar fotovoltaica orientada a cubrir parte de su demanda eléctrica, contribuyendo a la reducción del consumo energético y de las emisiones asociadas.
- CEIP San Antonio, situada en Calle Acceso a la Iglesia, 5, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia, con CUPS ES0021000009738118ZF.
 - En este centro educativo infantil se proyecta una instalación solar fotovoltaica orientada a cubrir parte de su demanda eléctrica, contribuyendo a la reducción del consumo energético y de las emisiones asociadas.

Cada una de las instalaciones se diseñará de forma independiente, adaptándose a las características constructivas, energéticas y de consumo de cada edificio, y se conectará al punto de suministro correspondiente, manteniendo en todo caso la titularidad municipal y el régimen de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación.

El conjunto de las actuaciones descritas constituye una intervención coordinada y coherente, orientada a mejorar el comportamiento energético del parque de edificios municipales del Ayuntamiento de Etxebarri, optimizar el uso de recursos públicos y avanzar en el cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética y sostenibilidad exigidos

2 TITULAR

A los efectos del presente Proyecto de Ejecución de Instalación Eléctrica de Baja Tensión, se entiende por Titular de la instalación la persona jurídica que ostenta la responsabilidad última sobre la explotación, mantenimiento y correcto funcionamiento de la instalación eléctrica, así como sobre el cumplimiento de la normativa técnica y de seguridad que le sea de aplicación, de conformidad con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones legales vigentes.

El Titular de la instalación es, por tanto, la entidad en cuyo nombre se proyecta, ejecuta y pone en servicio la instalación eléctrica, y a la que corresponden las obligaciones derivadas de su uso adecuado, conservación,

mantenimiento, inspección periódica y, en su caso, modificación o ampliación, así como la responsabilidad frente a los organismos competentes en materia de industria y energía.

Los inmuebles en los que se ubican las instalaciones objeto del presente proyecto son edificios de titularidad municipal, destinados a distintos usos públicos. En consecuencia, y a efectos del presente proyecto y de la normativa de seguridad industrial, se considera Titular de las instalaciones eléctricas y fotovoltaicas al Ayuntamiento de Etxebarri, en su condición de propietario de los edificios, titular de los puntos de suministro eléctrico y responsable último de la explotación de las instalaciones.

Por lo tanto, se identifica como Titular de las instalaciones eléctricas objeto del presente proyecto a:

- Titular: Ayuntamiento de Etxebarri
- CIF: P4803600H
- Domicilio: Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1
- Código Postal y localidad: 48450 Etxebarri
- Provincia: Bizkaia

El Titular será responsable de garantizar que las actuaciones contempladas en el presente proyecto se ejecuten conforme a lo proyectado y autorizado, así como de asegurar el correcto mantenimiento y conservación de las instalaciones una vez puestas en servicio. Asimismo, deberá facilitar el acceso a las instalaciones a los organismos de control autorizados, empresas instaladoras habilitadas y técnicos competentes cuando resulte necesario para su verificación, mantenimiento, inspección o legalización.

3 PROMOTOR

De conformidad con lo establecido en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), y en particular con lo dispuesto en su artículo 9, se define como Promotor a la persona física o jurídica, pública o privada, que decide, impulsa, programa y financia las actuaciones necesarias para la ejecución de las obras o instalaciones, asumiendo la iniciativa de la actuación.

Aplicando dicha definición al ámbito del presente Proyecto de Ejecución de Instalación Eléctrica de Baja Tensión para Sistemas Solares Fotovoltaicos, se considera Promotor a la entidad que impulsa la redacción del proyecto, financia la ejecución de las instalaciones y asume la responsabilidad de su correcta realización, sin perjuicio de las obligaciones que correspondan a los restantes agentes intervinientes.

En consecuencia, y a los efectos del presente proyecto de instalaciones solares fotovoltaicas destinadas al autoconsumo en edificios de titularidad municipal, se identifica como Promotor de la actuación al Ayuntamiento de Etxebarri, cuyos datos son los siguientes:

- Promotor: Ayuntamiento de Etxebarri
- CIF: P4803600H
- Dirección a efectos de notificaciones: Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1
- Código Postal y localidad: 48450 Etxebarri

- Provincia: Bizkaia

El Promotor asume la iniciativa, coordinación y financiación de las actuaciones descritas en el presente proyecto, así como la responsabilidad de que las instalaciones se ejecuten conforme a la documentación técnica aprobada, a la normativa vigente en materia de seguridad industrial, energía y medio ambiente, y a las condiciones establecidas por los organismos competentes.

4 DECLARACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE COSTAS

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 44.7 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, y en el artículo 96.1 del Reglamento General para su desarrollo y ejecución, aprobado por Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, se hace constar expresamente que el presente Proyecto de Ejecución de Instalación Solar Fotovoltaica para Autoconsumo con Excedentes acogidos a Compensación cumple con las disposiciones establecidas en la citada normativa, así como con cuantas normas generales y específicas resulten de aplicación.

Las actuaciones objeto del presente proyecto se localizan en edificios de titularidad municipal del Ayuntamiento de Etxebarri, municipio situado en el interior del Territorio Histórico de Bizkaia, sin frente litoral y fuera del ámbito de influencia del dominio público marítimo-terrestre, no viéndose afectados en ningún caso por la zona marítimo-terrestre, servidumbre de protección, servidumbre de tránsito ni por otras limitaciones derivadas de la Ley de Costas.

En consecuencia, las instalaciones proyectadas no requieren autorización, informe ni condicionante alguno por parte de la Demarcación de Costas, al no existir afección directa ni indirecta a bienes de dominio público marítimo-terrestre ni a sus zonas de servidumbre legalmente establecidas.

Por todo lo anterior, se declara que el presente proyecto es plenamente compatible con la normativa de costas vigente, no resultando de aplicación limitaciones ni condicionantes específicos derivados de dicha legislación.

5 DECLARACION DE CUMPLIMIENTO SOBRE EL DESLUMBRAMIENTO

Tras el análisis pormenorizado de la ubicación, entorno inmediato y características de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, se concluye que no resulta necesario solicitar la realización de un estudio específico de deslumbramiento ni autorización previa ante la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), al no existir afección a la seguridad de la navegación aérea en ninguno de los emplazamientos incluidos en el presente proyecto. Las instalaciones se localizan en edificios de titularidad municipal del Ayuntamiento de Etxebarri, todos ellos situados en entorno urbano consolidado y fuera de zonas de servidumbre aeronáutica. El análisis individualizado por emplazamiento es el siguiente:

- CEIP Kukullaga
- Ubicado en Marivi Iturbe Kalea, 1, Kukullaga, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia, se trata de un edificio integrado en una trama urbana residencial, rodeado de edificaciones de similar altura y sin visual directa hacia infraestructuras aeronáuticas. La disposición de los módulos fotovoltaicos se realiza sobre cubierta, con orientación e inclinación adaptadas a la geometría del edificio, sin alineación hacia corredores aéreos ni

superficies limitadoras de obstáculos. No se prevé, por tanto, la generación de reflejos que puedan afectar a la navegación aérea.

- Casa Consistorial – Ayuntamiento de Etxebarri
- Situada en Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1, 48450 Etxebarri, Bizkaia, en pleno núcleo urbano del municipio. El edificio se encuentra rodeado de viales urbanos y edificaciones municipales y residenciales, sin relación directa con rutas aéreas ni proximidad a infraestructuras aeroportuarias. La instalación fotovoltaica proyectada se integra en la cubierta del edificio, sin generar superficies reflectantes orientadas hacia el espacio aéreo sensible.
- CIME
- Emplazado en Egetiaga, Calle Uribarri, 1A, 48450 Etxebarri, Bizkaia, en una zona urbana consolidada. La instalación proyectada se sitúa sobre la cubierta del edificio, con una orientación que prioriza el rendimiento energético y que no presenta alineación directa con posibles trayectorias de aeronaves. La altura del edificio y su entorno edificatorio actúan como elementos mitigadores frente a posibles reflejos.
- Frontón Municipal
- Ubicado en Txiki y Otaegi Plaza, 48450 Etxebarri, Bizkaia, se trata de un edificio de carácter deportivo integrado en el tejido urbano. La cubierta del Frontón Municipal presenta una superficie amplia y horizontal, sobre la que se disponen los módulos fotovoltaicos con una inclinación controlada. Dada su localización y geometría, no se produce orientación directa hacia el espacio aéreo ni hacia infraestructuras aeronáuticas, descartándose riesgos de deslumbramiento.
- Haurreskola Bekosolo
- Situada en Parque Bekosolo, 2, 48450 Etxebarri, Bizkaia, en un entorno urbano de baja altura y uso educativo. La instalación fotovoltaica proyectada se adapta a la cubierta del edificio, con una disposición que evita reflejos hacia el entorno y sin interferencia alguna con rutas aéreas. La ubicación interior del municipio y la ausencia de infraestructuras aeronáuticas cercanas refuerzan la inexistencia de afección.
- CEIP San Antonio
- Situada en Calle Acceso a la Iglesia, 5, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia, en un entorno urbano de baja altura y uso educativo. La instalación fotovoltaica proyectada se adapta a la cubierta del edificio, con una disposición que evita reflejos hacia el entorno y sin interferencia alguna con rutas aéreas. La ubicación interior del municipio y la ausencia de infraestructuras aeronáuticas cercanas refuerzan la inexistencia de afección.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea, el Real Decreto 2591/1998, de 4 de diciembre, sobre servidumbres aeronáuticas, y las directrices técnicas de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, se concluye que ninguna de las instalaciones proyectadas se encuentra sujeta a servidumbres aeronáuticas ni genera riesgo de deslumbramiento para la navegación aérea**, no siendo preceptiva la realización de estudios específicos ni la obtención de autorizaciones adicionales ante dicho organismo.

En consecuencia, se declara que el presente proyecto cumple plenamente con la normativa vigente en materia de seguridad aérea y deslumbramiento, sin que la ejecución y explotación de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas suponga afección alguna a la seguridad de las operaciones aéreas.

6 DECLARACIÓN DE NO AFECCIÓN AL DOMINIO PÚBLICO VIARIO

Tras el análisis de la localización y el entorno inmediato de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, se concluye que no se produce afección al dominio público viario, ni a carreteras de titularidad estatal, autonómica o foral, ni a sus zonas de protección, servidumbre o afección, de acuerdo con la normativa vigente.

El análisis individualizado por emplazamiento es el siguiente:

- CEIP Kukullaga – Marivi Iturbe Kalea, 1 (Kukullaga)
- El edificio se encuentra integrado en viario urbano municipal. Las actuaciones se limitan a la cubierta del inmueble, sin ocupación de calzada, aceras ni elementos del dominio público viario, ni necesidad de accesos especiales desde carreteras de rango superior.
- Casa Consistorial – Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1 (Etxebarri)
- Ubicada en el núcleo urbano de Etxebarri, con acceso directo desde calles de titularidad municipal. La instalación fotovoltaica se ejecuta exclusivamente en cubierta, sin interferencia con la red viaria ni afección a viales forales o autonómicos.
- CIME – Egetiaga, Calle Uribarri, 1A (Etxebarri)
- El edificio se sitúa en entorno urbano consolidado. Las actuaciones previstas no implican ocupación de terrenos colindantes ni modificación de accesos existentes, no resultando afectado ningún tramo de carretera supramunicipal.
- Frontón Municipal – Txiki y Otaegi Plaza (Etxebarri)
- El inmueble se localiza en una plaza urbana de uso peatonal y viario municipal. La instalación se desarrolla íntegramente sobre la cubierta, sin incidencia sobre la circulación rodada ni sobre elementos del dominio público viario.
- Haurreskola Bekosolo – Calle Acceso a la Iglesia, 5 (Etxebarri)
- Situada en entorno urbano de baja intensidad de tráfico, con accesos municipales. No se prevé afección a carreteras de rango superior ni ocupación de zonas de protección viaria.
- CEIP San Antonio – Calle Acceso a la Iglesia, 5 (Kukullaga-Etxebarri)
- Situada en entorno urbano de baja intensidad de tráfico, con accesos municipales. No se prevé afección a carreteras de rango superior ni ocupación de zonas de protección viaria.

En consecuencia, se declara que no resulta necesaria autorización ni informe sectorial en materia de carreteras, al no existir afección al dominio público viario.

7 COMPATIBILIDAD URBANÍSTICA DE LAS ACTUACIONES

Las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas son compatibles con el planeamiento urbanístico municipal vigente, al tratarse de actuaciones sobre edificios existentes de titularidad municipal, sin incremento de edificabilidad, ocupación ni volumen, y destinadas a mejorar la eficiencia energética de los inmuebles.

El análisis por emplazamiento es el siguiente:

- CEIP Kukullaga
- Edificio de uso educativo público. La instalación fotovoltaica en cubierta tiene carácter de instalación técnica auxiliar, plenamente compatible con el uso existente y sin afección a la configuración urbanística del entorno.
- Casa Consistorial – Ayuntamiento de Etxebarri
- Edificio administrativo público. La actuación se limita a la cubierta, sin alteración del uso ni de las condiciones urbanísticas, siendo compatible con el planeamiento municipal.
- CIME
- Edificio municipal destinado a usos sociales y formativos. La instalación proyectada no modifica el uso autorizado ni introduce elementos incompatibles con la ordenación urbanística.
- Frontón Municipal
- Equipamiento deportivo público. La instalación solar fotovoltaica se considera infraestructura técnica asociada al edificio, compatible con su uso y con las determinaciones urbanísticas aplicables.
- Haurreskola Bekosolo
- Centro educativo infantil. La actuación en cubierta no afecta a la funcionalidad del edificio ni a las condiciones urbanísticas del entorno.
- CEIP San Antonio
- Centro educativo de enseñanza infantil y primaria, de titularidad municipal. La actuación proyectada se desarrolla exclusivamente sobre la cubierta del edificio, sin afectar al normal funcionamiento del centro ni interferir con la actividad docente desarrollada en el mismo. La instalación solar fotovoltaica no modifica el uso del inmueble ni sus condiciones de seguridad, accesibilidad o evacuación, y resulta plenamente compatible con las determinaciones urbanísticas del entorno en el que se ubica el edificio.

Por todo lo anterior, se concluye que las actuaciones proyectadas son urbanísticamente compatibles, sin que resulte necesario tramitar modificación de planeamiento ni autorizaciones urbanísticas extraordinarias, sin perjuicio de las licencias o comunicaciones que correspondan.

8 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

El presente proyecto cumple el artículo 125 del Reglamento General de la Ley de Contratos con las Administraciones Públicas. De acuerdo con el artículo 127.2 del Reglamento General de la Ley de Contratos con las Administraciones Públicas se manifiesta expresamente que las obras incluidas en este proyecto se refieren a una obra completa susceptible de ser entregada al uso general, en el sentido señalado en el artículo 125 del citado Reglamento.

9 DECLARACIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, estarán sometidos a evaluación de impacto ambiental, en su modalidad ordinaria o simplificada, únicamente aquellos proyectos incluidos en los Anexos I o II de la citada ley, así como aquellos que, aun no estando

expresamente recogidos en dichos anexos, puedan producir efectos adversos significativos sobre el medio ambiente.

Analizadas las características técnicas, el alcance y la ubicación de las actuaciones objeto del presente proyecto, se concluye que las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas no se encuentran incluidas en ninguno de los supuestos recogidos en los Anexos I ni II de la Ley 21/2013, ni de forma individual ni por acumulación de proyectos, al tratarse de instalaciones de generación eléctrica de pequeña escala, destinadas al autoconsumo, ejecutadas exclusivamente sobre cubiertas de edificios existentes y sin ocupación adicional de suelo.

Las actuaciones proyectadas no implican transformación del territorio ni alteración del uso del suelo, al ejecutarse íntegramente sobre cubiertas de edificios existentes, sin ocupación adicional de terreno ni modificación de la morfología del entorno. Asimismo, las instalaciones previstas no conllevan incrementos significativos de emisiones a la atmósfera, limitándose la fase de obra a actuaciones puntuales y de corta duración, y presentando durante la fase de explotación un balance ambiental claramente favorable al tratarse de generación eléctrica a partir de energía renovable.

Del mismo modo, las actuaciones no generan vertidos a cauces públicos ni al litoral, ni afectan a masas de agua superficiales o subterráneas, al no contemplarse movimientos de tierras, excavaciones ni actuaciones sobre el subsuelo. Tampoco suponen un incremento relevante en la generación de residuos, más allá de los residuos propios de una obra de pequeña entidad, los cuales serán gestionados conforme a la normativa vigente, ni implican un consumo significativo de recursos naturales.

Por otra parte, las instalaciones proyectadas no producen afección alguna a Espacios Protegidos ni a la Red Natura 2000, ni inciden sobre masas forestales, cauces, hábitats de interés o elementos del patrimonio cultural, histórico o arqueológico, al localizarse en suelo urbano consolidado y en entornos plenamente antropizados. En consecuencia, los posibles impactos ambientales asociados a la ejecución y explotación de las instalaciones se consideran nulos o muy reducidos, resultandos compatibles con el entorno y con la normativa ambiental de aplicación.

Los emplazamientos se localizan en edificios de titularidad municipal situados en suelo urbano consolidado del municipio de Etxebarri (Bizkaia), en un entorno plenamente antropizado, careciendo de valores ambientales sensibles. Las instalaciones se integran en edificaciones existentes, sin modificación de volúmenes, alturas ni ocupaciones, y con un impacto ambiental muy reducido tanto en fase de ejecución como de explotación.

Asimismo, se hace constar que en el punto 14 de la Memoria Justificativa del presente proyecto se incluye un análisis específico de los potenciales impactos ambientales de la instalación solar fotovoltaica, en el que se evalúan de forma detallada los siguientes aspectos:

- Impacto visual y grado de integración de las instalaciones en el entorno urbano.
- Impacto ambiental global asociado a la generación de energía solar.
- Efectos sobre el suelo, considerando la inexistencia de ocupación de terreno natural.

- Contribución positiva sobre el clima, derivada de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ausencia de afección sobre recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Inexistencia de impactos significativos sobre la flora y fauna, al tratarse de actuaciones en entorno urbano.
- Impacto acústico nulo o despreciable durante la fase de explotación.

En consecuencia, y de acuerdo con la Ley 21/2013, se concluye que el presente proyecto no está sometido a evaluación de impacto ambiental, ni en su modalidad ordinaria ni simplificada, no resultando de aplicación los instrumentos de prevención y control ambiental previstos en la citada normativa, sin perjuicio del cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras que se recogen en el propio proyecto.

10 LEGISLACION APLICABLE

La redacción del presente Proyecto de Ejecución de Instalación Eléctrica de Baja Tensión para sistemas solares fotovoltaicos destinados al autoconsumo se ha llevado a cabo de conformidad con la normativa técnica, administrativa y sectorial vigente que resulta de aplicación, atendiendo tanto a la legislación estatal como autonómica y local, así como a las disposiciones reglamentarias y normas técnicas que regulan este tipo de instalaciones.

En el desarrollo del proyecto se han tenido en cuenta las exigencias derivadas del marco normativo del sector eléctrico, del régimen de autoconsumo de energía eléctrica, de la reglamentación de seguridad industrial en baja tensión, así como de la normativa aplicable en materia de edificación, prevención de riesgos laborales y protección del medio ambiente. Todo ello con el objetivo de garantizar que la instalación proyectada cumple con los requisitos de seguridad, fiabilidad, eficiencia energética y sostenibilidad exigidos por los organismos competentes.

Asimismo, el proyecto se ha redactado considerando las condiciones particulares de los edificios municipales objeto de la actuación, su entorno urbano y su uso, asegurando la compatibilidad de las instalaciones solares fotovoltaicas con las infraestructuras existentes y con las determinaciones urbanísticas y sectoriales de aplicación.

La normativa que se relaciona a continuación constituye el marco legal y técnico de referencia utilizado para la definición, diseño, cálculo, ejecución y legalización de las instalaciones proyectadas, sin perjuicio de la aplicación de aquellas disposiciones que, aun no citadas expresamente, resulten exigibles en función de la evolución normativa o de los requerimientos específicos de los organismos de control y de la empresa distribuidora.

10.1 Normativa básica del sector eléctrico y autoconsumo

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía para la reactivación económica.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

10.2 Reglamentación eléctrica

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT).
- Normativa y criterios técnicos de la empresa distribuidora aplicable a instalaciones de enlace y medida.

10.3 Normativa de edificación y urbanismo

- Código Técnico de la Edificación (CTE), en particular:
 - DB-SE Seguridad estructural.
 - DB-HE Ahorro de energía.
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Planeamiento urbanístico y Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Etxebarri.

10.4 Normativa ambiental

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- Ley 4/2015, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo del País Vasco.
- Normativa autonómica y local en materia de protección ambiental y ruido.

10.5 Prevención de riesgos laborales

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

10.6 Normativa UNE de aplicación

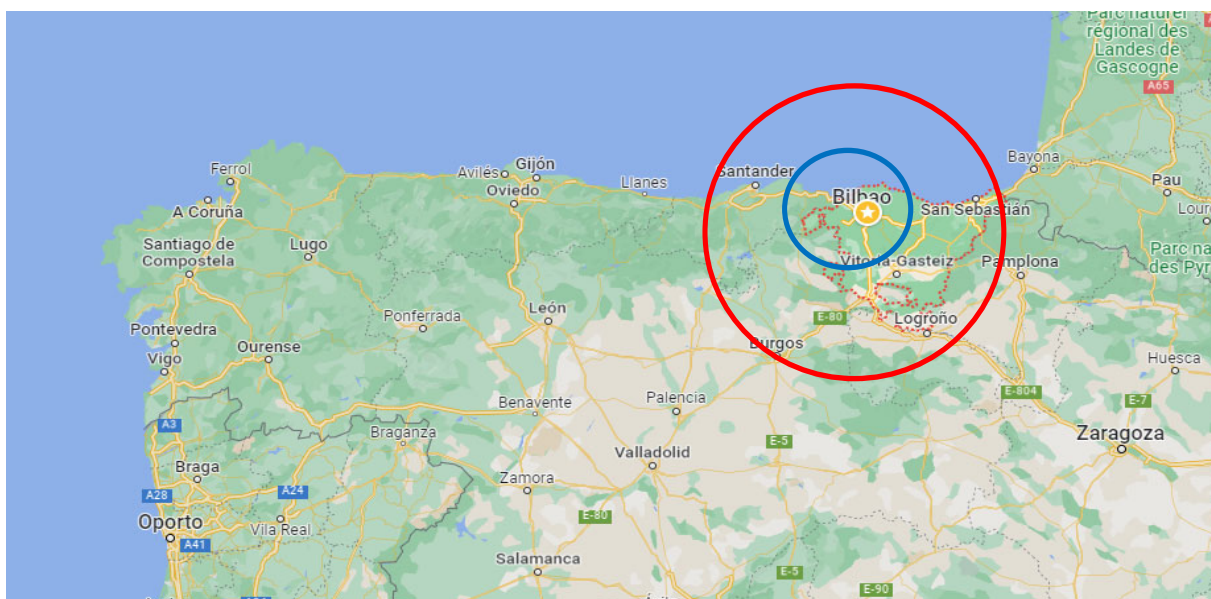
- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- UNE-EN 61730: Seguridad de módulos fotovoltaicos.
- UNE-EN 62109: Seguridad de inversores fotovoltaicos.
- UNE-HD 60364: Instalaciones eléctricas de baja tensión.

- UNE-EN 62305: Protección contra el rayo.
- Otras normas UNE de aplicación que resulten exigibles en función de los equipos finalmente instalados.

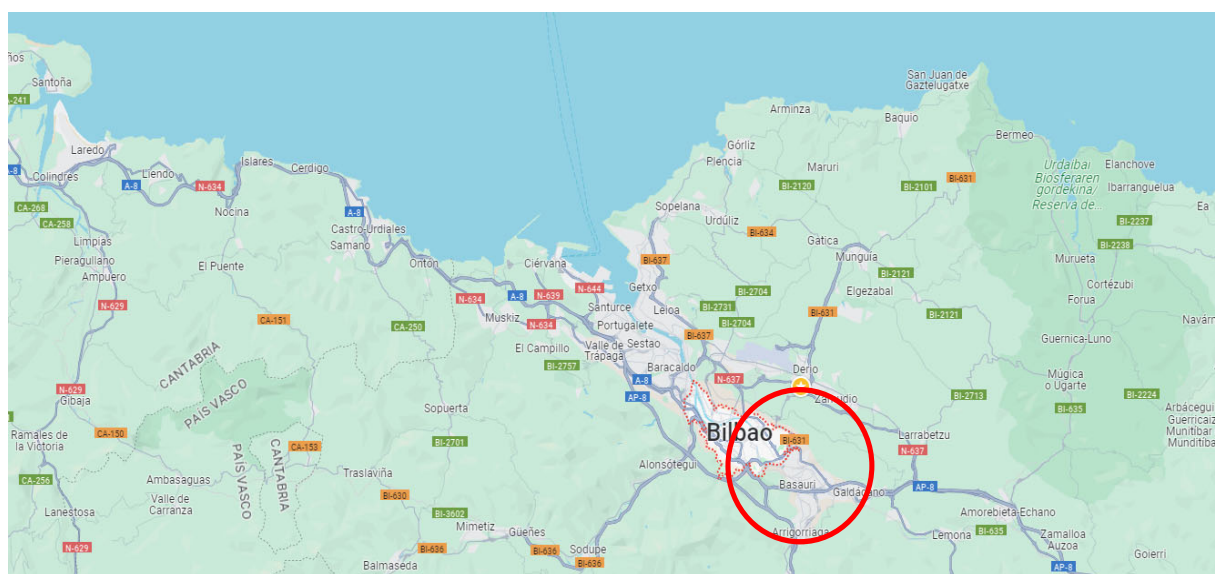
El hecho de que otra Normativa o Reglamentación vigente no figure en la relación anterior, no presupone su incumplimiento.

11 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación queda ubicada en la comunidad autónoma del País Vasco, en concreto en la provincia de Bizkaia.



Siendo más precisos en Etxebarri, ubicada en la Comarca del Gran Bilbao, dentro de la sub comarca del Valle de Asua.



12 EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACION

Las instalaciones objeto del presente proyecto se encuentran ubicadas dentro del término municipal de Etxebarri (Bizkaia), concretamente en diversos edificios de titularidad municipal distribuidos en el núcleo urbano del municipio. Los emplazamientos seleccionados corresponden a equipamientos públicos existentes, tales como edificios administrativos, educativos, deportivos y de servicios, cuyas características constructivas y disponibilidad de superficie en cubierta los hacen idóneos para la implantación de sistemas solares fotovoltaicos.

Las instalaciones fotovoltaicas proyectadas se disponen sobre las cubiertas de los edificios, sin ocupación adicional de suelo y sin modificación de la configuración urbanística del entorno, integrándose en un tejido urbano consolidado. Esta localización permite optimizar la proximidad entre los puntos de generación y consumo, reduciendo pérdidas eléctricas y mejorando la eficiencia global del sistema, aspecto especialmente relevante en instalaciones de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación.

Asimismo, la ubicación de las instalaciones en edificios municipales facilita la gestión, explotación y mantenimiento de los sistemas, y se alinea con los objetivos de sostenibilidad, eficiencia energética y reducción de emisiones impulsados por el Ayuntamiento de Etxebarri, en el marco de sus políticas públicas de transición energética y mejora del comportamiento energético del parque de edificios municipales.

En los apartados siguientes del presente Proyecto de Ejecución se procede a la identificación y descripción detallada de la ubicación exacta de cada una de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, correspondientes a los distintos edificios de titularidad municipal incluidos en el alcance de la actuación.

Para cada emplazamiento se indican de forma expresa los datos de localización, incluyendo la dirección completa, la denominación del edificio, la referencia al término municipal y la correspondencia con la documentación gráfica del proyecto, de manera que quede perfectamente definida la situación física de cada instalación. Asimismo, se describen las condiciones particulares de cada edificio en relación con su entorno, accesibilidad, configuración de la cubierta y relación con el punto de suministro eléctrico asociado.

Esta información permite delimitar con precisión el ámbito de actuación del proyecto, facilitar la correcta interpretación de la documentación técnica por parte de los organismos competentes y servir de base para la ejecución, legalización y posterior explotación de las instalaciones. El análisis individualizado de los emplazamientos garantiza, además, que el diseño de cada sistema fotovoltaico se adecúa a las características constructivas y funcionales del edificio correspondiente, cumpliendo en todo caso con la normativa técnica, urbanística y de seguridad industrial de aplicación.

12.1 CEIP Kukullaga

La primera de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en el CEIP Kukullaga, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo, situado en Marivi Iturbe Kalea, 1, Kukullaga, 48450 Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se encuentra integrado en un entorno urbano consolidado, rodeado de edificaciones residenciales y dotacionales de características similares, y dispone de acceso directo desde viario municipal. La parcela no presenta afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que condicionen la implantación de la instalación proyectada.

La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría, altura o uso del inmueble. La configuración de la cubierta, tanto por su orientación como por su geometría y superficie disponible, resulta adecuada para la implantación de módulos fotovoltaicos, permitiendo una correcta integración de la instalación y un aprovechamiento eficiente del recurso solar.

Desde el punto de vista eléctrico, el emplazamiento presenta proximidad al punto de suministro eléctrico del edificio, lo que permite minimizar recorridos de cableado, reducir pérdidas y facilitar la conexión de la instalación fotovoltaica a la red interior del centro. La energía generada se destinará prioritariamente al consumo del propio edificio, en régimen de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación, conforme a la normativa vigente.

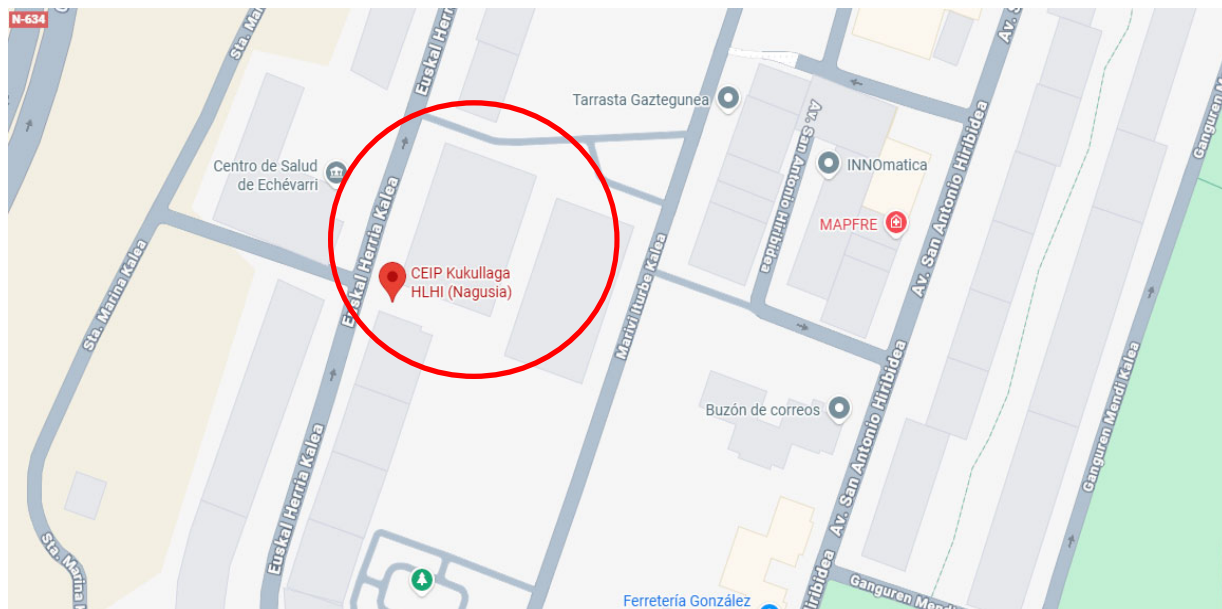
El acceso a la cubierta para las labores de ejecución, mantenimiento e inspección de la instalación se realizará a través de los medios existentes en el edificio o mediante los sistemas auxiliares que se definan en el proyecto, garantizando en todo caso el cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud laboral.

La ubicación geográfica en coordenadas es la que a continuación se especifica

- Coordenadas aproximadas (WGS84):
 - Latitud 43.2463 N
 - Longitud -2.8920 O



En consecuencia, el CEIP Kukullaga constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada, cumpliendo con los criterios de eficiencia energética, seguridad, integración y normativa exigidos en el presente Proyecto de Ejecución.



12.2 Ayuntamiento

La segunda de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en la Casa Consistorial del Ayuntamiento de Etxebarri, edificio de titularidad municipal destinado a uso administrativo, situado en Sabino Arana eta Goiri Kalea, 1, 48450 Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se encuentra integrado en el núcleo urbano del municipio, rodeado de edificaciones residenciales y dotacionales, y dispone de acceso directo desde viario municipal. La parcela no presenta afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que condicionen la implantación de la instalación proyectada.

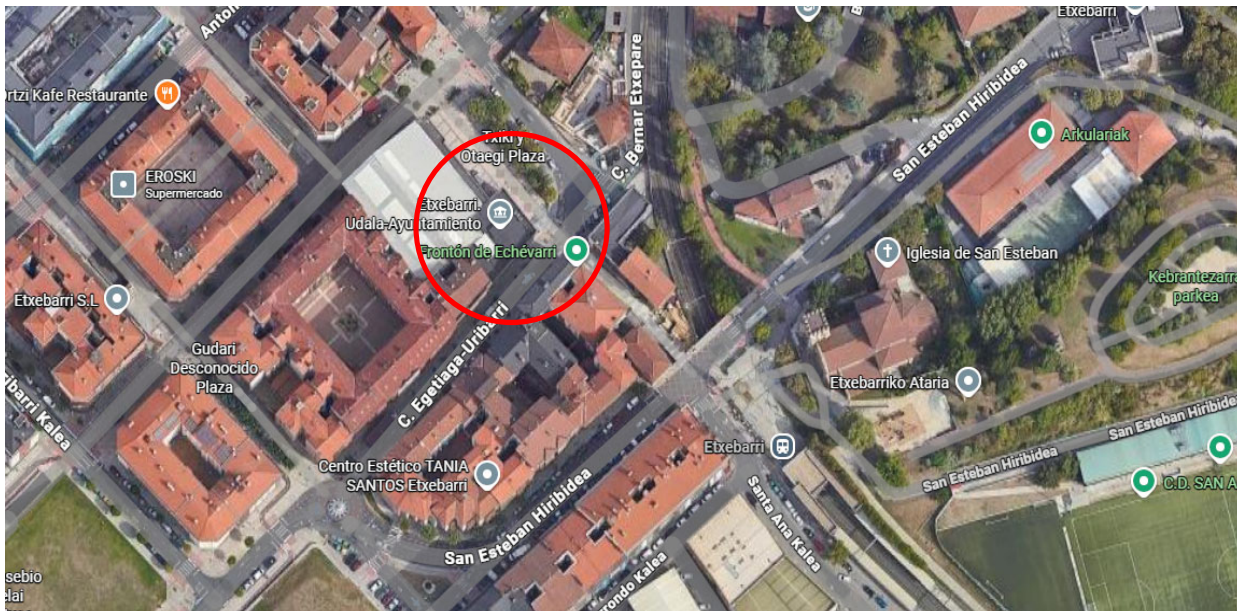
La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría, altura o uso del inmueble. La configuración de la cubierta permite una correcta integración de los módulos y un aprovechamiento eficiente del recurso solar.

Desde el punto de vista eléctrico, la proximidad al punto de suministro del edificio facilita la conexión directa de la instalación fotovoltaica a la red interior del inmueble, destinándose la energía generada prioritariamente al consumo propio, en régimen de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación.

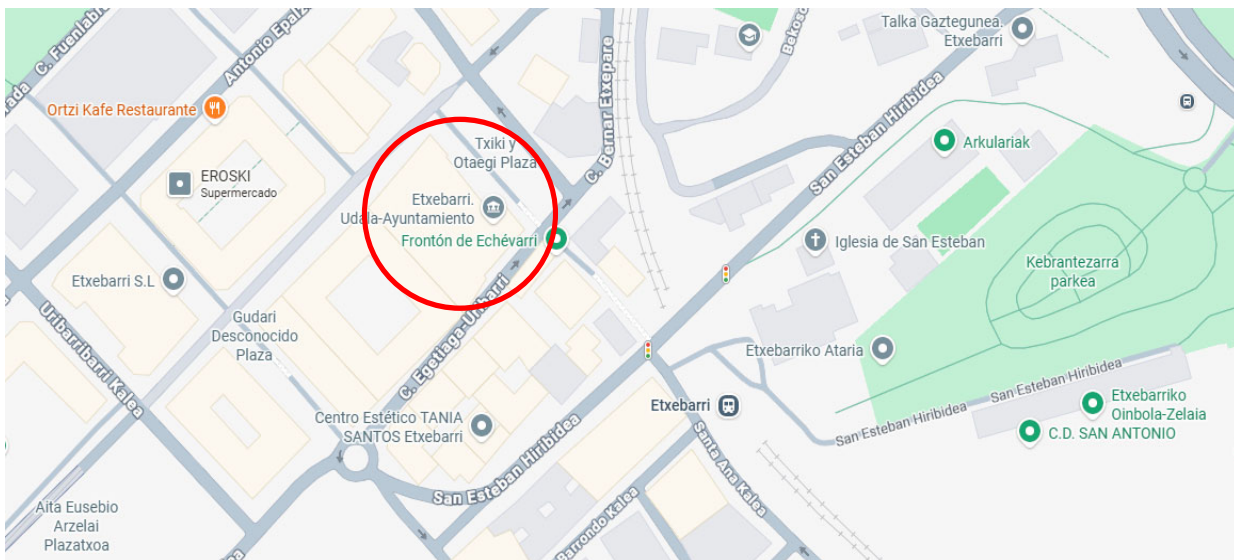
El acceso a la cubierta se realizará conforme a los medios existentes o auxiliares definidos en el proyecto, garantizando el cumplimiento de la normativa de seguridad y salud laboral.

La ubicación geográfica en coordenadas es la que a continuación se especifica

- Coordenadas aproximadas (WGS84):
 - Latitud 43.2456 N
 - Longitud -2.8905 O



En consecuencia, la Casa Consistorial del Ayuntamiento de Etxebarri constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada.



12.3 CIME

La tercera de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en el edificio municipal CIME, destinado a usos sociales y formativos, situado en Egetiaga, Calle Uribarri, 1A, 48450 Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se encuentra integrado en un entorno urbano consolidado, con acceso desde viario municipal y sin afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que limiten la ejecución de la instalación proyectada.

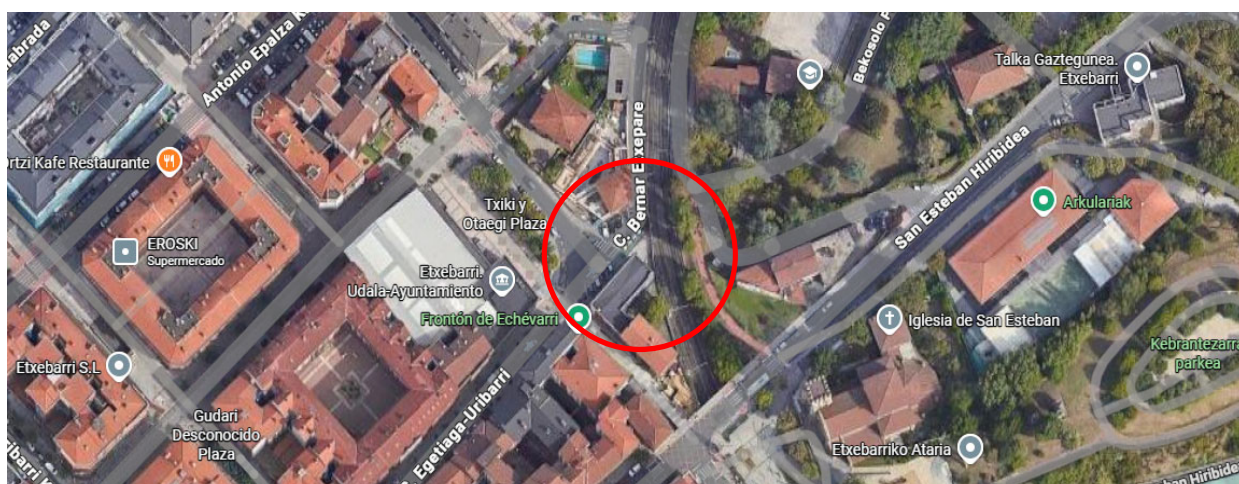
La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría o uso del inmueble. La geometría de la cubierta permite una disposición adecuada de los módulos fotovoltaicos.

Desde el punto de vista eléctrico, la cercanía al punto de suministro del edificio permite una conexión eficiente de la instalación fotovoltaica a la red interior, destinándose la energía generada al consumo propio del centro.

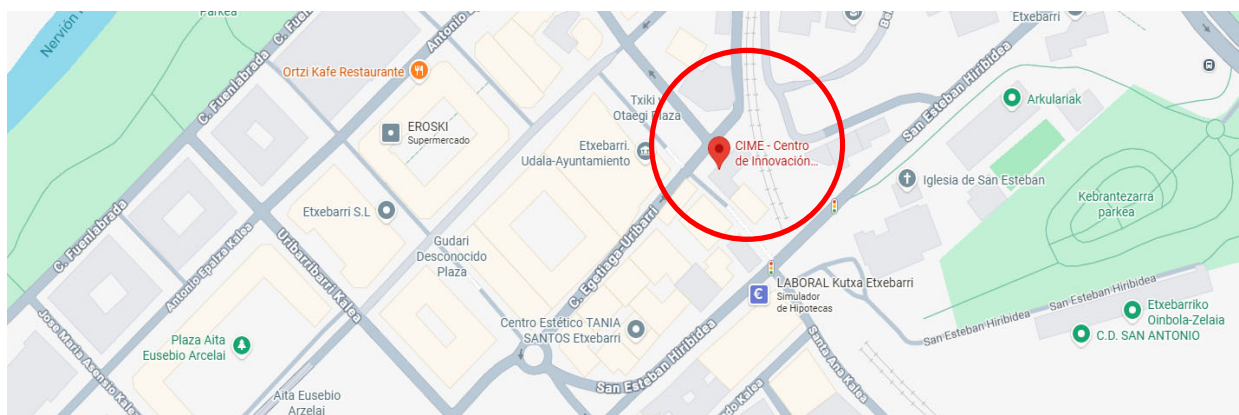
El acceso a la cubierta se realizará conforme a los medios previstos en el proyecto, cumpliendo la normativa de seguridad y salud laboral.

La ubicación geográfica en coordenadas es la que a continuación se especifica

- Coordenadas aproximadas (WGS84):
 - Latitud 43.2449 N
 - Longitud -2.8892 O



En consecuencia, el edificio CIME constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada.



12.4 Frontón Municipal

La cuarta de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en el Frontón Municipal, equipamiento deportivo de titularidad municipal, situado en Txiki y Otaegi Plaza, 48450 Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se integra en el tejido urbano del municipio, en un entorno consolidado de uso público, sin afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que condicionen la actuación.

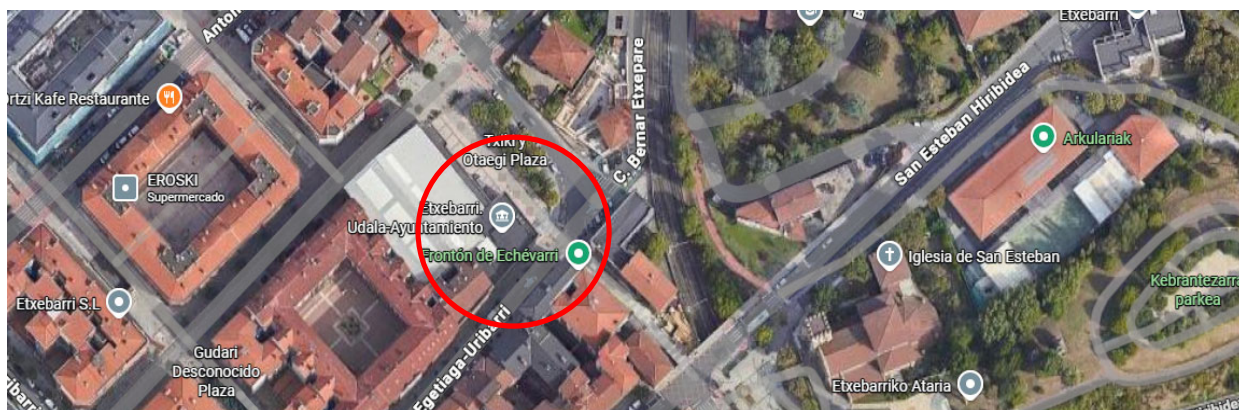
La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría o uso del inmueble. La cubierta presenta dimensiones y geometría adecuadas para la implantación de los módulos fotovoltaicos.

Desde el punto de vista eléctrico, la proximidad al punto de suministro del equipamiento facilita la conexión de la instalación fotovoltaica a la red interior del edificio.

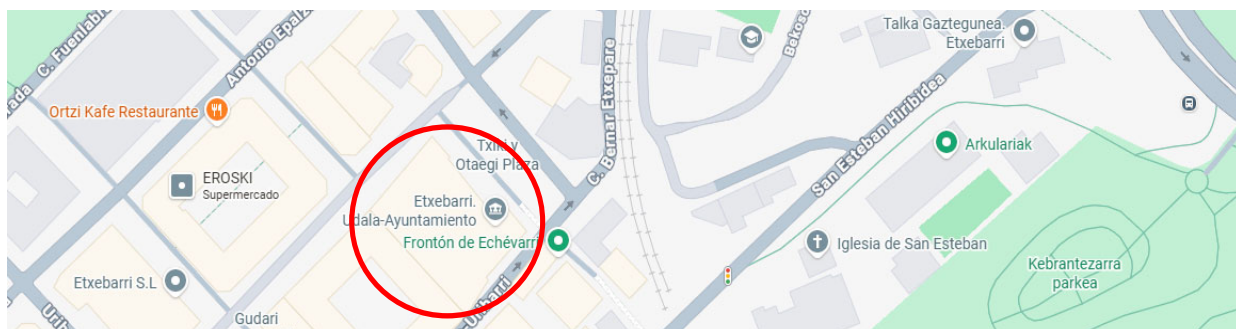
El acceso a la cubierta para ejecución y mantenimiento se realizará conforme a lo definido en el proyecto, garantizando el cumplimiento de la normativa de seguridad y salud laboral.

- Coordenadas aproximadas (WGS84):

- Latitud 43.2452 N
- Longitud -2.8881 O



En consecuencia, el Frontón Municipal constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada.



12.5 Haurreskola Bekosolo

La quinta de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en la Haurreskola Bekosolo, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo infantil, situado en Calle Acceso a la Iglesia, 5, 48450 Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se encuentra integrado en un entorno urbano consolidado de baja altura, con acceso directo desde viario municipal y sin afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que condicionen la implantación de la instalación proyectada.

La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría o uso del inmueble. La configuración de la cubierta permite una adecuada integración de los módulos fotovoltaicos.

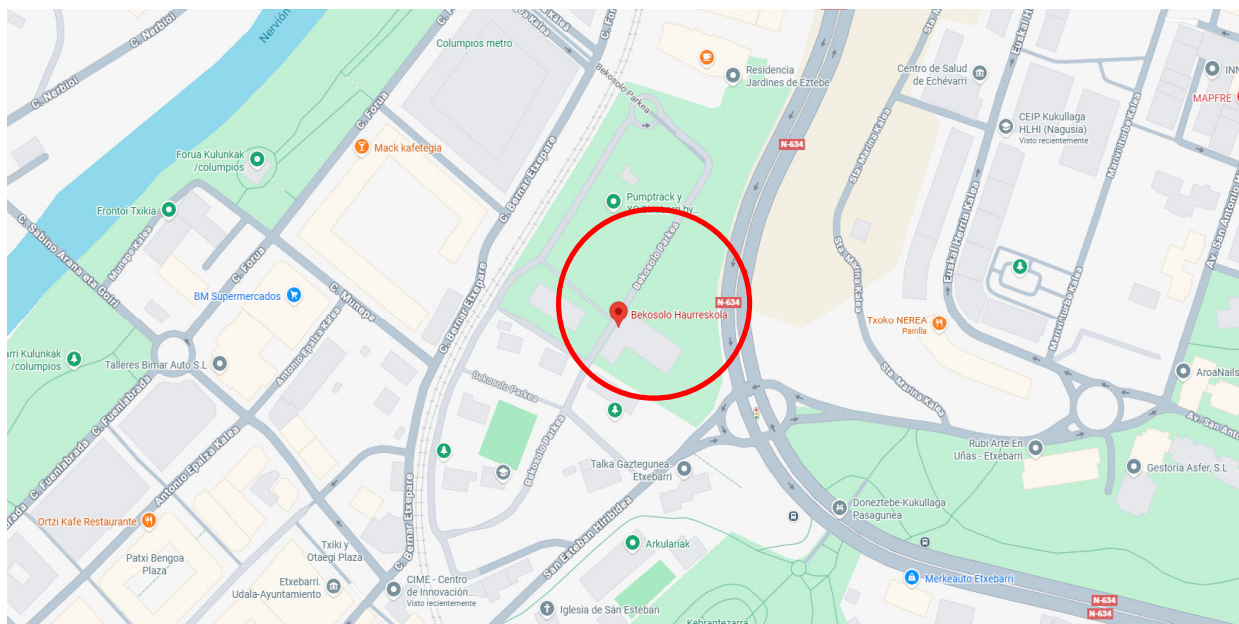
Desde el punto de vista eléctrico, la proximidad al punto de suministro del edificio permite una conexión directa y eficiente de la instalación fotovoltaica a la red interior del centro.

El acceso a la cubierta se realizará conforme a los medios definidos en el proyecto, garantizando el cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud laboral.

- Coordenadas aproximadas (WGS84):
 - Latitud 43.2460 N
 - Longitud -2.8914 O



En consecuencia, la Haurreskola Bekosolo constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada.



12.6 CEIP San Antonio

La sexta de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se ubica en el CEIP San Antonio, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo, situado en C/ Acceso a La Iglesia, 5, 48450 Kukullaga-Etxebarri, Bizkaia.

El edificio se encuentra integrado en un entorno urbano consolidado, caracterizado por edificaciones de baja altura y uso mayoritariamente educativo y residencial, con acceso directo desde viario municipal. El emplazamiento no presenta afecciones urbanísticas, ambientales ni sectoriales que condicionen la implantación de la instalación proyectada.

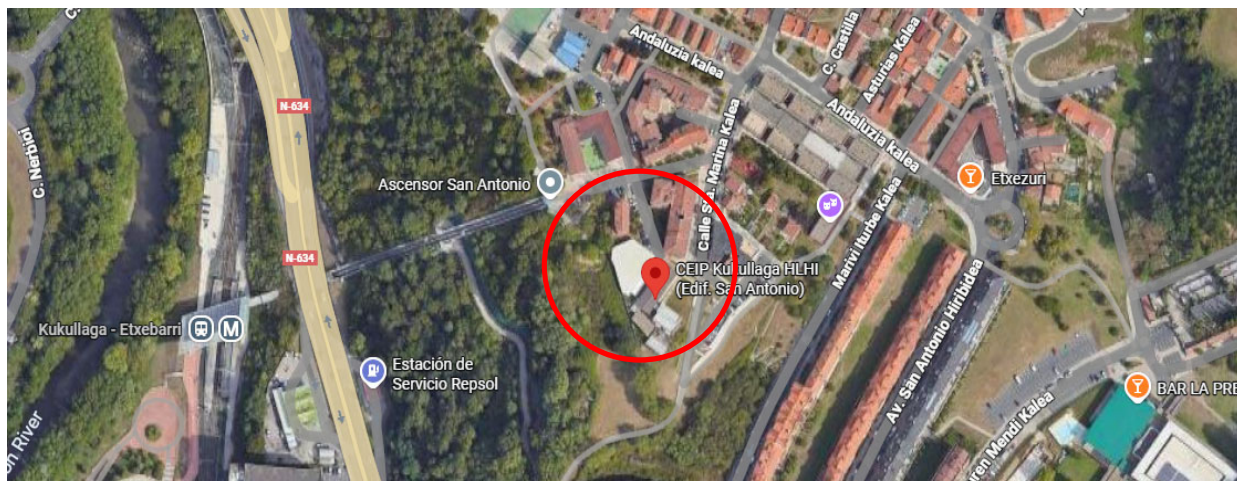
La instalación solar fotovoltaica se dispondrá sobre la cubierta del edificio, aprovechando una superficie existente, sin ocupación adicional de suelo ni modificación de la volumetría, altura o uso del inmueble. La configuración geométrica de la cubierta permite una adecuada integración de los módulos fotovoltaicos, garantizando su correcta disposición y compatibilidad con la edificación existente.

Desde el punto de vista eléctrico, la proximidad al punto de suministro del edificio permite una conexión directa y eficiente de la instalación fotovoltaica a la red interior del centro, optimizando los recorridos de cableado y reduciendo pérdidas eléctricas.

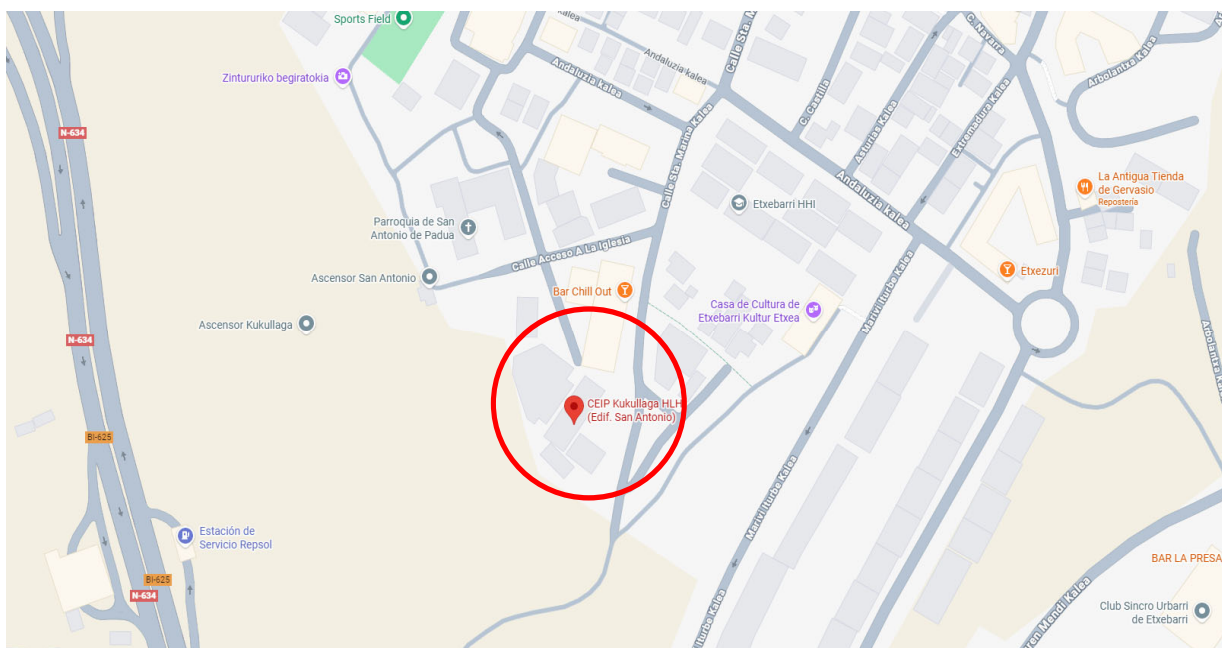
El acceso a la cubierta para las labores de ejecución, mantenimiento e inspección de la instalación se realizará conforme a los medios definidos en el proyecto, garantizando en todo caso el cumplimiento de la normativa

vigente en materia de seguridad y salud laboral.

- Coordenadas aproximadas (WGS84):
 - Latitud: 43.2452 N
 - Longitud: -2.8881 O



En consecuencia, el CEIP San Antonio constituye un emplazamiento técnicamente viable y adecuado para la implantación de la instalación solar fotovoltaica proyectada.



Nota técnica común

Las coordenadas indicadas tienen carácter orientativo, a efectos de localización general de los emplazamientos. La definición exacta de la posición de cada instalación queda recogida en la documentación gráfica y planos del proyecto, que prevalecerán a todos los efectos.

13 ACTUACIONES PREVIAS

Con carácter previo al inicio de las obras de ejecución de las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto, será necesario llevar a cabo una serie de actuaciones preparatorias y de verificación, comunes a todos los emplazamientos, cuyo objetivo es garantizar la correcta implantación de los sistemas, la seguridad de los trabajos y el cumplimiento de la normativa técnica y administrativa de aplicación.

En primer lugar, se realizarán trabajos de inspección y revisión de las cubiertas de los edificios, con el fin de comprobar su estado de conservación, accesibilidad y condiciones generales. En función de las características de cada emplazamiento, se procederá a la limpieza de las superficies de cubierta, retirando suciedad, restos vegetales u otros elementos que puedan interferir en la correcta instalación de las estructuras soporte y de los módulos fotovoltaicos.

Asimismo, se verificará la tipología de implantación prevista en cada edificio, diferenciando entre instalaciones coplanares sobre cubierta inclinada e instalaciones sobre estructura inclinada en cubiertas planas, ajustando la disposición final de los módulos a la geometría y condiciones particulares de cada cubierta, conforme a lo definido en el proyecto.

Con carácter previo al inicio de los trabajos en altura, se procederá a la implantación de las medidas de seguridad y salud necesarias, incluyendo, cuando resulte necesario, la instalación de líneas de vida provisionales, sistemas de anclaje, protecciones colectivas y señalización, de acuerdo con lo establecido en la normativa de prevención de riesgos laborales y en el Estudio o Plan de Seguridad y Salud correspondiente.

Desde el punto de vista administrativo y eléctrico, se llevarán a cabo las gestiones previas necesarias con la empresa distribuidora, incluyendo la apertura de los expedientes correspondientes ante i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A., para la tramitación del autoconsumo con excedentes acogidos a compensación, así como la verificación de las condiciones de conexión, medida y, en su caso, adecuación de los equipos existentes.

Adicionalmente, se realizarán las comprobaciones previas de las instalaciones eléctricas existentes, tales como la revisión de cuadros eléctricos, espacios disponibles para la incorporación de nuevos equipos de protección y medida, recorridos de canalizaciones y puntos de conexión previstos, con el fin de asegurar la compatibilidad de la nueva instalación fotovoltaica con la instalación eléctrica del edificio.

Finalmente, antes del inicio de la ejecución, se procederá a la planificación de los trabajos, coordinando accesos, acopios de material, zonas de trabajo y posibles afecciones a la actividad habitual de los edificios, minimizando interferencias y garantizando la continuidad de los servicios municipales.

El conjunto de estas actuaciones previas constituye una fase esencial para asegurar que la ejecución de las instalaciones solares fotovoltaicas se desarrolle de forma ordenada, segura y conforme a lo proyectado y autorizado.

14 MEMORIA JUSTIFICATIVA

La presente Memoria Justificativa tiene por objeto describir y analizar, desde un punto de vista técnico, ambiental y funcional, la implantación de instalaciones solares fotovoltaicas destinadas al autoconsumo en diversos edificios de titularidad municipal del Ayuntamiento de Etxebarri, evaluando los efectos derivados de su ejecución y explotación, así como su adecuación a los principios de sostenibilidad, eficiencia energética y protección del medio ambiente.

La actuación proyectada se enmarca dentro de una estrategia global de mejora del comportamiento energético del parque de edificios municipales, orientada a reducir el consumo de energía eléctrica procedente de fuentes convencionales, fomentar el uso de energías renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la generación eléctrica. En este contexto, la energía solar fotovoltaica se presenta como una solución técnica adecuada, al tratarse de una fuente de energía renovable, limpia, silenciosa y de bajo impacto ambiental, especialmente idónea para su implantación en entornos urbanos consolidados.

Las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se proyectan sobre las cubiertas de edificios existentes, sin ocupación adicional de suelo y sin modificación del uso, volumen o configuración urbanística de los inmuebles. Esta circunstancia permite aprovechar superficies ya construidas, evitando la artificialización de nuevos terrenos y minimizando las afecciones al entorno, tanto durante la fase de ejecución como durante la fase de explotación de las instalaciones.

La energía eléctrica generada por los sistemas fotovoltaicos se destinará prioritariamente al consumo instantáneo de los propios edificios, en régimen de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación, conforme a la normativa vigente. De este modo, se optimiza el aprovechamiento de la energía producida, se reducen las pérdidas asociadas al transporte y distribución de electricidad y se mejora la eficiencia global del sistema energético municipal.

Desde el punto de vista técnico, las instalaciones se diseñan atendiendo a criterios de fiabilidad, seguridad y durabilidad, teniendo en cuenta la orientación, inclinación y geometría de las cubiertas, así como la compatibilidad con las instalaciones eléctricas existentes. Asimismo, se incorporan los sistemas de protección, control y monitorización necesarios para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente a lo largo de la vida útil de las instalaciones.

En cuanto a los aspectos ambientales, la implantación de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas presenta un impacto muy reducido, al no requerir movimientos de tierras, excavaciones ni actuaciones sobre el subsuelo, y al no generar emisiones contaminantes, vertidos ni ruidos significativos durante su funcionamiento. Por el contrario, la actuación contribuye de forma positiva a la reducción de la huella de carbono asociada al consumo energético de los edificios municipales y al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y transición energética establecidos por las administraciones públicas.

La presente Memoria Justificativa tiene, por tanto, como finalidad analizar de manera sistemática y detallada los posibles impactos asociados a la instalación y explotación de los sistemas fotovoltaicos, considerando aspectos tales como el impacto visual, ambiental, sobre el suelo, el clima, el agua, la flora y fauna, así como el impacto sonoro, y justificar que dichos impactos son nulos o muy reducidos en todos los casos.

En los apartados siguientes de esta Memoria Justificativa se desarrollan estos análisis de forma individualizada para cada uno de los edificios objeto del proyecto, atendiendo a sus características específicas, ubicación y entorno, y poniendo de manifiesto que la implantación de las instalaciones solares fotovoltaicas resulta plenamente compatible con el medio urbano, la normativa vigente y los principios de desarrollo sostenible.

14.1 Impacto visual

La instalación de los módulos fotovoltaicos se realizará sobre las cubiertas de diversos edificios de titularidad municipal, integrados en un entorno urbano consolidado y destinados a usos educativos, administrativos, sociales y deportivos. En todos los casos, la actuación se limita exclusivamente a las cubiertas existentes, sin sobresalir de forma significativa del plano de las mismas ni alterar la volumetría, altura o silueta de los edificios.

Los módulos fotovoltaicos se dispondrán con perfil bajo, adaptándose a la geometría de la cubierta y alineándose con su configuración, evitando la generación de elementos visualmente discordantes. Los materiales empleados presentan acabados neutros y tratamientos antirreflejo, lo que minimiza cualquier posible impacto visual o efecto de deslumbramiento.

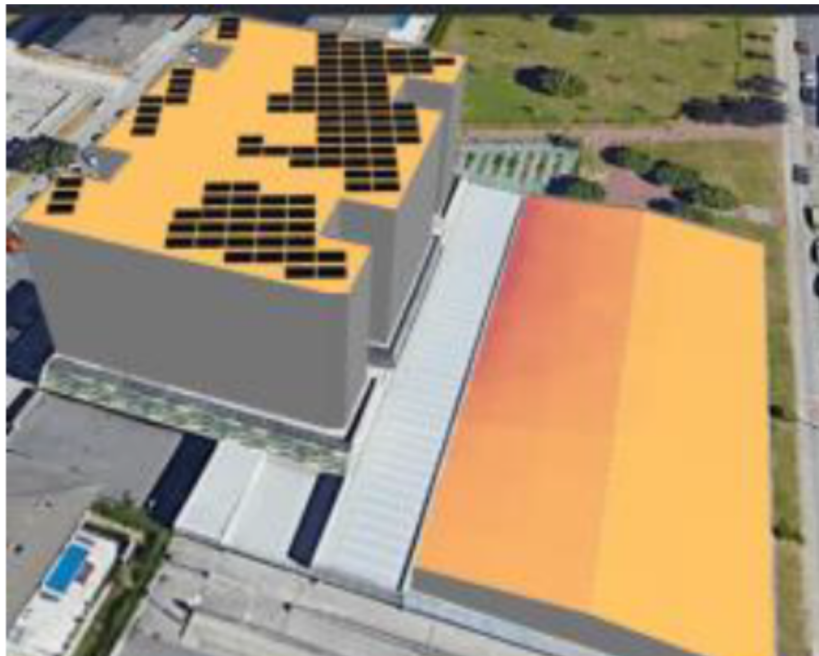
Desde el viario público y desde los puntos de observación habituales, la instalación resulta poco perceptible o no visible, quedando plenamente integrada en el conjunto arquitectónico existente y sin producir alteraciones apreciables en la imagen urbana del entorno.

Se adjunta documentación fotográfica del estado actual del emplazamiento, correspondiente a vistas generales y detalles de la cubierta del edificio, así como representaciones gráficas de la implantación prevista de los módulos fotovoltaicos, que permiten comprobar de manera objetiva la correcta integración visual de la instalación proyectada.

Las imágenes incorporadas en la documentación gráfica del proyecto ponen de manifiesto que la actuación se limita a una superficie ya edificada, sin generar elementos sobresalientes ni modificaciones significativas de la volumetría, silueta o percepción del inmueble desde el entorno urbano circundante. Asimismo, la documentación gráfica permite verificar que la disposición de los módulos se ajusta a la geometría de la cubierta y no introduce impactos visuales apreciables. En consecuencia, la información gráfica aportada respalda técnicamente la conclusión de que la instalación solar fotovoltaica proyectada no produce impacto visual significativo, garantizando su adecuada integración en el edificio y su compatibilidad con la imagen urbana del entorno inmediato. La implantación prevista de la instalación solar fotovoltaica se representa gráficamente en la documentación que se incorpora a continuación.

Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta del CEIP Kukullaga

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta del Ayuntamiento

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta de CIME

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



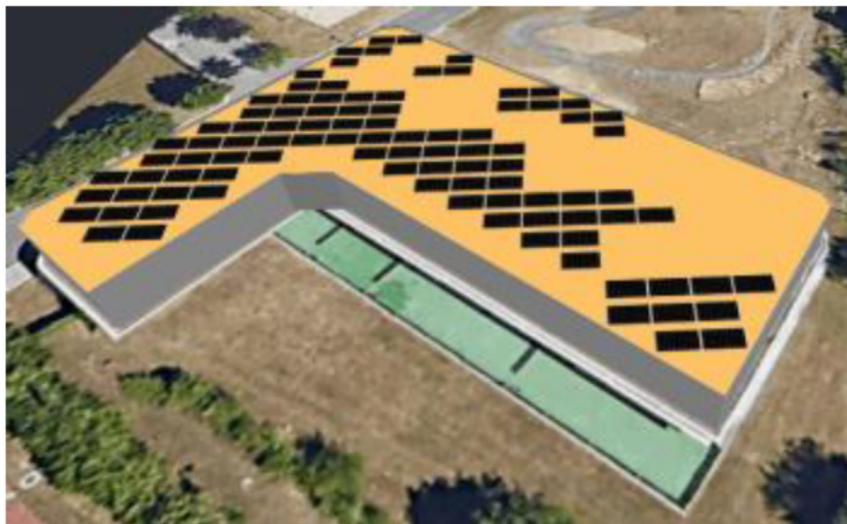
Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta del Frontón Municipal

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta de la Haurreskola Bekosolo

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



Implantación de la instalación solar fotovoltaica en la cubierta del CEIP San Antonio

Vista aérea del edificio con la disposición prevista de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta. La implantación se adapta a la geometría existente, con perfil bajo y sin sobresalir del plano de cubierta, garantizando la ausencia de afecciones visuales apreciables desde el entorno urbano.



14.2 Impacto ambiental

La instalación de los paneles solares fotovoltaicos proyectados sobre la cubierta del edificio se ha diseñado siguiendo criterios de sostenibilidad y respeto al medio ambiente, con el objetivo de minimizar cualquier impacto negativo sobre el entorno natural y el entorno construido. La actuación se desarrolla íntegramente sobre una estructura existente, sin necesidad de realizar movimientos de tierras, excavaciones ni modificaciones del terreno, lo que reduce de forma significativa las afecciones ambientales asociadas a la ejecución de la instalación.

Al ubicarse sobre la cubierta del edificio, la instalación no ocupa suelo adicional ni invade áreas colindantes, evitando cualquier intervención directa sobre el terreno y preservando la integridad del entorno urbano en el que se inserta el inmueble. Esta solución permite aprovechar superficies ya edificadas, optimizando el uso del espacio disponible y evitando la artificialización de nuevos terrenos, lo que supone una clara ventaja desde el punto de vista ambiental.

La ausencia de obra civil sobre el terreno implica que no se generan residuos asociados a excavaciones, desbroces o nivelaciones, ni se producen alteraciones en la topografía ni en las condiciones físicas del entorno. Asimismo, durante la fase de ejecución, las molestias ambientales se limitan a trabajos puntuales y de corta duración, reduciéndose de forma notable la emisión de polvo, ruido y vibraciones que habitualmente acompañan a actuaciones con mayor entidad constructiva. Esta circunstancia minimiza las posibles afecciones tanto a los usuarios del edificio como al entorno urbano inmediato.

El diseño y la ejecución de la instalación fotovoltaica respetan las condiciones ambientales del emplazamiento, manteniendo inalteradas las características del entorno y garantizando la compatibilidad de la actuación con el uso actual del edificio. Los materiales empleados, especialmente los módulos fotovoltaicos y las estructuras de soporte, se seleccionan atendiendo a criterios de durabilidad, eficiencia y sostenibilidad, lo que permite asegurar una larga vida útil de la instalación y un impacto ambiental reducido a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la fabricación hasta su desmantelamiento final.

Durante la fase de explotación, la instalación no genera emisiones contaminantes, vertidos ni residuos significativos, y su funcionamiento se caracteriza por un comportamiento limpio y silencioso. Por el contrario, la energía eléctrica producida a partir de una fuente renovable contribuye de forma directa a la reducción de la demanda energética procedente de fuentes convencionales, disminuyendo las emisiones asociadas a la generación eléctrica y mejorando el balance ambiental del edificio.

En consecuencia, la instalación solar fotovoltaica proyectada constituye una actuación ambientalmente sostenible, que no produce perturbaciones significativas sobre el medio ambiente durante su ejecución ni durante su funcionamiento, y que aporta un impacto claramente positivo al favorecer la generación de energía renovable, la reducción de emisiones contaminantes y el uso eficiente de los recursos disponibles.

14.3 Impacto de la energía solar en el suelo

La implantación de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas no produce afección alguna sobre el suelo, al desarrollarse íntegramente sobre cubiertas de edificios existentes, sin ocupación adicional de terreno ni intervención directa sobre el subsuelo. En consecuencia, durante la ejecución del proyecto no se generan daños ni alteraciones significativas en las características físicas, químicas o estructurales del suelo.

Las actuaciones previstas no requieren la realización de movimientos de tierra, excavaciones, rellenos ni trabajos de compactación, eliminando así cualquier riesgo de degradación del terreno, contaminación del suelo o modificación de su topografía. Asimismo, no se producen vertidos de sustancias contaminantes que puedan afectar negativamente al suelo, ya que la instalación se limita al montaje de estructuras y módulos fotovoltaicos sobre superficies ya edificadas.

Al no existir intervención directa sobre el terreno, no se generan procesos de erosión, ni se alteran las condiciones naturales del suelo, manteniéndose invariables sus propiedades geotécnicas y ambientales. La infraestructura necesaria para la instalación fotovoltaica se reduce exclusivamente a la fijación de los sistemas de soporte sobre la cubierta del edificio, sin transmisión de cargas ni afecciones al terreno subyacente.

Por otro lado, desde el punto de vista de los materiales empleados, los módulos fotovoltaicos están compuestos mayoritariamente por silicio, material abundante en la corteza terrestre y ampliamente utilizado en aplicaciones tecnológicas. El uso de este material no implica riesgos para el suelo del emplazamiento, ni requiere procesos extractivos asociados al propio lugar de implantación de la instalación. En consecuencia, la utilización de módulos fotovoltaicos no tiene repercusiones negativas sobre las características litológicas, topográficas o estructurales del entorno.

Adicionalmente, la instalación proyectada no condiciona el uso futuro del suelo ni limita posibles actuaciones posteriores sobre el edificio, manteniendo intacta la funcionalidad y el aprovechamiento del terreno sobre el que se asienta la edificación.

En resumen, la instalación solar fotovoltaica proyectada se llevará a cabo sin afectar de manera significativa al suelo, al no requerir intervención directa sobre el mismo, no generar movimientos de tierra ni vertidos contaminantes y no alterar sus características naturales. El impacto sobre el suelo se considera, por tanto, nulo, presentándose la actuación como una solución energética sostenible y plenamente respetuosa con los recursos naturales y el entorno urbano existente.

14.4 Impacto de la energía solar en el clima

Una de las principales ventajas asociadas a la implantación de instalaciones de energía solar fotovoltaica es su contribución directa a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con los sistemas de generación eléctrica basados en fuentes de energía convencionales de origen fósil.

La generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica no produce emisiones de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) ni otros contaminantes atmosféricos durante su fase de funcionamiento, a diferencia de las centrales térmicas alimentadas por carbón, gas natural o derivados del petróleo. En consecuencia, la energía producida por la instalación proyectada sustituye parcialmente energía procedente de dichas fuentes, contribuyendo de forma efectiva a la disminución de las emisiones asociadas al consumo eléctrico del edificio.

Esta reducción de emisiones tiene un efecto positivo sobre el clima, al contribuir a la mitigación del cambio climático y a la reducción de la huella de carbono vinculada a la actividad de los edificios municipales. La implantación de sistemas de autoconsumo fotovoltaico se alinea, de este modo, con los objetivos de descarbonización y transición energética establecidos a nivel local, autonómico, estatal y europeo.

Adicionalmente, el impacto climático de la instalación resulta favorable si se considera el ciclo de vida completo de los sistemas fotovoltaicos. En los últimos años, la tecnología fotovoltaica ha experimentado avances significativos en términos de eficiencia energética y sostenibilidad, reduciéndose de forma progresiva la energía necesaria para la fabricación de los módulos y mejorando los procesos industriales asociados. Como resultado, el tiempo de retorno energético de los paneles solares se ha reducido notablemente, incrementando el balance ambiental positivo de este tipo de instalaciones.

Asimismo, los materiales empleados en la fabricación de los módulos fotovoltaicos y de los equipos asociados presentan una elevada durabilidad y una larga vida útil, lo que permite amortizar ampliamente el impacto ambiental inicial derivado de su producción. Al final de su vida útil, gran parte de los componentes pueden ser recuperados y reciclados, contribuyendo a una gestión más sostenible de los recursos.

En consecuencia, la instalación solar fotovoltaica proyectada presenta un impacto claramente positivo sobre el clima, al reducir de manera significativa las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo eléctrico, favorecer la penetración de energías renovables en el mix energético municipal y contribuir al cumplimiento de los objetivos de lucha contra el cambio climático y mejora de la sostenibilidad ambiental.

14.5 Impacto de la energía solar en el agua

El impacto de la instalación solar fotovoltaica proyectada sobre los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, se considera prácticamente nulo, al tratarse de una actuación que no implica intervención directa sobre el terreno ni sobre masas de agua.

Las instalaciones fotovoltaicas proyectadas se disponen íntegramente sobre cubiertas de edificios existentes, sin afectar a acuíferos, cauces, redes de drenaje natural ni sistemas de saneamiento. La implantación de los módulos no altera la cantidad ni la calidad del agua de lluvia que incide sobre las superficies de cubierta, manteniéndose invariables las condiciones de escorrentía y evacuación de aguas pluviales existentes.

A diferencia de otras tecnologías de generación eléctrica de carácter convencional, la energía solar fotovoltaica no requiere consumo de agua para su funcionamiento, ya que no utiliza sistemas de refrigeración, combustión ni procesos térmicos. Esta circunstancia elimina cualquier riesgo de sobreexplotación de recursos hídricos o de alteración de las condiciones hidrológicas del entorno.

Asimismo, durante la fase de explotación de la instalación no se generan vertidos de sustancias químicas ni contaminantes, ni se liberan elementos tóxicos que puedan incorporarse al agua de lluvia o infiltrarse en el subsuelo. El funcionamiento de los módulos fotovoltaicos es completamente limpio, sin emisión de efluentes líquidos ni residuos que puedan afectar a la calidad de las aguas.

Durante la fase de ejecución, las actuaciones previstas no conllevan trabajos que puedan suponer riesgo de contaminación de las aguas, limitándose a labores de montaje sobre superficies ya impermeabilizadas. En todo caso, la gestión de materiales y residuos se realizará conforme a la normativa vigente, evitando cualquier posible afección indirecta.

En consecuencia, la instalación solar fotovoltaica proyectada presenta un impacto nulo sobre los recursos hídricos, considerándose una solución energética especialmente favorable desde el punto de vista de la protección del agua y del uso sostenible de los recursos naturales.

14.6 Impacto de la energía solar en la flora y la fauna

La instalación solar fotovoltaica proyectada presenta un impacto nulo o muy reducido sobre la flora y la fauna, al desarrollarse íntegramente sobre cubiertas de edificios existentes situados en entornos urbanos consolidados, sin ocupación de suelo natural ni intervención sobre espacios con valor ecológico.

Dado que la actuación no implica movimientos de tierras, desbroces ni alteraciones del terreno, no se produce afección alguna sobre la vegetación existente, ni directa ni indirectamente. La implantación de los módulos fotovoltaicos sobre superficies ya edificadas evita cualquier interferencia con áreas verdes, zonas ajardinadas o hábitats naturales, manteniéndose inalteradas las condiciones del entorno inmediato.

En lo que respecta a la fauna, la instalación no genera impactos negativos, ya que no emite sustancias nocivas, radiaciones peligrosas ni ruidos que puedan afectar a las especies presentes en el entorno urbano. Asimismo, al tratarse de emplazamientos plenamente antropizados, la actuación no interfiere con rutas migratorias, áreas de reproducción ni hábitats sensibles.

Durante la fase de ejecución, las posibles molestias se limitan a trabajos puntuales y de corta duración, sin consecuencias apreciables para la fauna del entorno. En fase de explotación, la instalación funciona de forma pasiva y silenciosa, sin generar elementos que puedan suponer riesgo para aves u otros animales.

Por todo lo anterior, y considerando tanto la naturaleza de la actuación como la localización de los emplazamientos, se concluye que la instalación solar fotovoltaica proyectada no produce afección significativa

alguna sobre la flora ni la fauna, siendo plenamente compatible con el entorno urbano y con la conservación de los valores ambientales existentes.

14.7 Impacto sonoro de la energía solar

La instalación solar fotovoltaica proyectada presenta un impacto sonoro nulo durante su fase de explotación, constituyendo una de las principales ventajas de este tipo de tecnología frente a otras soluciones de generación eléctrica.

La producción de energía mediante módulos fotovoltaicos se realiza a partir de la conversión directa de la radiación solar en electricidad, sin la intervención de elementos mecánicos móviles, tales como motores, turbinas, compresores o sistemas de combustión, que puedan generar emisiones acústicas. En consecuencia, el funcionamiento ordinario de la instalación es completamente silencioso.

Los equipos auxiliares asociados a la instalación, tales como inversores o dispositivos de protección y control, operan dentro de los límites acústicos establecidos por la normativa vigente y no generan niveles de ruido perceptibles en el entorno, especialmente al ubicarse en espacios técnicos o interiores del edificio. Por ello, no se producen molestias para los usuarios del inmueble ni para el entorno urbano inmediato.

Durante la fase de ejecución de las instalaciones, pueden generarse de forma puntual ruidos asociados a las labores de montaje y manipulación de materiales. No obstante, estos trabajos son de corta duración y carácter temporal, y se desarrollarán conforme a los horarios y condiciones establecidos por la normativa municipal, minimizando cualquier posible afección acústica.

En fase de explotación, la instalación no produce vibraciones ni emisiones sonoras continuas o discontinuas, por lo que no se altera el ambiente acústico existente ni se incrementan los niveles de ruido del entorno. En consecuencia, el impacto sonoro de la instalación solar fotovoltaica proyectada se considera nulo, resultando plenamente compatible con el uso del edificio y con la calidad de vida de las personas y actividades desarrolladas en su entorno.

15 CONDICIONES DE PARTIDA PARA EL CÁLCULO DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Para el diseño, dimensionado y análisis de la producción energética de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, los parámetros climáticos y meteorológicos constituyen un elemento fundamental de partida. En particular, los datos relativos a la irradiación solar incidente y a la temperatura ambiente resultan determinantes para la estimación del rendimiento del sistema y de la energía eléctrica que puede generarse a lo largo del año.

Estos factores influyen de manera directa tanto en la potencia instantánea entregada por los módulos fotovoltaicos como en su comportamiento a largo plazo, condicionando el rendimiento global de la instalación. Por ello, la correcta caracterización de las condiciones climáticas de la ubicación de las instalaciones resulta

esencial para garantizar que el diseño adoptado sea coherente con el entorno, permita un funcionamiento eficiente del sistema y asegure la fiabilidad de los resultados obtenidos en el análisis de la generación fotovoltaica.

En los apartados siguientes se detallan los datos meteorológicos de referencia considerados, así como los criterios adoptados para su utilización en los cálculos de generación, con el fin de disponer de una base técnica sólida y homogénea para el desarrollo del proyecto.

15.1 Irradiación Solar

La irradiación solar constituye uno de los parámetros fundamentales para la estimación de la energía eléctrica que puede generarse mediante una instalación solar fotovoltaica, al ser el recurso primario del que depende directamente la producción energética del sistema.

Para el presente proyecto, los valores de irradiación solar se han obtenido a partir del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), herramienta desarrollada por el Joint Research Centre de la Comisión Europea, ampliamente utilizada como referencia en el ámbito del diseño y análisis de instalaciones fotovoltaicas en Europa.

PVGIS proporciona información climática y solar basada en bases de datos contrastadas y modelos de cálculo reconocidos, permitiendo obtener valores representativos de irradiación para ubicaciones concretas. En particular, la herramienta facilita datos de irradiación media diaria, mensual y anual, tanto sobre superficie horizontal como sobre superficies inclinadas, considerando además la orientación y el ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.

Estos datos permiten estimar de forma fiable la energía solar disponible en el emplazamiento de las instalaciones y constituyen la base de partida para el cálculo de la producción energética anual esperada, así como para el análisis del rendimiento del sistema fotovoltaico a lo largo del año.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación PVGIS, correspondientes a la localización de los edificios objeto del presente proyecto, se incorporan en los anexos del documento, sirviendo como soporte técnico para los cálculos de generación realizados. El uso de esta herramienta garantiza la coherencia de los resultados con los criterios habitualmente aceptados en el sector fotovoltaico y con las metodologías empleadas en proyectos similares a nivel estatal y europeo.

15.2 Temperatura Ambiente

Para el cálculo de la producción energética esperada de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se han definido una serie de datos de partida y criterios de cálculo, con el objetivo de obtener una estimación realista, coherente y técnicamente justificada de la energía eléctrica que podrá generarse en condiciones normales de funcionamiento.

Como base para el análisis se han considerado los datos de irradiación solar y temperatura ambiente descritos en los apartados anteriores, obtenidos a partir de bases de datos climáticas de referencia y representativas de la ubicación de los edificios objeto del proyecto. Estos parámetros constituyen el punto de partida fundamental para la estimación de la producción anual.

El cálculo de la generación se ha realizado considerando las características técnicas de los módulos fotovoltaicos y de los inversores seleccionados, de acuerdo con la información facilitada por los fabricantes, incluyendo potencia nominal, coeficientes de temperatura y rendimientos declarados. Asimismo, se han tenido en cuenta las condiciones reales de instalación, tales como la inclinación y orientación de los módulos, su disposición sobre cubierta y el régimen de autoconsumo previsto.

En el análisis se han considerado de forma implícita las pérdidas habituales asociadas a este tipo de instalaciones, tales como pérdidas por temperatura, pérdidas eléctricas en cableado, pérdidas por conversión en inversores y pequeñas pérdidas por suciedad o envejecimiento, adoptando criterios conservadores y acordes con la práctica habitual del sector fotovoltaico. No se han considerado situaciones excepcionales ni condiciones de funcionamiento anómalas.

Los resultados obtenidos deben entenderse como una estimación teórica de la producción energética, basada en valores medios y condiciones normales de operación, pudiendo variar la generación real en función de factores externos tales como condiciones meteorológicas particulares, variaciones de consumo o cambios en el régimen de explotación de los edificios.

El análisis de la generación se ha realizado conforme a criterios técnicos comúnmente aceptados en el ámbito del diseño de instalaciones fotovoltaicas, y en coherencia con la normativa vigente aplicable al autoconsumo de energía eléctrica y a las instalaciones de baja tensión, constituyendo una base suficiente y adecuada para la justificación técnica del presente proyecto.

15.2.1 Datos de partida para el cálculo

En el presente apartado se recogen los datos de temperatura ambiente de referencia considerados para la evaluación del comportamiento térmico y el rendimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, los cuales resultan necesarios para una correcta estimación de la producción energética y para la verificación de las condiciones de diseño eléctrico del sistema.

TEMPERATURAS MEDIAS EN (°C)			
Medición	Media	Máxima	Mínima
Anual	15,3 °C	37,7	-3,1

La temperatura ambiente influye directamente en la temperatura de funcionamiento de las células fotovoltaicas, condicionando tanto el rendimiento energético como determinados parámetros eléctricos del sistema. En particular, las temperaturas mínimas extremas resultan relevantes para el cálculo de la tensión de circuito abierto

(Voc) de los módulos, parámetro crítico para el correcto dimensionado de los strings y la selección de los inversores, garantizando que no se superen los límites máximos admisibles en condiciones de baja temperatura.

Por otro lado, las temperaturas elevadas afectan al rendimiento de los módulos fotovoltaicos, ya que el aumento de la temperatura de la célula conlleva una reducción de la tensión de operación y, en consecuencia, de la potencia instantánea generada. Este efecto se tiene en cuenta mediante la aplicación de los coeficientes de temperatura facilitados por los fabricantes, los cuales se incorporan en los cálculos de generación realizados.

Las instalaciones proyectadas se disponen sobre cubiertas de edificios existentes, en configuraciones coplanares o con inclinación reducida, lo que implica una ventilación natural limitada pero habitual en este tipo de soluciones constructivas. Esta circunstancia se considera en el análisis mediante criterios conservadores, sin asumir condiciones de refrigeración forzada ni situaciones excepcionales.

Asimismo, factores ambientales como la velocidad del viento contribuyen de forma natural a la disipación térmica de los módulos, si bien no se han considerado aportaciones adicionales más allá de las condiciones medias propias del entorno urbano en el que se ubican los edificios.

En consecuencia, los valores de temperatura ambiente adoptados y los criterios aplicados permiten evaluar de forma realista el comportamiento térmico del sistema fotovoltaico, garantizando un dimensionado eléctrico seguro, una estimación prudente de la producción energética y un funcionamiento fiable de la instalación a lo largo de su vida útil.

15.3 Análisis de la generación

Para la estimación de la producción energética esperada de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se ha realizado un análisis considerando las condiciones reales de funcionamiento y las pérdidas habituales asociadas a este tipo de sistemas, con el objetivo de obtener un resultado realista, prudente y técnicamente justificado, acorde con la práctica habitual del sector.

En el cálculo de la generación se han tenido en cuenta, de forma global, las siguientes pérdidas:

- Pérdidas por conversión, derivadas del rendimiento de los inversores y de los equipos electrónicos asociados a la conversión de corriente continua en corriente alterna, conforme a las características técnicas de los equipos seleccionados.
- Pérdidas eléctricas, debidas a la resistencia de los conductores y a las conexiones tanto en corriente continua como en corriente alterna, consideradas de acuerdo con los criterios de diseño establecidos en el proyecto.
- Pérdidas por suciedad, asociadas a la acumulación de polvo y otros depósitos sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos, adoptando valores conservadores habituales para instalaciones en entorno urbano.
- Pérdidas por temperatura, derivadas del aumento de la temperatura de funcionamiento de las células fotovoltaicas respecto a las condiciones estándar de ensayo, consideradas mediante la aplicación de los coeficientes de temperatura facilitados por los fabricantes.

- Degradación de los módulos, correspondiente a la pérdida progresiva de rendimiento de los paneles a lo largo del tiempo, conforme a las garantías de potencia indicadas por los fabricantes.

La configuración física de las instalaciones, incluyendo el número de módulos fotovoltaicos, su disposición, orientación e inclinación, será variable en función de las características específicas de cada uno de los edificios objeto del presente proyecto. Con carácter general, los módulos se dispondrán sobre cubiertas existentes en configuración coplanar, con una inclinación comprendida entre 10° y 15°, adaptándose a la geometría y condicionantes de cada emplazamiento. Esta inclinación reducida resulta habitual en instalaciones sobre cubiertas planas o de baja pendiente en entornos urbanos, permitiendo una correcta evacuación del agua de lluvia, una adecuada autolimpieza de los módulos y una integración arquitectónica óptima, sin modificación de la volumetría de los edificios.

La estimación de la irradiación solar disponible se ha realizado a partir de los datos obtenidos mediante la herramienta PVGIS, desarrollada por el Joint Research Centre de la Comisión Europea, empleando valores medios representativos de la ubicación geográfica de los distintos edificios. Dichos datos constituyen la base climática utilizada para el cálculo de la producción energética anual.

El análisis de la generación se ha efectuado aplicando los datos climáticos, las características técnicas de los equipos seleccionados y las pérdidas anteriormente descritas, obteniéndose una estimación anual de la energía eléctrica generada, cuyos resultados se recogen de forma detallada en los anexos del presente proyecto.

Los valores obtenidos deben entenderse como una estimación teórica de la producción energética, pudiendo existir variaciones en la generación real en función de las condiciones meteorológicas, el régimen de consumo de los edificios y otros factores externos no controlables. No obstante, el método empleado proporciona una base técnica suficiente y coherente para la justificación de las instalaciones proyectadas.

El detalle específico de la configuración de cada instalación, incluyendo el número definitivo de módulos, su distribución, orientación, potencia instalada y esquemas eléctricos, se describe de forma pormenorizada en el apartado 16 – Descripción de la instalación, y en particular en el subapartado 16.3 – Configuración del sistema.

16 DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN

16.1 Clasificación de la instalación según el Real Decreto 842/2002

Los edificios objeto del presente proyecto son edificios de titularidad municipal destinados a usos educativos y dotacionales, abiertos al público y, por tanto, encuadrados dentro de la categoría de locales de pública concurrencia, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Atendiendo a la tabla de subusos I3 – Locales de pública concurrencia de reunión, publicada por el Departamento competente en materia de industria del Gobierno Vasco, los centros objeto de actuación se clasifican dentro de

dicha tipología, sin que el presente proyecto suponga modificación alguna del uso, actividad o clasificación de los edificios existentes.

La actuación definida en el presente proyecto consiste exclusivamente en la implantación de sistemas solares fotovoltaicos para autoconsumo, los cuales constituyen una instalación eléctrica generadora en baja tensión, integrada en edificios existentes y destinada a la producción de energía eléctrica para consumo propio.

Desde el punto de vista del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, la instalación objeto del presente proyecto se clasifica como instalación de “Generadores y convertidores”, correspondiente a instalaciones solares fotovoltaicas, de acuerdo con la tipología recogida en el Anexo I – Tipos de locales. Tabla identificativa del Manual de usuario – Tramitación de proyectos emitido por el Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, quedando encuadrada como C1 – Generadores y convertidores. Instalaciones fotovoltaicas.

La ejecución de la instalación fotovoltaica no modifica la clasificación del local ni introduce nuevos riesgos específicos asociados a la actividad existente, manteniéndose en todo momento la consideración de local de pública concurrencia para los edificios en los que se actúa.

Asimismo, ni la actividad existente ni la instalación proyectada implican la manipulación, almacenamiento o generación de sustancias inflamables, combustibles o explosivos, ni dan lugar a la formación de atmósferas potencialmente explosivas. En consecuencia, no resulta de aplicación la clasificación de zonas ATEX, ni es necesaria la adopción de medidas específicas asociadas a este tipo de riesgos.

Por todo lo anterior, la instalación solar fotovoltaica proyectada se considera compatible con la clasificación de los edificios existentes, cumpliendo con las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y de la normativa de seguridad industrial de aplicación.

16.2 Clasificación de la instalación solar fotovoltaica según el Real Decreto 244/2019

Las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se clasifican de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Atendiendo a lo dispuesto en el artículo 4 del citado Real Decreto, las instalaciones se encuadran en la modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes acogido a compensación, correspondiente a la modalidad definida en el artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

La modalidad de autoconsumo adoptada es común a todas las instalaciones incluidas en el presente proyecto, si bien su aplicación se realiza de forma individualizada en cada uno de los edificios municipales, asociándose cada sistema fotovoltaico a su correspondiente punto de suministro eléctrico (CUPS), con funcionamiento autónomo e independiente.

En esta modalidad, cada instalación de generación asociada a su punto de consumo permite, además del suministro de energía eléctrica para autoconsumo instantáneo, la inyección de la energía excedentaria a la red de distribución, siendo dicha energía objeto de compensación simplificada en la factura eléctrica, de acuerdo con la normativa vigente.

De conformidad con el régimen de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, no se realiza venta de energía en el mercado eléctrico, ni resulta necesaria la inscripción de las instalaciones como productores en el régimen de producción de energía eléctrica, manteniéndose en cada caso un único sujeto consumidor, que coincide con el titular del suministro eléctrico de cada edificio municipal.

La modalidad adoptada resulta especialmente adecuada para instalaciones de autoconsumo en edificios de titularidad pública, al permitir maximizar el aprovechamiento de la energía generada, simplificar la tramitación administrativa y optimizar el balance económico de las instalaciones, todo ello sin alterar la naturaleza de los suministros eléctricos existentes.

En consecuencia, las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas cumplen con las condiciones técnicas, administrativas y económicas establecidas en el Real Decreto 244/2019, quedando correctamente clasificadas como instalaciones de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, plenamente compatibles con el uso y características de los edificios municipales en los que se implantan.

16.3 Descripción general de la instalación de Baja Tensión

Los edificios municipales objeto del presente proyecto disponen de suministro eléctrico existente en baja tensión, debidamente legalizado y en servicio, alimentado por la empresa distribuidora I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U., mediante red de distribución en baja tensión a 400/230 V, con frecuencia de 50 Hz.

Cada uno de los seis emplazamientos incluidos en el proyecto cuenta con su correspondiente punto de suministro eléctrico individualizado, identificado mediante su Código Universal de Punto de Suministro (CUPS), al que se asocia de forma independiente la instalación solar fotovoltaica proyectada, de acuerdo con el régimen de autoconsumo con excedentes acogido a compensación definido en apartados anteriores.

La energía eléctrica es suministrada desde la red de distribución de la empresa distribuidora, cuya infraestructura opera en media tensión, siendo transformada a baja tensión en los centros de transformación correspondientes, desde los que se alimentan las acometidas de los edificios. No se proyectan modificaciones sobre la red de distribución ni sobre las acometidas existentes.

En cada edificio, la instalación eléctrica interior dispone de un cuadro general de distribución existente, correctamente dimensionado y legalizado, desde el que se alimentan los distintos circuitos del edificio. La instalación solar fotovoltaica se conectará a la red interior de baja tensión de cada edificio, aguas abajo del punto de medida, conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en el Real Decreto 244/2019.

La composición de las instalaciones de baja tensión existentes, así como de las nuevas protecciones asociadas a la integración del sistema fotovoltaico, queda reflejada en los esquemas unifilares incluidos en el documento de planos, contando, como mínimo, con los siguientes dispositivos de protección:

- Interruptor automático general, destinado a la protección contra sobrintensidades.
- Interruptores diferenciales, para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos, para la protección de los circuitos derivados y de los equipos asociados a la instalación fotovoltaica.

Las instalaciones existentes no se ven alteradas en su funcionamiento habitual, limitándose la actuación a la incorporación de los elementos necesarios para la correcta conexión, protección y explotación de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, manteniéndose en todo momento el cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad eléctrica.

16.4 Configuración del sistema fotovoltaico

Las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente proyecto se configuran como sistemas de generación eléctrica en baja tensión, integrados en edificios existentes y destinados al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019.

El proyecto contempla la ejecución de seis instalaciones solares fotovoltaicas independientes, una en cada uno de los edificios municipales incluidos en el ámbito de actuación. Cada sistema se encuentra eléctricamente asociado de forma exclusiva a su correspondiente punto de suministro (CUPS), funcionando de manera autónoma y sin interconexión eléctrica entre emplazamientos.

16.4.1 Configuración general del sistema

Cada una de las instalaciones fotovoltaicas se compone, de manera general, de los siguientes elementos:

- Generador fotovoltaico, constituido por un conjunto de módulos solares instalados sobre la cubierta del edificio correspondiente. Los módulos se dispondrán en configuración coplanar, adaptándose a la geometría y características constructivas de cada cubierta, con una inclinación comprendida entre 10° y 15°, optimizada para el aprovechamiento del recurso solar y la integración arquitectónica.
- Estructura de soporte, diseñada específicamente para su instalación sobre cubiertas existentes, garantizando la estabilidad mecánica del conjunto, la correcta evacuación de aguas pluviales y el cumplimiento de los requisitos estructurales, sin alteración de la volumetría ni del uso de los edificios.
- Inversor o inversores de corriente, encargados de la conversión de la energía generada en corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), compatible con la red interior de baja tensión del edificio. Los equipos seleccionados cumplirán con la normativa vigente y dispondrán de sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), así como de los dispositivos de protección y control necesarios.
- Sistema de protecciones eléctricas, tanto en corriente continua como en corriente alterna, destinado a garantizar la seguridad de las personas, la protección de los equipos y la correcta operación de la instalación,

de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Sistema de conexión a la red interior del edificio, integrado en el cuadro general o en cuadros eléctricos específicos, según la configuración particular de cada instalación, permitiendo la inyección de la energía generada en la red interior del punto de consumo.

16.4.2 Funcionamiento del sistema

La energía eléctrica generada por cada instalación fotovoltaica se destina prioritariamente al consumo instantáneo del propio edificio, reduciendo la energía demandada a la red de distribución. En aquellos momentos en los que la generación supere el consumo instantáneo, la energía excedentaria se inyectará a la red de distribución, siendo objeto de compensación simplificada, conforme a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogido a compensación.

Cada instalación funciona de manera totalmente independiente, tanto desde el punto de vista eléctrico como administrativo, manteniéndose un único sujeto consumidor por edificio, coincidente con el titular del suministro eléctrico.

16.4.3 Criterios de diseño

La potencia instalada, el número de módulos, la disposición del generador fotovoltaico, la selección de los inversores y la configuración eléctrica concreta se determinan de forma específica para cada edificio, atendiendo a:

- La superficie útil disponible en cubierta.
- Las características constructivas y estructurales del inmueble.
- El perfil de consumo eléctrico del edificio.
- Las condiciones de conexión a la red interior de baja tensión.

Estos aspectos se desarrollan de manera pormenorizada en los apartados siguientes del presente documento, así como en la documentación gráfica y en los esquemas eléctricos incluidos en los planos.

La configuración adoptada permite una integración segura, eficiente y flexible de las instalaciones solares fotovoltaicas en los edificios municipales existentes, garantizando su compatibilidad con las instalaciones eléctricas en servicio y facilitando su correcta explotación y mantenimiento a lo largo de su vida útil.

16.4.4 Esquema tipo de funcionamiento instalación fotovoltaica en régimen de autoconsumo con excedentes

El funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica proyectada responde al esquema típico de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, conforme a lo establecido en el Real Decreto 244/2019 y a la normativa técnica aplicable en instalaciones de baja tensión.

Tal y como se representa en la Figura 1 – Esquema tipo de autoconsumo con excedentes, incluida en la documentación gráfica del presente proyecto, el sistema se compone de un generador fotovoltaico formado por módulos solares que transforman la radiación solar incidente en energía eléctrica en corriente continua (CC). Dicha energía es conducida hasta el inversor fotovoltaico, donde se realiza la conversión a corriente alterna (CA) con las características eléctricas compatibles con la red interior del edificio (230/400 V – 50 Hz).

Una vez transformada, la energía producida se inyecta directamente en la red interior de la instalación, permitiendo su consumo inmediato por los receptores del edificio. Este consumo prioritario de la energía generada se identifica en el esquema como energía autoconsumida, reduciendo la demanda de energía procedente de la red eléctrica convencional.

En los instantes en los que la producción fotovoltaica supera el consumo instantáneo del edificio, el excedente de energía es conducido, a través del equipo de medida bidireccional, hacia la red de distribución, tal y como se muestra en el esquema mediante el flujo de energía vertida a red. Esta energía excedentaria es posteriormente objeto de compensación simplificada en la factura eléctrica, de acuerdo con los precios y condiciones establecidos por la comercializadora, sin que exista venta de energía en el mercado eléctrico.

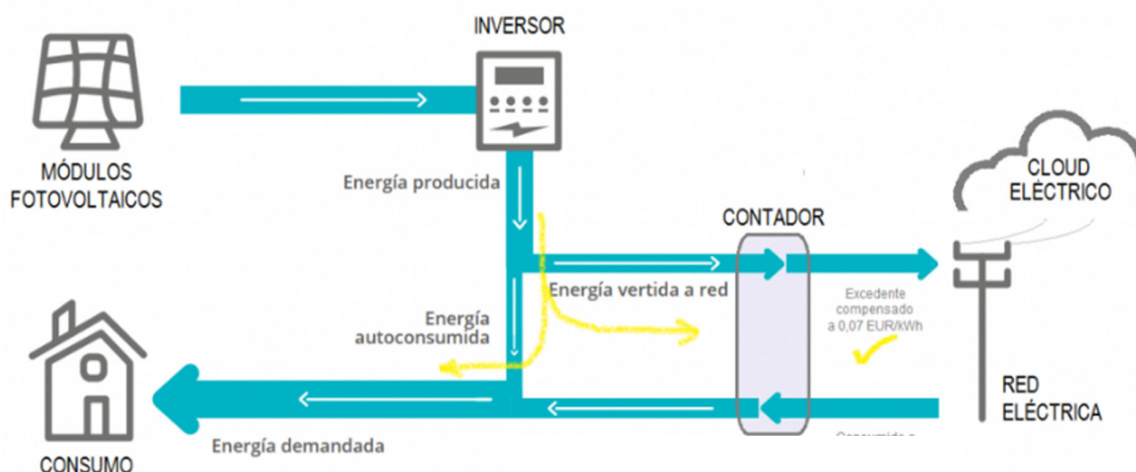
Del mismo modo, cuando la producción de energía eléctrica procedente del sistema fotovoltaico resulta insuficiente para cubrir la demanda instantánea del edificio, el suministro de energía se realiza de forma automática y continua desde la red eléctrica de distribución, sin necesidad de intervención manual ni maniobras adicionales. Esta transición entre la energía generada localmente y la energía procedente de la red se efectúa de manera transparente para los usuarios de la instalación, garantizando en todo momento la continuidad, calidad y seguridad del suministro eléctrico. Tal y como se representa en el esquema de funcionamiento, este aporte complementario de energía queda identificado mediante el flujo de energía demandada desde la red, asegurando que las necesidades energéticas del edificio queden plenamente cubiertas con independencia de las condiciones de generación solar existentes en cada instante.

El esquema incluido permite visualizar de forma clara y simplificada:

- La generación de energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos.
- La conversión de energía en el inversor.
- El consumo prioritario de la energía generada en la propia instalación.
- La inyección de excedentes a la red y su compensación económica.
- El suministro complementario de energía desde la red cuando es necesario.

La Figura 1 constituye una representación gráfica esquemática del principio de funcionamiento general de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas, ilustrando de forma clara y sintética los flujos de energía existentes entre el generador fotovoltaico, el inversor, la red interior de consumo y la red de distribución eléctrica. Dicho esquema resulta común a todas las instalaciones incluidas en el presente proyecto, si bien su aplicación se realiza de manera individual e independiente en cada uno de los edificios municipales, asociados cada uno

de ellos a su correspondiente punto de suministro eléctrico (CUPS). La figura permite comprender el comportamiento operativo del sistema en régimen de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, facilitando la interpretación del funcionamiento global de la instalación sin perjuicio de las particularidades técnicas específicas que se desarrollan posteriormente para cada emplazamiento.



16.4.5 Configuración del Sistema Fotovoltaico por Instalación

16.4.5.1 CEIP Kukullaga

La instalación solar fotovoltaica proyectada en el CEIP Kukullaga, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución y optimizando el balance energético del centro.

16.4.5.1.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico estará constituido por un conjunto de 110 módulos solares fotovoltaicos, instalados sobre la cubierta del edificio en configuración coplanar y con una inclinación comprendida entre 10° y 15°, adaptándose a la geometría de la cubierta y garantizando una correcta integración arquitectónica.

La energía generada en corriente continua (CC) será conducida hasta un inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna (CA) compatible con la red interior del edificio (400/230 V – 50 Hz). La conexión se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de excedentes a la red de distribución para su compensación.

16.4.5.1.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

Los módulos fotovoltaicos seleccionados son del fabricante JA SOLAR, modelo JAM72D30 525-550/MB MBB Mono PERC, con una potencia unitaria de 550 Wp, tecnología de silicio monocristalino y altas prestaciones energéticas.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de los módulos y a la ventana de funcionamiento del inversor, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente del sistema.

16.4.5.1.2.1 Configuración de Strings.

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
2	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
3	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
4	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
5	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
6	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
7	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
8	12	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	6.600 W
Total 110					60.500 W

16.4.5.1.3 Inversor fotovoltaico

La conversión de energía se realizará mediante un inversor trifásico del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-60KTL-M0, o equipo de características técnicas equivalentes, con una potencia nominal de 60 kW.

El inversor incorpora sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), protecciones internas, funciones de supervisión y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y una correcta integración con la red eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-60KTL-M0 Trifásico	60,00 kW
Total			60,00 kW

16.4.5.1.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada, con un total de 110 módulos fotovoltaicos y una potencia pico instalada de 60,50 kWp, presenta una relación potencia DC/AC próxima a la unidad, lo que permite un aprovechamiento eficiente del inversor sin comprometer su funcionamiento.

La presencia de un string con menor número de módulos se considera compatible con la ventana de funcionamiento MPPT del inversor seleccionado, atendiendo a las condiciones climáticas del emplazamiento y a las características eléctricas de los módulos. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo correspondientes.

16.4.5.2 Ayuntamiento

La instalación solar fotovoltaica proyectada en el edificio del Ayuntamiento, inmueble de titularidad municipal destinado a uso administrativo y de atención al público, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de conformidad con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución eléctrica, mejorando el balance energético del edificio y contribuyendo a los objetivos municipales de eficiencia energética y sostenibilidad, sin alterar el uso, la funcionalidad ni las condiciones urbanísticas del inmueble.

16.4.5.2.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico estará constituido por un conjunto de 32 módulos solares fotovoltaicos, instalados sobre la cubierta plana del edificio, mediante el empleo de estructuras soporte inclinadas, que permiten disponer los módulos con una inclinación aproximada de 15°, optimizando la captación solar anual en función de la latitud del emplazamiento.

La implantación de los módulos se realiza sobre una superficie ya edificada, sin ocupación adicional de suelo y sin modificación de la volumetría, altura ni geometría del edificio existente, garantizando una correcta integración de la instalación y la preservación de las condiciones de estanqueidad y durabilidad de la cubierta.

La energía generada en corriente continua será conducida hasta un inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna compatible con la red interior del edificio, con tensión nominal de 400/230 V y frecuencia de 50 Hz. La conexión del sistema fotovoltaico se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de los excedentes a la red de distribución para su posterior compensación económica.

16.4.5.2.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para esta instalación son del fabricante JA SOLAR, modelo JAM72D09 370/390 Double Glass, con una potencia unitaria de 390 Wp, tecnología de silicio monocristalino y construcción de doble vidrio, lo que proporciona una elevada resistencia mecánica, mayor durabilidad frente a agentes ambientales y un comportamiento estable a lo largo de la vida útil de la instalación.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de los módulos y a la ventana de funcionamiento del inversor, garantizando un funcionamiento seguro, estable y eficiente del sistema en todo el rango de condiciones de operación previstas para el emplazamiento.

16.4.5.2.2.1 Configuración de Strings

Número de Strings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	8	JA SOLAR	JAM72D09 370/390 Double Glass	390 W	3.120 W
2	8	JA SOLAR	JAM72D09 370/390 Double Glass	390 W	3.120 W
3	8	JA SOLAR	JAM72D09 370/390 Double Glass	390 W	3.120 W
4	8	JA SOLAR	JAM72D09 370/390 Double Glass	390 W	3.120 W
Total 32 Paneles					12.480 W

16.4.5.2.3 Inversor fotovoltaico

La conversión de energía se realizará mediante un inversor trifásico del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-12KTL, o equipo de características técnicas equivalentes, con una potencia nominal de 12,00 kW.

El inversor dispone de sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia, protecciones internas frente a sobreintensidades, sobretensiones y fallos de red, así como funciones de supervisión continua y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y una correcta integración con la instalación eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-12KTL Trifásico	12,00 kW
Total			12,00 kW

16.4.5.2.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada, con un total de 32 módulos fotovoltaicos y una potencia pico instalada de 12,48 kWp, presenta una relación potencia DC/AC equilibrada, adecuada para el perfil de consumo del edificio y compatible con el correcto funcionamiento del inversor seleccionado.

La distribución homogénea de los módulos en strings de igual número de paneles permite un funcionamiento simétrico de las entradas MPPT del inversor, minimizando pérdidas por desajustes eléctricos y garantizando una producción estable y eficiente. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo eléctrico y verificación de tensiones, incluidos en capítulos posteriores del presente proyecto.

16.4.5.3 CIME

La instalación solar fotovoltaica proyectada en el CIME, edificio de titularidad municipal destinado a uso administrativo y formativo, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, conforme a lo establecido en el Real Decreto 244/2019.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución eléctrica y mejorando el balance energético del centro, sin alterar el uso, la funcionalidad ni las condiciones urbanísticas del inmueble.

16.4.5.3.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico estará constituido por un conjunto de 46 módulos solares fotovoltaicos, distribuidos en dos tipologías diferenciadas, adaptándose a las características constructivas del edificio.

Una parte de los módulos se instalará sobre cubierta plana, mediante estructuras soporte inclinadas con una inclinación aproximada de 10º, mientras que el resto de los módulos se dispondrá de forma coplanar sobre cubierta inclinada, con una inclinación aproximada de 15º, garantizando en ambos casos una correcta integración arquitectónica y un aprovechamiento adecuado del recurso solar.

La energía generada en corriente continua será conducida hasta un inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna compatible con la red interior del edificio, con tensión nominal de 400/230 V y frecuencia de 50 Hz. La conexión del sistema se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de excedentes a la red para su compensación.

16.4.5.3.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

El generador fotovoltaico está compuesto por dos tipos de módulos solares del fabricante JA SOLAR:

- Módulos modelo JAM72D30 525-550/MB MBB Mono PERC, con una potencia unitaria de 550 Wp.
- Módulos modelo JAM66D46 LB, con una potencia unitaria de 720 Wp, destinados a optimizar la potencia instalada en zonas de cubierta con mayor capacidad estructural y menor superficie disponible.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de cada tipología de módulo y a la ventana de funcionamiento del inversor, asignando cada tipo de módulo a entradas MPPT independientes, garantizando un funcionamiento seguro, estable y eficiente del sistema.

16.4.5.3.2.1 Configuración de Strings

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	8	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.400 W
2	8	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.400 W
3	8	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.400 W
4	8	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.400 W
5	7	JA SOLAR	JAM66D46 LB	720 W	5.040 W
6	7	JA SOLAR	JAM66D46 LB	720 W	5.040 W
Total 46 Paneles					27.680 W

16.4.5.3.3 Inversor fotovoltaico

La conversión de energía se realizará mediante un inversor trifásico del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-30KTL-M3, o equipo de características técnicas equivalentes, con una potencia nominal de 30,00 kW.

El inversor dispone de múltiples seguidores del punto de máxima potencia, permitiendo una gestión independiente de los distintos grupos de módulos, así como protecciones internas y funciones de supervisión y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y la correcta integración con la red eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-30KTL M3 Trifásico	30,00 kW
	Total		30,00 kW

16.4.5.3.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada presenta una adecuada relación entre la potencia pico instalada y la potencia nominal del inversor, permitiendo un aprovechamiento eficiente del sistema sin comprometer su funcionamiento. La utilización de dos tipologías de módulos se considera técnicamente viable al haberse segregado correctamente en entradas MPPT independientes. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo correspondientes.

16.4.5.4 Frontón Municipal

La instalación solar fotovoltaica proyectada en el Frontón Municipal, edificio de titularidad municipal destinado a uso deportivo y de pública concurrencia, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución, optimizando el balance energético del inmueble y contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones municipales, sin alterar en ningún caso el uso, la funcionalidad ni las condiciones urbanísticas del edificio.

16.4.5.4.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico estará constituido por un conjunto de 116 módulos solares fotovoltaicos, instalados sobre la cubierta del edificio en configuración coplanar, adaptándose a la geometría existente de la cubierta y garantizando una correcta integración arquitectónica de la instalación.

La disposición de los módulos se realizará con una inclinación aproximada de 10°, valor habitual en instalaciones coplanares sobre cubiertas inclinadas, que permite un adecuado compromiso entre aprovechamiento del recurso solar, integración constructiva y minimización de cargas estructurales adicionales.

La implantación de los módulos se realiza exclusivamente sobre superficie ya edificada, sin ocupación adicional de suelo y sin modificación de la volumetría, altura ni geometría del edificio existente, manteniéndose en todo momento las condiciones de estanqueidad y durabilidad de la cubierta.

La energía generada en corriente continua (CC) será conducida hasta un inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna (CA) compatible con la red interior del edificio (400/230 V – 50 Hz). La conexión del sistema fotovoltaico se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de los excedentes a la red de distribución para su posterior compensación.

16.4.5.4.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para esta instalación son del fabricante JA SOLAR, modelo JAM72D30 525-550/MB MBB Mono PERC, con una potencia unitaria de 550 Wp, tecnología de silicio monocristalino de alta eficiencia y configuración Multi Busbar, que garantiza un elevado rendimiento energético, buena respuesta frente a sombras parciales y una elevada fiabilidad a lo largo de su vida útil.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de los módulos, a los límites de tensión y corriente admisibles y a la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT del inversor seleccionado, garantizando un funcionamiento seguro, estable y eficiente del sistema en todo el rango de condiciones ambientales previsibles en el emplazamiento.

16.4.5.4.2.1 Configuración de Strings

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	15	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	8.250 W
2	15	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	8.250 W
3	15	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	8.250 W
4	15	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	8.250 W
5	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
6	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
7	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
8	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
Total 116 Paneles					63.800 W

16.4.5.4.3 Inversor fotovoltaico

La conversión de la energía eléctrica generada se realizará mediante un inversor trifásico del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-65KTL-M0, o equipo de características técnicas equivalentes, con una potencia nominal de 65,00 kW.

El inversor incorpora múltiples sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia, protecciones internas frente a sobretensiones, sobretensiones y fallos de red, así como funciones de supervisión continua y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y una correcta integración del sistema fotovoltaico con la red eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-65KTL M0 Trifásico	65,00 kW
	Total		65,00 kW

16.4.5.4.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada, con un total de 116 módulos fotovoltaicos y una potencia pico instalada de 63,80 kWp, presenta una relación potencia DC/AC ligeramente inferior a la unidad, adecuada para el perfil de consumo del edificio y compatible con el funcionamiento eficiente del inversor seleccionado.

La distribución de los módulos en strings de distinta longitud se considera técnicamente válida al mantenerse todos ellos dentro de la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT del inversor, teniendo en cuenta las condiciones térmicas del emplazamiento y las características eléctricas de los módulos. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo eléctrico y verificación de tensiones, incluidos en capítulos posteriores del presente proyecto.

16.4.5.5 Haurreskola Bekosolo

La instalación solar fotovoltaica proyectada en la Haurreskola Bekosolo, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo infantil, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución, optimizando el balance energético del centro y contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones municipales, sin alterar en ningún caso el uso, la funcionalidad ni las condiciones urbanísticas del edificio.

16.4.5.5.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico estará constituido por un conjunto de 96 módulos solares fotovoltaicos, instalados sobre la cubierta plana del edificio, mediante el empleo de estructuras soporte inclinadas, que permiten disponer los

módulos con una inclinación aproximada de 15°, valor adecuado para maximizar la captación solar anual en función de la latitud del emplazamiento y de las condiciones de radiación existentes.

La implantación de los módulos se realiza íntegramente sobre superficie ya edificada, sin ocupación adicional de suelo y sin modificación de la volumetría, altura ni geometría del edificio existente, garantizando la correcta integración de la instalación y el mantenimiento de las condiciones de estanqueidad y durabilidad de la cubierta.

La energía generada en corriente continua (CC) será conducida hasta un inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna (CA) compatible con la red interior del edificio (400/230 V – 50 Hz). La conexión del sistema fotovoltaico se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de los excedentes a la red de distribución para su posterior compensación.

16.4.5.5.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para esta instalación son del fabricante JA SOLAR, modelo JAM72D30 525-550/MB MBB Mono PERC, con una potencia unitaria de 550 Wp, tecnología de silicio monocristalino de alta eficiencia y configuración Multi Busbar, que proporciona elevados rendimientos energéticos, buena respuesta frente a sombras parciales y una elevada fiabilidad a lo largo de la vida útil del sistema.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de los módulos, a los límites de tensión y corriente admisibles y a la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT del inversor seleccionado, garantizando un funcionamiento seguro, estable y eficiente del sistema en todo el rango de condiciones ambientales previsibles en el emplazamiento.

16.4.5.5.2.1 Configuración de Strings

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
2	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
3	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
4	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
5	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
6	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
7	9	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.950 W
8	9	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	4.950 W
Total 96 Paneles					52.800 W

16.4.5.5.3 Inversor fotovoltaico

La conversión de la energía eléctrica generada se realizará mediante un inversor trifásico del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-50KTL-M0, o equipo de características técnicas equivalentes, con una potencia nominal de 50,00 kW.

El inversor incorpora sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia, protecciones internas frente a sobretensiones, sobretensiones y fallos de red, así como funciones de supervisión continua y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y una correcta integración del sistema fotovoltaico con la red eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-50KTL M0 Trifásico	50,00 kW
	Total		50,00 kW

16.4.5.5.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada, con un total de 96 módulos fotovoltaicos y una potencia pico instalada de 52,80 kWp, presenta una relación potencia DC/AC ligeramente superior a la unidad, habitual en instalaciones de autoconsumo, lo que permite mejorar el aprovechamiento energético del inversor en condiciones de radiación media y baja sin comprometer su funcionamiento.

La existencia de strings con diferente número de módulos se considera técnicamente compatible con la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT del inversor seleccionado, atendiendo a las condiciones climáticas del emplazamiento y a las características eléctricas de los módulos. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo eléctrico y verificación de tensiones, incluidos en capítulos posteriores del presente proyecto

16.4.5.6 CEIP San Antonio

La instalación solar fotovoltaica proyectada en el CEIP San Antonio, edificio de titularidad municipal destinado a uso educativo, se diseña como un sistema de generación eléctrica en baja tensión destinado al autoconsumo con excedentes acogido a compensación, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

El sistema tiene como finalidad cubrir parcialmente la demanda eléctrica del edificio mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo el consumo de energía procedente de la red de distribución, optimizando el balance energético del centro y contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones municipales, sin alterar en ningún caso el uso, la funcionalidad ni las condiciones urbanísticas del edificio.

La instalación se configura como un sistema compuesto por tres subsistemas fotovoltaicos independientes, cada uno asociado a un inversor propio, permitiendo una adaptación óptima a la geometría de las cubiertas disponibles y a la distribución de consumos del edificio.

16.4.5.6.1 Descripción general del sistema

El generador fotovoltaico del CEIP San Antonio estará constituido por un conjunto total de 180 módulos solares fotovoltaicos, instalados sobre diferentes zonas de la cubierta del edificio.

La implantación de los módulos combina soluciones coplanares sobre cubierta inclinada y soluciones sobre cubierta plana mediante estructuras inclinadas, adaptándose a la geometría existente y garantizando una correcta integración arquitectónica de la instalación.

En las zonas de cubierta inclinada, los módulos se dispondrán en configuración coplanar, con una inclinación aproximada de 10°, mientras que en las zonas de cubierta plana se emplearán estructuras soporte inclinadas que permiten disponer los módulos con una inclinación aproximada de 15°, optimizando el aprovechamiento del recurso solar.

La energía generada en corriente continua (CC) por cada uno de los subsistemas será conducida hasta su correspondiente inversor trifásico, encargado de transformar dicha energía en corriente alterna (CA) compatible con la red interior del edificio (400/230 V – 50 Hz). La conexión de cada subsistema se realizará aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y la inyección de los excedentes a la red de distribución para su posterior compensación.

16.4.5.6.2 Generador fotovoltaico y configuración de strings

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para los tres subsistemas son del fabricante JA SOLAR, modelo JAM72D30 525-550/MB MBB Mono PERC, con una potencia unitaria de 550 Wp, tecnología de silicio monocristalino de alta eficiencia y configuración Multi Busbar, que proporciona elevados rendimientos energéticos, buen comportamiento frente a sombras parciales y una elevada fiabilidad a lo largo de la vida útil del sistema.

La configuración de los strings se ha definido atendiendo a las características eléctricas de los módulos, a los límites de tensión y corriente admisibles y a la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT de cada inversor, garantizando un funcionamiento seguro, estable y eficiente del sistema en todo el rango de condiciones ambientales previsibles en el emplazamiento.

16.4.5.6.2.1 Configuración de Strings – Subsistema 1

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
2	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
3	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
4	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
5	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
6	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
7	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
8	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
9	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
Total 118 Paneles					64.900 W

16.4.5.6.2.2 Configuración de Strings – Subsistema 2

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
2	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
3	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
4	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
5	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
6	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
7	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
8	13	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.150 W
9	14	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	7.700 W
Total 118 Paneles					64.900 W

16.4.5.6.2.3 Configuración de Strings – Subsistema 3

Número de Estrings	Número de Paneles	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Paneles	Potencia por String
1	6	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	3.300 W
2	6	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	3.300 W
3	6	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	3.300 W
4	6	JA SOLAR	JAM72D30 525-550/MB Mono PERC	550 W	3.300 W
Total 24 Paneles					13.200 W

16.4.5.6.3 Inversores fotovoltaicos

La conversión de la energía eléctrica generada por los tres subsistemas se realizará mediante tres inversores trifásicos, todos ellos del fabricante HUAWEI, seleccionados de acuerdo con la potencia instalada en cada subsistema y con las características de la red interior del edificio.

Los inversores incorporan sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia, protecciones internas frente a sobreintensidades, sobretensiones y fallos de red, así como funciones de supervisión continua y desconexión automática, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente y una correcta integración de los sistemas fotovoltaicos con la red eléctrica interior del edificio.

Número de Inversores	Marca	Modelo	Potencia Unitaria Inversor
1	HUAWEI	SUN2000-65KTL-M0 Trifásico	65,00 kW
2	HUAWEI	SUN2000-12KTL-M5 Trifásico	12,00 kW
3	HUAWEI	SUN2000-20KTL-M5 Trifásico	20,00 kW
Total			97,00 kW

16.4.5.6.4 Nota técnica sobre la configuración

La configuración adoptada, con una potencia pico total instalada de 105,05 kWp y una potencia nominal total de inversores de 97,00 kW, presenta una relación potencia DC/AC ligeramente superior a la unidad, habitual en instalaciones de autoconsumo y adecuada para maximizar el aprovechamiento energético de los inversores en condiciones de radiación media y baja.

La existencia de strings con diferente número de módulos en cada subsistema se considera técnicamente compatible con la ventana de funcionamiento de los seguidores MPPT de los inversores seleccionados, atendiendo a las condiciones climáticas del emplazamiento y a las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. La justificación detallada de esta configuración se desarrolla en los apartados de cálculo eléctrico y verificación de tensiones, incluidos en capítulos posteriores del presente proyecto.

16.5 Elección de materiales.

La elección de los materiales que conforman las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se ha realizado atendiendo a criterios técnicos, normativos, de fiabilidad y de durabilidad, garantizando la correcta integración de los sistemas en los distintos edificios objeto del presente proyecto y asegurando un funcionamiento eficiente a lo largo de toda su vida útil.

En el dimensionado del generador fotovoltaico se ha tenido en cuenta, en todos los casos, la superficie disponible en cubierta, las condiciones geométricas y estructurales de cada emplazamiento, así como las necesidades energéticas de los edificios asociados, de forma que la potencia instalada resulte compatible con el autoconsumo previsto y con el régimen de compensación de excedentes definido.

La relación entre potencia pico instalada y superficie disponible constituye un factor determinante en el diseño, optándose por módulos de alta eficiencia que permiten maximizar la producción energética sin necesidad de incrementar la ocupación de cubierta ni introducir soluciones constructivas complejas.

16.5.1 Módulos Fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos seleccionados para las distintas instalaciones corresponden a tecnología de silicio monocristalino de alta eficiencia, concretamente módulos tipo Mono PERC, ampliamente contrastados en el mercado y adecuados para instalaciones de autoconsumo en edificación.

La potencia pico de cada instalación se determina a partir del número total de módulos y de la potencia unitaria de los mismos, conforme a la expresión:

$$\text{Potencia pico instalada (Wp)} = \text{Número de módulos} \times \text{Potencia pico unitaria del módulo (Wp)}$$

La selección de marca y modelo se ha realizado priorizando módulos con:

- Alta eficiencia de conversión.
- Buen comportamiento térmico.
- Coeficientes de degradación reducidos.
- Garantías de producto y de producción acordes con los estándares del sector.

En fase de ejecución, la marca y modelo definitivos podrán ser sustituidos por otros de características técnicas equivalentes o superiores, siempre que se mantengan o mejoren los parámetros eléctricos, mecánicos y de durabilidad definidos en el proyecto, sin alterar el dimensionado global ni el rendimiento esperado del sistema.

Los módulos disponen de conectores normalizados tipo MC4 o equivalentes, preinstalados de fábrica, garantizando una conexión segura, estanca y de baja resistencia, y facilitando tanto el montaje como las tareas posteriores de mantenimiento.

Las fichas técnicas correspondientes a los módulos finalmente seleccionados se incorporan al apartado de anexos del presente proyecto.

16.5.2 Inversor.

El inversor constituye el elemento encargado de transformar la energía eléctrica generada en corriente continua (CC) por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (CA) compatible con la red interior de los edificios, en tensión 400/230 V y frecuencia 50 Hz.

Los inversores seleccionados para las distintas instalaciones son equipos trifásicos de alta eficiencia, dotados de:

- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).
- Protecciones internas frente a sobretensiones, sobretensiones y fallos de red.
- Sistemas de desconexión automática y supervisión continua del funcionamiento.
- Comunicación y monitorización de la producción energética.

La potencia nominal de los inversores se ha dimensionado de forma coherente con la potencia pico del generador fotovoltaico asociado en cada emplazamiento, manteniendo relaciones DC/AC técnicamente adecuadas y acordes con las recomendaciones de los fabricantes.

Todos los equipos cumplen con la normativa vigente aplicable a instalaciones de autoconsumo conectadas a red en baja tensión, en particular con lo establecido en el Real Decreto 244/2019, el Real Decreto 1699/2011 y el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002.

Las características técnicas detalladas de los inversores se incluyen igualmente en el apartado de anexos del proyecto.

17 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.

La presente instalación eléctrica de baja tensión asociada a los sistemas solares fotovoltaicos proyectados se ha diseñado y dimensionado conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, así como a la normativa UNE de aplicación y al Reglamento de Productos de Construcción (CPR).

Las prescripciones recogidas en este apartado definen las condiciones técnicas mínimas que deberán cumplir los materiales, conductores, canalizaciones y sistemas de protección que constituyen la instalación eléctrica, garantizando la seguridad de las personas, la durabilidad de la instalación y su correcta explotación.

17.1 Clasificación del entorno de instalación

Las instalaciones eléctricas asociadas a los sistemas solares fotovoltaicos se consideran, a efectos del REBT, como instalaciones de Generadores y Convertidores, de acuerdo con la ITC-BT-40.

Asimismo, parte de la instalación se encuentra ubicada en cubiertas, fachadas y zonas exteriores, o en emplazamientos con condiciones ambientales asimilables a exteriores, en los que pueden presentarse fenómenos de:

- humedad ambiental,
- condensaciones,
- exposición a lluvia,
- radiación solar directa,
- y variaciones térmicas significativas.

En consecuencia, todos los materiales eléctricos empleados deberán ser aptos para instalación interior y exterior, seleccionándose equipos, conductores y envolventes con grados de protección adecuados frente a agentes ambientales, y fabricados con materiales no propagadores del incendio y de baja emisión de humos y gases corrosivos.

17.2 Canalizaciones eléctricas

17.2.1 Condiciones generales

Las canalizaciones eléctricas se ejecutarán de forma que:

- garanticen la protección mecánica de los conductores,
- eviten la entrada de agua o humedad,
- permitan una correcta disipación térmica,
- y faciliten las labores de mantenimiento e inspección.

Las canalizaciones prefabricadas, cajas de derivación, empalmes y elementos auxiliares deberán presentar, como mínimo:

- IP54 en zonas exteriores o expuestas,
- IP4X en zonas interiores protegidas, incrementándose el grado de protección cuando la ubicación o las condiciones ambientales así lo requieran.

17.2.2 Aparamenta eléctrica

Toda la aparamenta eléctrica utilizada (cajas de conexión, interruptores, seccionadores, envoltentes, cuadros eléctricos y dispositivos de protección) deberá:

- ser apta para el entorno de instalación,
- disponer de envoltentes no metálicas o metálicas con tratamiento anticorrosión,
- cumplir con los grados de protección IP exigibles,
- y estar certificada conforme a la normativa UNE correspondiente.
- Las partes accesibles de los órganos de maniobra no presentarán riesgo de contacto eléctrico accidental.

17.2.3 Protección de la instalación y puesta a tierra

De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-40 del REBT, las instalaciones generadoras deberán disponer de un sistema de puesta a tierra que evite:

- la transferencia de defectos a la red de distribución pública,
- la aparición de tensiones de contacto peligrosas,
- y la inyección de corriente continua en la red.

En la presente instalación:

- Todas las masas metálicas accesibles (estructuras soporte, marcos de los módulos fotovoltaicos, envoltentes metálicas y elementos auxiliares) se conectarán al sistema de puesta a tierra existente del edificio.
- La protección de las personas frente a contactos indirectos se realizará mediante dispositivos de protección diferencial conforme a la ITC-BT-24.
- Los inversores seleccionados justifican, mediante ensayo certificado por el fabricante, que la corriente continua inyectada a red no supera el 0,5 % de la corriente nominal, de acuerdo con la Nota de Interpretación sobre equivalencia de separación galvánica del Ministerio competente.

La sección mínima de los conductores de protección será la indicada en la ITC-BT-18, siendo en todo caso igual o superior a 2,5 mm² en cobre, y dimensionada conforme a la sección de los conductores activos asociados.

La resistencia de la toma de tierra se ha proyectado de forma que no supere el valor de 10 Ω.

17.2.4 Conductores eléctricos

17.2.4.1 Características generales

Todos los conductores empleados serán de cobre, flexibles, clase 5 según UNE-EN 60228, y cumplirán con:

- normativa UNE de fabricación,
- exigencias CPR (UE 305/2011),
- características de baja emisión de humos,
- ausencia de halógenos,
- y no propagación del incendio.

17.2.4.2 Conductores con aislamiento 0,6/1 kV – Tipo RZ1-K (AS)

Los conductores RZ1-K se emplearán en circuitos de corriente alterna, con las siguientes características mínimas:

- Tensión asignada: 0,6/1 kV
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE)
- Cubierta: Libre de halógenos
- Temperatura de servicio: -25 °C a +90 °C
- No propagador de la llama: UNE-EN 60332-1
- No propagador del incendio: UNE-EN 60332-3
- Baja emisión de humos: UNE-EN 61034
- Baja corrosividad de gases: UNE-EN 60754

17.2.4.3 Conductores con aislamiento 450/750 V – Tipo H07Z1

Estos conductores se emplearán en instalaciones interiores y auxiliares:

- Tensión de servicio: 450/750 V
- Conductor: cobre flexible clase 5
- Aislamiento: poliolefina libre de halógenos
- Apto para canalización en tubo
- Cumple UNE-EN 50525-3-31 y CPR

17.2.4.4 Conductores para corriente continua – Tipo H1Z2Z2-K

Los conductores destinados a la parte de corriente continua de la instalación fotovoltaica serán específicos para uso FV:

- Tensión nominal: 1,5/1,5 kV CC
- Aislamiento y cubierta: goma especial resistente a UV e intemperie

- Rango térmico: $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hasta $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ en conductor)
- Vida útil estimada: ≥ 30 años
- Libre de halógenos
- No propagador del incendio
- Baja opacidad de humos

Estos conductores se emplearán para la interconexión entre módulos y entre strings e inversores.

17.2.5 Canalizaciones interiores

17.2.5.1 Tubos

Los conductores con aislamiento 750 V se canalizarán mediante tubos corrugados:

- Conforme a UNE-EN 61386
- No propagadores de la llama
- Resistencia a compresión $\geq 320\text{ N}$
- Resistencia al impacto $\geq 2\text{ J}$
- Grado de protección mínimo IP54
- Libres de halógenos

17.2.5.2 Canaletas y bandejas

Los conductores con aislamiento 0,6/1 kV se canalizarán mediante bandejas o canaletas de PVC:

- Clasificación de reacción al fuego M1
- Baja emisión de humos
- Alta resistencia al impacto
- Aptas para instalación superficial en interiores
- Dimensiones adecuadas a la sección y número de conductores

17.2.6 Consideraciones finales

Todos los elementos descritos en el presente capítulo se consideran condiciones técnicas mínimas, debiendo ajustarse su selección definitiva, secciones y disposiciones a:

- los esquemas unifilares del proyecto,
- los planos de trazado,
- y las partidas del presupuesto.

Cualquier modificación deberá mantener, como mínimo, las características técnicas aquí definidas y cumplir íntegramente la normativa vigente.

17.3 Conductores de Corriente Continua (CC)

Para la elección y ejecución del cableado correspondiente a la parte de corriente continua (CC) de las instalaciones solares fotovoltaicas se seguirá lo establecido en la norma UNE-HD 60364-7-712:2017, relativa a sistemas de alimentación solar fotovoltaica, así como las ITC-BT-07 e ITC-BT-19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y la UNE-HD 60364-5-52 en lo relativo a selección e instalación de conductores.

Los conductores de CC estarán específicamente diseñados para instalaciones fotovoltaicas, con una vida útil superior a 25 años, aptos para equipos de aislamiento de clase II, resistentes a la intemperie, a la radiación ultravioleta y a temperaturas extremas comprendidas entre -40°C y $+90^{\circ}\text{C}$, admitiendo temperaturas máximas del conductor de hasta 120°C .

Se emplearán conductores unipolares de cobre, con tensión asignada 1,5/1,5 kV CC, tipo H1Z2Z2-K, conforme a las normas EN 50618 e IEC 62930, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de alta seguridad, cumpliendo al menos:

- UNE-EN 60332-1-2 (no propagador de la llama).
- UNE-EN 60332-3-24 (no propagador del incendio).
- UNE-EN 61034-2 (baja opacidad de humos).

La sección de los conductores se dimensionará atendiendo a criterios térmicos y de caída de tensión, conforme a la Guía Técnica del REBT – Anexo 2, garantizando valores compatibles con el correcto funcionamiento del sistema.

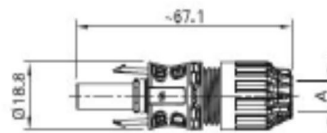
Las conexiones eléctricas entre los módulos fotovoltaicos y la configuración de los distintos strings se realizarán mediante conectores normalizados tipo MC4 o equivalentes, suministrados por el propio fabricante de los módulos o certificados como plenamente compatibles con los mismos. Este tipo de conector está específicamente diseñado para aplicaciones fotovoltaicas en corriente continua, garantizando un elevado nivel de fiabilidad, durabilidad y seguridad eléctrica durante toda la vida útil de la instalación.

La utilización de conectores MC4 permite asegurar una conexión estanca con grado de protección IP adecuado para instalación en exterior, resistente a la intemperie, a la radiación ultravioleta, a la humedad y a los ciclos térmicos propios del funcionamiento de las instalaciones solares. Asimismo, estos conectores proporcionan una baja resistencia de contacto, reduciendo las pérdidas eléctricas y evitando calentamientos locales que pudieran comprometer la seguridad o el rendimiento del sistema.

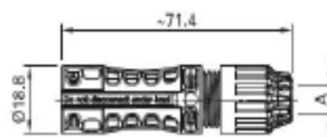
La ejecución de las conexiones se llevará a cabo siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante, empleando las herramientas de crimpado específicas y verificando la correcta inserción y bloqueo de los conectores, de forma que se garantice la continuidad eléctrica, la resistencia mecánica y la estanqueidad de la unión. No se permitirá la reutilización de conectores ni la mezcla de componentes de distintos fabricantes sin certificación expresa de compatibilidad.

En la siguiente imagen se representa tipo de conector a emplear, en ella se puede apreciar su configuración constructiva y el sistema de cierre, sirviendo como referencia visual para la correcta ejecución de las conexiones durante la fase de montaje y como elemento de verificación posterior en las labores de inspección, mantenimiento y explotación de la instalación.

PV-KBT4-EVO 2/...-UR



PV-KST4-EVO 2/...-UR



17.3.1 Selección de los Conductores de Corriente Continua (CC)

Con el fin de unificar criterios técnicos, simplificar la ejecución de las instalaciones y garantizar un comportamiento homogéneo en todos los sistemas solares fotovoltaicos incluidos en el presente proyecto, se ha definido un único tipo de conductor para la parte de corriente continua, común a los seis emplazamientos.

La selección del conductor se ha realizado atendiendo a las condiciones de servicio propias de las instalaciones fotovoltaicas, caracterizadas por funcionamiento permanente en exterior, exposición directa a radiación solar, amplios rangos de temperatura, exigencias elevadas en materia de seguridad frente al fuego y una vida útil prolongada acorde con la del sistema.

En todos los casos, el conexionado entre los módulos fotovoltaicos y los inversores se realizará mediante cable específico para corriente continua en instalaciones solares, con clasificación CPR, de las siguientes características generales:

- Tipo: H1Z2Z2-K
- Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
- Aislamiento: XLPE
- Comportamiento frente al fuego: libre de halógenos, con clasificación CPR conforme al Reglamento de Productos de la Construcción
- Conductor: cobre
- Sección nominal: 6 mm²

Este tipo de cable cumple con las normas EN 50618 e IEC 62930, siendo apto para su instalación en exteriores, resistente a la radiación ultravioleta, al ozono y a la intemperie, y compatible con equipos con un sistema de aislamiento de clase II.

Asimismo, se establece de forma común para todas las instalaciones el siguiente código de identificación de conductores en corriente continua, conforme a la normativa vigente y a las buenas prácticas de instalación:

- Polo positivo (+): color rojo
- Polo negativo (-): color negro
- Conductor de protección (PE): color amarillo-verde, cable tipo H07Z1 CPR, sección 6 mm²

Las características detalladas de reacción al fuego y la clase CPR específica de los conductores empleados se definirán y justificarán en los apartados correspondientes del proyecto y en la documentación técnica de los materiales.

17.4 Protecciones de Corriente Continua (CC)

Las protecciones de la parte de corriente continua se instalarán conforme a lo establecido en la UNE-HD 60364-7-712, garantizando la protección frente a sobrecorrientes, cortocircuitos y sobretensiones

Las protecciones se dispondrán en cuadros específicos de CC, ubicados en zonas accesibles, protegidas frente a la intemperie y adecuadamente señalizadas. Estos cuadros incorporarán:

- Seccionadores de corte en carga en CC.
- Fusibles de protección por rama, cuando proceda.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias en CC (DPS), conforme a UNE-EN 61643-31.

La configuración de protecciones se adaptará a la arquitectura del sistema y al número de entradas MPPT del inversor, evitando sobredimensionamientos innecesarios y garantizando la selectividad y seguridad del conjunto.

17.4.1 Selección de Protecciones de Corriente Continua (CC)

Las protecciones de la parte de corriente continua de las instalaciones solares fotovoltaicas se materializarán mediante seccionadores de corte en carga de 32 A, uno por cada string, instalados en cuadros independientes de corriente continua, diseñados específicamente para aplicaciones fotovoltaicas.

La disposición y ubicación de dichos cuadros se ha definido atendiendo a las características constructivas de cada edificio, al entorno de instalación (interior o exterior), a la accesibilidad para labores de mantenimiento y a las condiciones de seguridad exigidas por la UNE-HD 60364-7-712 y el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En todos los casos, los cuadros de CC dispondrán de un grado de protección IP e IK adecuado al emplazamiento, estarán correctamente señalizados, identificados por strings y permitirán la maniobra segura de desconexión del generador fotovoltaico respecto al inversor.

17.4.1.1 CEIP Kukullaga

En el CEIP Kukullaga, las protecciones de corriente continua se instalarán en la cubierta del edificio, en las proximidades del campo fotovoltaico y de los recorridos de los strings hacia el inversor.

Los seccionadores de 32 A, uno por cada string, se alojarán en un cuadro de CC específico para exterior, fabricado en material aislante o metálico tratado, con grado de protección mínimo IP65 y resistencia mecánica IK adecuada, garantizando su protección frente a la intemperie, radiación solar, humedad y posibles impactos accidentales.

El cuadro se fijará a soporte estable, manteniendo una disposición ordenada de los dispositivos, con identificación clara de cada string, permitiendo una desconexión rápida y segura durante operaciones de mantenimiento o en caso de emergencia.

17.4.1.2 Ayuntamiento de Etxebarri

En el edificio del Ayuntamiento, las protecciones de corriente continua se dispondrán en el interior del inmueble, junto al Cuadro General de Baja Tensión (CGBT), en un armario independiente destinado exclusivamente a la parte fotovoltaica.

En dicho armario se instalarán los seccionadores de corte en carga de 32 A correspondientes a cada string, garantizando una fácil accesibilidad, una correcta ventilación y una integración ordenada con el resto de protecciones eléctricas existentes.

El armario contará con grado de protección adecuado para instalación interior y estará correctamente señalizado, permitiendo la maniobra segura de los seccionadores sin interferir con el funcionamiento del CGBT del edificio.

17.4.1.3 CIME

En el edificio del CIME, las protecciones de corriente continua se ubicarán igualmente en la cubierta, de forma análoga a lo previsto para el CEIP Kukullaga, dada la disposición del campo fotovoltaico y la proximidad al inversor.

Los seccionadores de 32 A, uno por cada string, se integrarán en un cuadro de CC para exterior, con grado de protección IP65 o superior y resistencia mecánica adecuada, garantizando su correcto funcionamiento frente a las condiciones ambientales del emplazamiento.

El cuadro se instalará en una zona accesible pero protegida, minimizando la longitud de los recorridos en CC y facilitando las tareas de mantenimiento, inspección y verificación periódica de la instalación.

17.4.1.4 Frontón Municipal

En el Frontón Municipal, las protecciones de corriente continua se dispondrán en el interior del edificio, junto al Cuadro General de Baja Tensión, de forma similar a la solución adoptada en el Ayuntamiento.

Los seccionadores de 32 A por string se alojarán en un armario independiente, claramente identificado como cuadro de CC de la instalación fotovoltaica, garantizando una separación funcional respecto a las protecciones de otros usos del edificio.

Esta disposición permite una integración ordenada de la instalación fotovoltaica en la infraestructura eléctrica existente, asegurando accesibilidad, seguridad y facilidad de operación.

17.4.1.5 Haurreskola Bekosolo

En la Haurreskola Bekosolo, la ubicación de las protecciones de corriente continua seguirá el mismo criterio adoptado para el Ayuntamiento y el Frontón Municipal, disponiéndose en el interior del edificio, junto al CGBT, en un armario independiente destinado a la instalación fotovoltaica.

En dicho armario se instalarán los seccionadores de corte en carga de 32 A correspondientes a cada string, garantizando una correcta identificación, accesibilidad y seguridad para el personal autorizado.

El conjunto se integrará de forma ordenada en el sistema eléctrico del edificio, sin interferir con otros servicios ni comprometer la seguridad del entorno educativo.

17.4.1.6 CEIP San Antonio

En el CEIP San Antonio, dada la existencia de tres inversores, se dispondrá un cuadro de protecciones de corriente continua por cada inversor, todos ellos ubicados en el interior del edificio, junto a los cuadros de descarga asociados a cada equipo.

Cada cuadro de CC albergará los seccionadores de 32 A correspondientes a los strings conectados a su inversor, manteniendo una clara separación funcional entre sistemas y facilitando la identificación, operación y mantenimiento individualizado de cada generador.

Esta solución permite una gestión segura y eficiente de la instalación fotovoltaica, especialmente en operaciones de mantenimiento parcial o intervención sobre un único inversor, sin afectar al resto del sistema.

17.4.2 Conductores de Corriente Alterna (CA)

El cableado correspondiente a la parte de corriente alterna se ejecutará conforme a las ITC-BT-19, ITC-BT-20 e ITC-BT-28 del REBT, así como la Guía Técnica – Anexo 2.

Los conductores se dimensionarán para una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad nominal del inversor, limitando la caída de tensión a valores inferiores al 1,5 %, conforme a criterios de buena práctica.

Se emplearán conductores de cobre, tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, con aislamiento XLPE y cubierta libre de halógenos, cumpliendo:

- UNE-EN 60332-1-2
- UNE-EN 60332-3-24
- UNE-EN 61034-2
- Código de colores:
 - Fases: marrón / negro / gris
 - Neutro: azul
 - Protección: amarillo-verde

17.4.3 Selección de los Conductores de Corriente Alterna (CA)

La selección de los conductores correspondientes a la parte de corriente alterna (CA) de las instalaciones solares fotovoltaicas se ha realizado conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en particular las ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-28 e ITC-BT-40, así como la Guía Técnica del REBT – Anexo 2, atendiendo a criterios de seguridad eléctrica, capacidad de conducción de corriente, caída de tensión admisible y condiciones de instalación.

Los conductores de CA se dimensionan para soportar una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad nominal del inversor, limitando la caída de tensión a valores compatibles con el correcto funcionamiento de la instalación y garantizando una adecuada coordinación con las protecciones contra sobreintensidades y contactos indirectos.

En todos los casos se emplearán conductores de cobre, de alta seguridad, con aislamiento XLPE, tensión asignada 0,6/1 kV, tipo RZ1-K (AS), no propagadores de la llama, no propagadores del incendio y de baja emisión de humos y gases corrosivos, adecuados para su instalación tanto en interior como en exterior.

Todas las líneas de corriente alternan incorporan de forma obligatoria conductor de protección (PE), dispuesto de manera continua junto con los conductores activos, conforme a lo indicado en la ITC-BT-18 y la ITC-BT-24, garantizando:

- La correcta puesta a tierra de inversores, cuadros y masas metálicas.
- La protección frente a contactos indirectos.
- La correcta actuación de los dispositivos diferenciales y de protección contra sobretensiones.

El conductor de protección (PE) será de cobre, con aislamiento verde-amarillo, y su sección se selecciona conforme a la ITC-BT-18, siendo coherente con la sección de los conductores activos de cada línea.

17.4.3.1 CEIP Kukullaga

En el CEIP Kukullaga se dispondrán dos líneas diferenciadas de corriente alterna asociadas a la instalación fotovoltaica:

Desde el CGBT hasta el cuadro de la instalación fotovoltaica:

- Línea trifásica formada por 4 conductores unipolares de 50 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).

Desde el cuadro de la instalación fotovoltaica hasta el inversor:

- Línea trifásica formada por 4 conductores unipolares de 35 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).

17.4.3.2 Ayuntamiento de Etxebarri

La alimentación en corriente alterna desde el CGBT hasta el inversor se realizará mediante:

- Línea formada por 5 conductores (3 fases + neutro + conductor de protección PE) de 10 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.

17.4.3.3 CIME

En el edificio del CIME se adoptará una configuración equivalente a la del CEIP Kukullaga:

- Desde el CGBT hasta el cuadro de la instalación fotovoltaica:
- Línea trifásica con 4 conductores unipolares de 50 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).
- Desde el cuadro de la instalación fotovoltaica hasta el inversor:
- Línea trifásica con 4 conductores unipolares de 35 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).

17.4.3.4 Frontón Municipal

La alimentación en corriente alterna desde el CGBT hasta el inversor se realizará mediante:

- Línea trifásica formada por 4 conductores unipolares de 35 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).

17.4.3.5 Haurreskola Bekosolo

La línea de corriente alterna desde el CGBT hasta el inversor se ejecutará mediante:

- 4 conductores unipolares de 35 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).

17.4.3.6 CEIP San Antonio

En el CEIP San Antonio, al existir tres inversores, se dispondrán tres líneas independientes de corriente alterna, todas ellas con conductor de protección incluido:

- Desde el cuadro de vertido hasta el inversor 1:
 - Línea trifásica con 4 conductores unipolares de 35 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, incluyendo conductor de protección (PE).
- Desde el cuadro de vertido hasta el inversor 2:
 - Línea formada por 5 conductores (3 fases + neutro + PE) de 16 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.
- Desde el cuadro de vertido hasta el inversor 3:
 - Línea formada por 5 conductores (3 fases + neutro + PE) de 10 mm², tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.

17.4.4 Protecciones de Corriente Alterna CA

Las protecciones de la parte de alterna se ejecutarán conforme a la ITC-BT-26 y a las normas UNE-EN 60947-2 y UNE-EN 60269.

En el cuadro general de baja tensión o en cuadros dedicados se instalarán, como mínimo:

- Interruptor magnetotérmico tetrapolar, adecuado a la potencia del inversor.
- Interruptor diferencial tetrapolar, con sensibilidad 30 mA, para protección frente a contactos indirectos.

Las protecciones se coordinarán con las existentes, garantizando la selectividad y el correcto disparo ante defecto.

17.4.5 Selección de las Protecciones de Corriente Alterna (CA)

La definición y selección de las protecciones eléctricas correspondientes a la parte de corriente alterna (CA) de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se ha realizado conforme a los criterios establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado por el Real Decreto 842/2002, y en particular de acuerdo con las prescripciones recogidas en las ITC-BT-17, ITC-BT-19, ITC-BT-23 e ITC-BT-40, así como las normas UNE de aplicación.

Dada la diversidad de configuraciones existentes en los distintos emplazamientos incluidos en el presente proyecto —número de inversores, potencias nominales, longitudes de línea, tipología de instalación y características de los cuadros existentes— se ha optado por una definición funcional y normativa de las protecciones, remitiendo su concreción exacta (calibres, curvas de disparo y poder de corte) a los esquemas unifilares incluidos en la documentación gráfica del proyecto y al desglose de partidas del presupuesto, donde quedan perfectamente identificados, dimensionados y valorados.

En todos los casos, las líneas de corriente alterna que alimentan a los inversores fotovoltaicos, así como las líneas de evacuación desde los inversores hacia los cuadros generales de baja tensión o cuadros de vertido,

disponen de las siguientes protecciones mínimas:

- Protección contra sobrecargas, mediante interruptores automáticos magnetotérmicos, correctamente dimensionados en función de la intensidad nominal del inversor, la sección del conductor, el método de instalación y el régimen de servicio, garantizando la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.
- Protección contra contactos indirectos, mediante interruptores diferenciales de alta sensibilidad, con una corriente diferencial residual asignada de 30 mA, asegurando el cumplimiento de las exigencias de seguridad para instalaciones en locales de pública concurrencia y entornos de uso educativo.
- Coordinación con el conductor de protección (PE) y el sistema de puesta a tierra existente en cada edificio, garantizando tiempos de desconexión compatibles con lo establecido en la ITC-BT-24.

Las protecciones de corriente alterna se instalan en los cuadros eléctricos existentes o en cuadros específicos asociados a la instalación fotovoltaica, según el emplazamiento. En aquellos casos en los que las protecciones o equipos asociados se sitúan en ubicaciones exteriores, los cuadros se seleccionan con un grado de protección mecánica y ambiental adecuado, disponiendo de envolventes con grado de protección mínimo IP65 e IK08, o superior cuando resulte necesario, garantizando su resistencia frente a la intemperie, impactos mecánicos, humedad, radiación solar y agentes atmosféricos.

Todos los cuadros y dispositivos situados en el exterior estarán fabricados en materiales adecuados para instalación a la intemperie y correctamente anclados, asegurando su accesibilidad para tareas de explotación, mantenimiento e inspección, sin comprometer la seguridad de las personas ni la integridad de la instalación.

Asimismo, se ha verificado la compatibilidad de las protecciones con el poder de cortocircuito disponible en el punto de conexión, aspecto que queda reflejado en los esquemas unifilares correspondientes, garantizando una correcta coordinación entre las protecciones aguas arriba y aguas abajo de cada inversor.

Debe destacarse igualmente que los inversores seleccionados incorporan protecciones internas frente a sobrecargas, sobretensiones y funcionamiento anómalo, lo que permite una adecuada coordinación entre las protecciones internas del equipo y las protecciones externas de la instalación, evitando disparos intempestivos y garantizando la continuidad del servicio.

Por todo ello, y atendiendo a la complejidad y casuística particular de cada emplazamiento, la definición detallada de las protecciones de corriente alterna se considera correctamente desarrollada y justificada mediante su representación gráfica en los esquemas unifilares del proyecto y su concreción económica en el presupuesto, constituyendo ambos documentos la referencia principal para la correcta ejecución material de la instalación.

Esta metodología garantiza el cumplimiento normativo, la seguridad de las personas y de los equipos, y una adecuada coordinación de protecciones en todas las instalaciones solares fotovoltaicas objeto del presente Proyecto de Ejecución.

17.4.6 Protección Contra sobre intensidades y sobretensiones permanentes y transitorias

Para cumplir con la ITC-BT-23, las instalaciones incorporarán dispositivos de protección contra sobretensiones permanentes y transitorias en el lado de corriente alterna, de Clase II, tipo 3P+N, conforme a la norma UNE-EN 61643-11.

Estos dispositivos protegerán frente a:

- Sobretensiones transitorias debidas a descargas atmosféricas indirectas o maniobras de red.
- Sobretensiones permanentes causadas por desequilibrios de fase o rotura de neutro.
- Los DPS dispondrán de:
 - Protección térmica interna.
 - Indicadores visuales de estado.
 - Cartuchos reemplazables.

17.4.7 Selección de las Protecciones Contra sobre intensidades y sobretensiones permanentes y transitorias

La protección de las instalaciones solares fotovoltaicas frente a sobreintensidades y sobretensiones, tanto permanentes como transitorias, constituye un aspecto esencial para garantizar la seguridad de las personas, la integridad de los equipos y la continuidad del servicio eléctrico. En el presente proyecto, el criterio de selección de dichas protecciones se ha definido de forma coherente con la normativa vigente, las características eléctricas de cada instalación y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

La protección contra sobreintensidades se diseña conforme a lo establecido en las ITC-BT-22, ITC-BT-24 y la norma UNE-HD 60364-4-43, asegurando que todos los conductores queden protegidos frente a sobrecargas y cortocircuitos, y que los dispositivos de protección presenten un poder de corte adecuado al nivel de cortocircuito previsto en cada punto de la instalación.

Por su parte, la protección contra sobretensiones permanentes y transitorias se proyecta de acuerdo con la ITC-BT-23 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, la norma UNE-HD 60364-7-712 específica para instalaciones fotovoltaicas y la norma UNE-EN 61643-31, que regula los requisitos y métodos de ensayo de los dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) en sistemas fotovoltaicos.

El criterio adoptado en el presente proyecto distingue el tipo de protección en función de:

- La intensidad nominal del circuito.
- El tipo de circuito (strings fotovoltaicos, líneas de evacuación, alimentación de inversores).
- El nivel de cortocircuito en el punto de instalación.
- La necesidad de maniobra y mantenimiento durante la explotación de la instalación.
- Las prescripciones del fabricante de los equipos de protección y de los inversores.

En este sentido, y como criterio técnico de diseño, se establece lo siguiente:

- En líneas principales de corriente alterna, alimentaciones a inversores y circuitos con intensidades nominales elevadas, se emplean interruptores automáticos magnetotérmicos, por su capacidad de maniobra, facilidad de rearme, correcta coordinación con diferenciales y dispositivos de protección contra sobretensiones, y por facilitar las tareas de mantenimiento y explotación de la instalación.
- En circuitos de menor intensidad, tales como la protección de strings fotovoltaicos o determinadas líneas auxiliares, se emplean fusibles, al tratarse de dispositivos con elevada capacidad de corte, alta fiabilidad y una selectividad sencilla, especialmente adecuados en instalaciones fotovoltaicas.

Este criterio no responde a un umbral rígido de intensidad, sino a un análisis técnico del conjunto de la instalación, permitiendo optimizar la protección de cada circuito de acuerdo con sus características eléctricas y funcionales.

Para la protección frente a sobretensiones se disponen dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) de tipo adecuado, tanto en corriente continua como en corriente alterna, con el objetivo de proteger los inversores, equipos electrónicos y la instalación interior frente a:

- Sobretensiones transitorias, originadas principalmente por descargas atmosféricas directas o indirectas y maniobras en la red eléctrica.
- Sobretensiones permanentes, derivadas de desequilibrios de tensión, defectos en el neutro o anomalías prolongadas en la red de suministro.

Los DPS seleccionados cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 61643-31 y se instalan conforme a lo indicado en la UNE-HD 60364-7-712. Cada dispositivo de protección contra sobretensiones dispone de una protección asociada aguas arriba, mediante fusible o interruptor automático, de acuerdo con las especificaciones del fabricante del DPS y garantizando una correcta coordinación y selectividad.

En todos los casos, la protección contra sobretensiones se ha dimensionado teniendo en cuenta el nivel de protección (Up) requerido por los equipos a proteger, asegurando que dicho valor sea inferior a la tensión soportada por los inversores y demás componentes sensibles de la instalación.

- El diseño y selección de todas las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones queda perfectamente reflejado en los esquemas unifilares incluidos en la documentación gráfica del proyecto, donde se detallan de forma explícita:
- El tipo de dispositivo de protección instalado en cada circuito.
- Su intensidad nominal y poder de corte.
- Su posición relativa dentro de la instalación.
- La coordinación entre protecciones.

Asimismo, los dispositivos de protección seleccionados se encuentran desglosados y valorados en las partidas correspondientes del presupuesto, garantizando la coherencia entre la memoria descriptiva, la documentación gráfica y la valoración económica de la instalación.

De este modo, el presente proyecto asegura que las soluciones adoptadas no solo cumplen con la normativa técnica aplicable, sino que responden a criterios de seguridad, fiabilidad, facilidad de mantenimiento y correcta explotación de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas.

17.5 Canalizaciones.

17.5.1.1 Canalizaciones Corriente Continua (CC)

Las canalizaciones de CC se ejecutarán conforme a la AENOR EA 0038 y la UNE-EN 61537, diferenciando:

- Tramos entre módulos: guiados bajo estructura, fijados mediante bridas resistentes a UV, evitando aristas y esfuerzos mecánicos.
- Tramos hasta inversores: mediante bandeja metálica tipo rejilla, galvanizada en caliente, apta para exteriores.

17.5.1.2 Selección de las Canalizaciones de Corriente Continua (CC)

La selección y ejecución de las canalizaciones eléctricas asociadas a las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se ha realizado atendiendo a los criterios de seguridad, durabilidad, accesibilidad y correcta disipación térmica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), y en particular con las ITC-BT-20, ITC-BT-21 y ITC-BT-26, así como con las normas UNE de aplicación.

Con el fin de unificar criterios constructivos y facilitar las labores de montaje, mantenimiento e inspección, se adoptan soluciones diferenciadas en función de si las canalizaciones discurren por zonas exteriores o zonas interiores de los edificios, siendo estas comunes a todas las instalaciones objeto del presente proyecto.

17.5.1.2.1 Canalizaciones en instalaciones exteriores

En todos aquellos tramos de canalización situados en el exterior de los edificios, incluyendo cubiertas, patios técnicos, zonas descubiertas o recorridos expuestos a la intemperie, se emplearán bandejas portacables metálicas tipo rejiband, con las siguientes características generales:

- Dimensiones nominales: 100 × 100 mm.
- Material: acero galvanizado en caliente, adecuado para ambientes exteriores y condiciones climáticas adversas.
- Cumplimiento de la norma UNE-EN 61537, relativa a sistemas de bandejas portacables.
- Adecuada resistencia mecánica y protección frente a la corrosión.

Las bandejas se instalarán correctamente ancladas a los paramentos o estructuras portantes, garantizando la continuidad mecánica y eléctrica entre tramos, así como la correcta fijación de los conductores, evitando esfuerzos indebidos, rozamientos o radios de curvatura inferiores a los admisibles.

En aquellos casos en los que las canalizaciones exteriores alojen conductores de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA), se garantizará la compatibilidad de los materiales con el tipo de cable instalado, así como la correcta segregación de circuitos cuando resulte necesario.

17.5.1.2.2 *Canalizaciones en instalaciones interiores*

En los tramos de canalización que discurran por el interior de los edificios, tales como cuartos técnicos, salas eléctricas, falsos techos, patinillos o recorridos interiores hasta cuadros generales o cuadros de vertido, se emplearán bandejas portacables de material plástico (PVC), con las siguientes características:

- Dimensiones nominales: 100 × 100 mm.
- Material autoextinguible, no propagador de la llama y adecuado para instalaciones interiores.
- Cumplimiento de la normativa UNE aplicable y de las prescripciones de la ITC-BT-20.

Estas bandejas permitirán una correcta ordenación del cableado, facilitarán el mantenimiento futuro de la instalación y garantizarán un nivel adecuado de seguridad frente a contactos indirectos y propagación de incendios en el interior de los edificios.

17.5.1.2.3 *Criterios generales de instalación*

En todos los casos, tanto en canalizaciones exteriores como interiores, se cumplirán los siguientes criterios generales:

- Las canalizaciones se dimensionarán de forma que permitan una ocupación adecuada, evitando sobrellenados y facilitando la disipación térmica de los conductores.
- Se garantizará la correcta identificación de los circuitos, especialmente en tramos compartidos.
- Las bandejas metálicas exteriores quedarán correctamente conectadas al sistema de puesta a tierra.
- La ejecución se realizará conforme a los esquemas unifilares y planos de detalle del proyecto, quedando su definición gráfica y su valoración económica reflejadas en la documentación gráfica y en el presupuesto.

Con esta solución se garantiza una ejecución ordenada, segura y duradera de las canalizaciones eléctricas, adaptada a las condiciones específicas de cada emplazamiento y plenamente compatible con las exigencias normativas aplicables a las instalaciones solares fotovoltaicas en edificios de pública concurrencia.

17.5.1.3 *Canalizaciones Corriente Alterna CA*

Las canalizaciones de CA cumplirán la ITC-BT-20 e ITC-BT-21, utilizándose:

- Bandejas con tapa en tramos vistos.
- Tubos adecuados en tramos verticales o empotrados, conforme a Tablas 12 y 13 del REBT

17.5.1.3.1 *Selección de las Canalizaciones de Corriente Alterna CA*

Las canalizaciones correspondientes a la parte de corriente alterna (CA) de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se ejecutarán de forma independiente y claramente diferenciada respecto a las canalizaciones de corriente continua, garantizando en todo momento la seguridad, accesibilidad y correcta disipación térmica de los conductores.

La selección de las canalizaciones de CA se ha realizado conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), y en particular de acuerdo con las prescripciones de las ITC-BT-20 e ITC-BT-21, así como con las normas UNE de aplicación.

17.5.1.3.2 Tipo de canalización

En todos los emplazamientos incluidos en el presente proyecto, las canalizaciones de corriente alterna se realizarán mediante canaleta portacables de material plástico (PVC), con las siguientes características generales:

- Dimensiones nominales: 200x100 mm.
- Material: PVC autoextinguible, no propagador de la llama.
- Adecuada para instalaciones interiores y recorridos protegidos.
- Cumplimiento de la normativa UNE aplicable y de las exigencias del REBT.

Este tipo de canalización permite una correcta ordenación de los conductores de potencia y protección, facilita el mantenimiento futuro de la instalación y garantiza un nivel adecuado de seguridad frente a contactos indirectos y riesgo de incendio.

17.5.1.3.3 Criterios de ejecución

Las canaletas de PVC se instalarán fijadas a paramentos verticales u horizontales mediante sistemas de anclaje adecuados, garantizando la estabilidad mecánica y la continuidad del trazado.

Durante la ejecución se cumplirán los siguientes criterios:

- La ocupación de la canaleta se mantendrá dentro de los límites admisibles, evitando sobrellenados.
- Se respetarán los radios mínimos de curvatura de los conductores.
- Se garantizará la correcta segregación de circuitos cuando resulte necesario.
- Los conductores de protección (PE) se instalarán de forma continua y claramente identificable.

17.5.1.3.4 Integración con el resto de la instalación

Las canalizaciones de corriente alterna conectarán los inversores fotovoltaicos con los cuadros eléctricos correspondientes (cuadros de vertido o cuadros generales de baja tensión), de acuerdo con los esquemas unifilares del proyecto.

La disposición definitiva de las canaletas, su trazado exacto y su fijación quedarán reflejados en la documentación gráfica y valorados en el presupuesto, constituyendo ambos documentos la referencia para la correcta ejecución de los trabajos.

Con esta solución se asegura una instalación ordenada, segura y conforme a normativa, adaptada a las características de los edificios y coherente con el conjunto del sistema fotovoltaico proyectado.

18 SISTEMAS DE FIJACIÓN, CAPACIDAD PORTANTE Y CRITERIOS ESTRUCTURALES.

El presente Apartado del Proyecto de Ejecución define:

- los criterios generales de fijación de los módulos fotovoltaicos,
- la tipología de sistemas a emplear en función del tipo de cubierta,
- y la viabilidad técnica de la implantación desde un punto de vista preliminar.

La verificación estructural definitiva de las cubiertas y la validación final del sistema de soporte quedan expresamente condicionadas a la realización y aprobación del cálculo estructural previo a la ejecución, el cual formará parte de la documentación técnica necesaria para el inicio de las obras.

El diseño de los sistemas de fijación de los módulos fotovoltaicos incluidos en el presente proyecto se ha realizado atendiendo a criterios de seguridad estructural, durabilidad y compatibilidad con las cubiertas existentes, conforme a la normativa técnica vigente y a la información facilitada por la propiedad de los edificios objeto de actuación.

En particular, el dimensionamiento preliminar de las soluciones de fijación se ha basado en los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), y de manera específica en el Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación (DB SE-AE), que regula las acciones a considerar en el cálculo estructural de los edificios, incluyendo:

- cargas permanentes,
- sobrecargas de uso,
- acciones debidas al viento,
- acciones climáticas y efectos derivados de la acumulación de agua.

Asimismo, se han tenido en cuenta las prescripciones generales del Documento Básico de Seguridad Estructural – Acero (DB SE-A) y, cuando procede, las recomendaciones técnicas habituales de los fabricantes de sistemas de fijación fotovoltaica homologados para instalación en cubierta.

18.1 Capacidad portante de las cubiertas

La capacidad portante admisible de las cubiertas, establecida en 600 kg/m², ha sido facilitada expresamente por la propiedad, y se considera como dato de partida para la redacción del presente proyecto. Dicho valor se adopta como hipótesis general para la evaluación preliminar de la viabilidad estructural de la instalación fotovoltaica en los distintos emplazamientos.

Con base en este valor, se ha verificado que las cargas introducidas por los módulos fotovoltaicos, las estructuras de soporte y, en su caso, los sistemas de lastrado, se sitúan dentro de rangos habituales muy inferiores a la capacidad admisible indicada, incluso considerando hipótesis desfavorables de carga combinada.

No obstante, debe indicarse expresamente que el presente proyecto no sustituye al cálculo estructural definitivo de la cubierta, ni a la verificación detallada de las condiciones resistentes reales de cada edificio.

18.1.1 Obligatoriedad de cálculo estructural previo a la ejecución

Con carácter previo al inicio de los trabajos de montaje, será imperativo disponer de un cálculo estructural específico y actualizado, que deberá contemplar de forma detallada la sobrecarga introducida por la instalación fotovoltaica proyectada.

Dicho cálculo deberá:

- verificar la capacidad resistente real de la cubierta existente,
- comprobar la compatibilidad del sistema de fijación seleccionado con la estructura portante,
- justificar las acciones combinadas de acuerdo con el DB SE-AE,
- y confirmar que no se superan los valores límite admisibles para la estructura.

En particular, en el caso de cubiertas planas, el cálculo deberá considerar de forma expresa:

- la carga permanente de los módulos y estructuras,
- el peso adicional de los lastres de hormigón necesarios para garantizar la estabilidad frente a la acción del viento,
- la sobrecarga de uso correspondiente a cubiertas transitables o no transitables, según proceda,
- y las situaciones desfavorables de acumulación de agua de lluvia, conforme a lo establecido en el DB SE-AE.

Este cálculo estructural deberá ser redactado y firmado por técnico competente, o bien aportado por el fabricante del sistema de fijación, siempre que incluya una justificación válida para las condiciones específicas de cada emplazamiento el cual debe de incluir una justificación válida y específica para la cubierta concreta y las acciones reales del emplazamiento.

18.2 Proceso de montaje del sistema de fijación. Criterios Generales.

18.2.1 Proceso de montaje del sistema de fijación de módulos fotovoltaicos

18.2.1.1 Criterios generales de ejecución

El montaje de los sistemas de fijación de los módulos fotovoltaicos incluidos en el presente proyecto se realizará conforme a criterios técnicos homogéneos, independientemente del edificio concreto, garantizando en todos los casos la seguridad estructural, la durabilidad de la instalación y la compatibilidad con las cubiertas existentes.

Los sistemas de fijación se seleccionan en función de la tipología de cubierta, diferenciándose tres soluciones principales:

- Sistemas lastrados sobre cubierta plana.
- Sistemas coplanares sobre cubierta de panel sándwich metálico.
- Sistemas coplanares sobre cubierta de teja.

En todos los casos, la ejecución se ajustará a las prescripciones del fabricante del sistema de fijación homologado, a la normativa técnica vigente y a los resultados del cálculo estructural definitivo previo a la ejecución.

18.2.1.2 Principios generales de diseño y montaje

Con carácter general, todos los sistemas de fijación cumplirán los siguientes principios:

- Reparto homogéneo de cargas sobre la superficie de la cubierta, evitando concentraciones puntuales que puedan generar esfuerzos no previstos.
- Compatibilidad con la estructura existente, sin comprometer la estanqueidad, la durabilidad ni la capacidad portante de la cubierta.
- Respeto de las pendientes, drenajes y elementos singulares, manteniendo libres los puntos de evacuación de aguas pluviales y permitiendo el mantenimiento de la cubierta.
- Consideración de dilataciones térmicas, tanto de la estructura portante como de los módulos fotovoltaicos.
- Accesibilidad para mantenimiento, permitiendo inspecciones visuales y operaciones básicas sin desmontajes innecesarios.

En los sistemas lastrados se priorizará la no perforación de la cubierta, mientras que en los sistemas coplanares se emplearán anclajes mecánicos controlados, sellados y verificados

18.2.1.3 Tipologías de sistemas contemplados

18.2.1.3.1 Sistemas lastrados sobre cubierta plana

En cubiertas planas se emplearán estructuras portantes específicamente diseñadas para sistemas lastrados, apoyadas directamente sobre la superficie de la cubierta mediante elementos de reparto de cargas.

Las características generales de estos sistemas son:

- Ausencia de perforaciones en la impermeabilización.
- Estabilidad frente a acciones de viento garantizada mediante lastres de hormigón.
- Incluciones reducidas, acordes a la geometría de la cubierta y a los criterios aerodinámicos.
- Compatibilidad con cubiertas con peto perimetral.

El peso total del sistema (estructura + módulos + lastres) se ajustará a los límites admisibles de la cubierta, quedando su verificación condicionada al cálculo estructural previo.

18.2.1.3.2 Sistemas coplanares sobre panel sándwich metálico

En cubiertas de panel sándwich metálico, los módulos se instalarán en configuración coplanar mediante sistemas de anclaje mecánico a la greca del panel o a correas estructurales, según el sistema homologado seleccionado.

Las fijaciones garantizarán:

- Transmisión directa de cargas a la estructura resistente.
- Estanqueidad del cerramiento mediante juntas y sellados adecuados.
- Mantenimiento de la pendiente original de la cubierta.

18.2.1.3.3 Sistemas coplanares sobre cubierta de teja

En cubiertas de teja, los sistemas de fijación se realizarán mediante ganchos estructurales específicos, anclados a los elementos resistentes del forjado o a la estructura de soporte bajo teja.

Se garantizará en todo momento:

- La reposición correcta de las tejas.
- La estanqueidad del conjunto.
- La compatibilidad con la ventilación natural de la cubierta.

18.2.1.4 Proceso tipo de montaje

El proceso de montaje seguirá, de forma general, las siguientes fases:

- Replanteo previo, definiendo la posición exacta de estructuras, módulos y elementos de fijación conforme a planos y esquemas del proyecto.
- Colocación de la estructura primaria, ya sea mediante apoyos lastrados o anclajes mecánicos, asegurando alineación y nivelación.
- Disposición de lastres o anclajes, según la tipología de cubierta, conforme a los valores definidos en el cálculo estructural.
- Montaje de los módulos fotovoltaicos, fijándolos a la estructura mediante sistemas de sujeción homologados.
- Comprobaciones finales, verificando aprietes, alineación, estabilidad, accesos y compatibilidad con drenajes y elementos de cubierta.

18.2.2 Tabla resumen de criterios por edificio

Esta tabla tendrá carácter descriptivo y servirá de base para el desarrollo posterior por edificio:

Esta tabla tendrá carácter descriptivo y servirá de base para el desarrollo posterior por edificio:

Edificio	Tipo de cubierta	Sistema de fijación	Lastres	Anclajes	Observaciones
CEIP Kukullaga	Plana	Lastrado	Sí	No	Cubierta con peto
Ayuntamiento	Plana	Lastrado	Sí	No	Cubierta con peto
CIME	Plana / Teja	Lastrado / Coplanar	Sí / No	No / Sí	Doble tipología
Frontón	Panel sándwich	Coplanar	No	Sí	Cubierta metálica
Haurreskola	Plana	Lastrado	Sí	No	Cubierta con peto
Bekosolo					
CEIP San Antonio	Plana / Panel / Teja	Mixto	Sí / No	Sí	Tres zonas diferenciadas

18.3 Seguridad Estructural.

El presente apartado establece los criterios generales de seguridad estructural, así como las bases de cálculo y verificaciones que servirán de referencia para el análisis estructural de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas en los distintos edificios objeto del presente Proyecto de Ejecución.

Los criterios aquí definidos tienen carácter general y preliminar, y resultan de aplicación común a todos los emplazamientos, con independencia del tipo de cubierta o sistema de fijación empleado. El desarrollo numérico y la comprobación detallada se realizará posteriormente de forma individualizada para cada edificio, conforme a lo indicado en el apartado 18.3.1 y siguientes.

La viabilidad estructural definitiva de las instalaciones fotovoltaicas quedará en todo caso condicionada a la redacción, presentación y validación de un cálculo estructural específico previo a la ejecución, tal y como se indica expresamente en el presente proyecto.

18.3.1 Normativa y documentos de referencia para el cálculo estructural

Las comprobaciones estructurales asociadas a los sistemas de fijación de los módulos fotovoltaicos se realizarán conforme a la normativa técnica vigente, y en particular a los siguientes documentos:

- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006 y posteriores modificaciones.
- Documento Básico DB SE – Seguridad Estructural.
- Documento Básico DB SE-AE – Acciones en la Edificación.
- Documento Básico DB SE-A – Acero (cuando proceda).
- UNE-EN 1990: Bases de cálculo estructural.
- UNE-EN 1991-1-1: Acciones generales – Pesos propios y sobrecargas de uso.
- UNE-EN 1991-1-3: Acciones generales – Nieve.
- UNE-EN 1991-1-4: Acciones generales – Viento.
- Documentación técnica y guías de cálculo de los fabricantes de los sistemas de fijación fotovoltaica homologados.
- Prescripciones particulares de la propiedad y condiciones específicas de cada edificio

18.3.2 Hipótesis generales de carga

Para el análisis estructural preliminar de las instalaciones fotovoltaicas se considerarán, como mínimo, las siguientes acciones:

- a) Cargas permanentes (G):
 - Peso propio de los módulos fotovoltaicos.
 - Peso de la estructura de soporte (aluminio o acero).
 - Peso de los elementos auxiliares de fijación.
 - Peso de los sistemas de lastrado, en el caso de cubiertas planas.

- b) Sobrecargas de uso (Q):
 - Sobrecargas reglamentarias de cubierta, según su clasificación como transitable o no transitable.
 - Sobrecargas derivadas de operaciones de mantenimiento.
- c) Acciones climáticas:
 - Acción del viento, incluyendo presión y succión.
 - Acción de la nieve, cuando resulte aplicable.
 - Situaciones desfavorables de acumulación de agua de lluvia en cubiertas planas.

18.3.3 Acción del viento: presión y succión

La acción del viento se evaluará conforme a lo establecido en el DB SE-AE y la UNE-EN 1991-1-4, considerando la velocidad básica del viento correspondiente a la localización, los coeficientes de exposición, forma y presión dinámica.

La presión o succión del viento se obtendrá mediante la expresión gene

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

donde:

- q_b es la presión dinámica básica del viento,
- c_e es el coeficiente de exposición,
- c_p es el coeficiente de presión o succión según la geometría del conjunto.

En instalaciones fotovoltaicas, se prestará especial atención a los efectos de succión, particularmente en:

- cubiertas planas,
- filas perimetrales,
- zonas próximas a petos,
- módulos con inclinación respecto a la horizontal.

La fuerza de succión se calculará como:

$$F_{\text{succión}} = p_{\text{succión}} \cdot A$$

Siendo A la superficie expuesta del conjunto considerado.

18.3.4 Comprobación de estabilidad frente a levantamiento (uplift)

En cubiertas planas con sistemas lastrados, se verificará que el peso total estabilizador del sistema es superior a la fuerza de succión generada por la acción del viento, aplicando los coeficientes parciales de seguridad correspondientes.

La condición de estabilidad vendrá dada por:

$$\sum G \geq \gamma_w \cdot F_{\text{succión}}$$

donde:

- $\sum G$ es el peso total estabilizador (paneles + estructura + lastres),
- γ_w es el coeficiente de seguridad frente a viento.

18.3.5 Comprobación frente a deslizamiento

En sistemas lastrados sobre cubiertas planas, se comprobará igualmente la estabilidad frente a deslizamiento, considerando la posible baja fricción entre el sistema de soporte y la impermeabilización de la cubierta.

La condición general será:

$$\mu \cdot \sum G \geq F_{\text{horizontal}}$$

donde:

- μ es el coeficiente de rozamiento adoptado de forma conservadora,
- $F_{\text{horizontal}}$ es la componente horizontal de la acción del viento.

18.3.6 Comprobación frente a vuelco

Se verificará el equilibrio de momentos frente a vuelco, especialmente en:

- filas más desfavorables,
- zonas perimetrales,
- módulos con mayor inclinación.

La condición general será:

$$M_{\text{estabilizador}} \geq \gamma \cdot M_{\text{vuelco}}$$

Considerando la altura efectiva del centro de presión del viento y las geometrías reales del sistema

18.3.7 Distribución de cargas sobre la cubierta

El sistema de fijación garantizará una distribución homogénea de las cargas transmitidas a la cubierta, evitando concentraciones puntuales que puedan comprometer la impermeabilización o la estructura portante.

La tensión transmitida a la cubierta deberá cumplir:

$$\sigma = \frac{P}{A_{apoyo}} \leq \sigma_{adm}$$

Donde:

- P es la carga aplicada,
- A_{apoyo} es la superficie efectiva de reparto,
- σ_{adm} es la tensión admisible de la cubierta.

18.3.8 Combinaciones de acciones desfavorables

El cálculo estructural definitivo considerará las combinaciones de acciones más desfavorables para instalaciones fotovoltaicas en cubierta, incluyendo, entre otras:

- peso propio + viento,
- peso propio + viento + acumulación de agua,
- peso propio + nieve,
- situaciones transitorias de mantenimiento.

Las combinaciones se establecerán conforme a la UNE-EN 1990 y al DB SE-AE.

18.3.9 Límite de carga admisible facilitado por la propiedad

La propiedad ha establecido una capacidad portante admisible de 600 kg/m² para las cubiertas objeto de actuación. Este valor se adopta como hipótesis de partida para la evaluación preliminar de la viabilidad estructural.

En ningún caso se permitirá que la suma de acciones permanentes y variables supere dicho valor:

$$G+Q+S+A \leq 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.10 Carácter previo y condicionante del cálculo estructural definitivo

El presente apartado define únicamente los criterios generales y las bases de cálculo. Los valores definitivos de cargas, coeficientes, lastres y configuraciones estructurales deberán determinarse mediante un cálculo estructural específico, previo a la ejecución, redactado y firmado por técnico competente o aportado por el fabricante del sistema de fijación, siempre que resulte válido para las condiciones reales de cada edificio.

Dicho cálculo estructural formará parte de la documentación técnica necesaria para el inicio de las obras y será condición indispensable para la ejecución de las instalaciones fotovoltaicas proyectadas

18.3.11 Criterio general de desarrollo de los cálculos estructurales por emplazamiento

De acuerdo con los criterios generales de seguridad estructural y bases de cálculo definidos en el apartado 18.2, el análisis estructural de las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se desarrollará de forma individualizada para cada uno de los edificios objeto del presente proyecto, atendiendo a las particularidades constructivas, tipología de cubierta y sistema de fijación previsto en cada caso.

A tal efecto, en los apartados siguientes se realiza el desarrollo específico de los cálculos estructurales por emplazamiento, considerando, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Tipología de cubierta:
 - cubierta plana con sistema lastrado,
 - cubierta inclinada con sistema coplanar sobre panel sándwich,
 - cubierta inclinada con sistema coplanar sobre teja,
 - o combinaciones de las anteriores dentro de un mismo edificio.
- Sistema de fijación adoptado:
 - estructura lastrada sin perforación de la impermeabilización,
 - estructura coplanar anclada mecánicamente a la estructura portante.
- Acciones consideradas:
 - cargas permanentes (módulos, estructura, lastres),
 - sobrecargas de uso de la cubierta,
 - acciones de viento (presión y succión),
 - acciones climáticas (nieve y acumulación de agua, cuando proceda),
 - combinaciones desfavorables de acciones conforme al DB SE-AE.
- Comprobaciones estructurales realizadas:
 - verificación de la estabilidad frente a levantamiento por succión del viento,
 - comprobación frente a deslizamiento,
 - comprobación frente a vuelco,
 - verificación de tensiones transmitidas a la cubierta,
 - contraste con la carga admisible facilitada por la propiedad (600 kg/m²).

Los cálculos se desarrollan siguiendo los criterios y formulaciones recogidos en el apartado 18.2, aplicando rangos de carga y coeficientes habituales en instalaciones fotovoltaicas sobre cubierta, y adoptando hipótesis conservadoras en los casos más desfavorables.

El resultado de cada análisis permitirá confirmar, de forma preliminar, la viabilidad estructural de la instalación proyectada en cada edificio, quedando en todo caso condicionada su ejecución a la posterior redacción y validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, conforme a lo indicado en el apartado 18.1.1 del presente proyecto.

18.3.11.1 CEIP Kukullaga

18.3.11.1.1 Descripción estructural del emplazamiento

El edificio correspondiente al CEIP Kukullaga dispone de una cubierta plana transitable, delimitada perimetralmente por un peto de altura aproximada 1,10 m, lo que reduce parcialmente la acción directa del viento sobre la superficie de los módulos.

La instalación fotovoltaica se proyecta mediante un sistema lastrado, sin perforación de la impermeabilización existente, apoyado sobre la cubierta mediante elementos de reparto de carga.

La potencia instalada se materializa mediante:

- 110 módulos fotovoltaicos
- Tecnología monocristalina
- Potencia unitaria: 550 W
- Marca y Modelo: JA SOLAR JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
- Superficie unitaria aproximada: 2,23 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.1.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Para el análisis estructural preliminar se adoptan las siguientes hipótesis, de acuerdo con DB SE-AE:

- Capacidad portante admisible de la cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)
- Tipo de cubierta:
 - Cubierta plana
- Sistema de fijación:
 - Estructura lastrada con bloques de hormigón
- Coeficientes parciales:
 - Conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1990

El cálculo se realiza considerando la situación más desfavorable, combinando peso propio, lastres y acción del viento

18.3.11.1.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 110 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 110 \times 31,8 = 3.498 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 110 \times 2,23 = 245,3 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 3.498,0 / 245,30 = 14,26 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura metálica
 - Peso estimado: 6–8 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 8 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de los lastres de hormigón (El peso del lastrado se determinará en función de la acción del viento)
 - Como hipótesis preliminar, se adopta un rango típico: Lastre medio: 40–60 kg/m²

$$g_{\text{lastre}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{\text{total}} = 14,26 + 8 + 60 = 82,26 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.1.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Para cubiertas planas no destinadas a uso habitual, según DB SE-AE:

$$q_{\text{uso}} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.1.2.3 Acción del viento – Succión

La acción del viento se evalúa conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

Hipótesis conservadora para cubiertas planas con peto:

- Presión dinámica de referencia:
 - $q_b \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$

- Coeficiente de succión global adoptado:

- $c_p = -1,2$

$$P_{succión} = q_b \cdot c_p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{succión} = 60 \text{ kN/m}^2$$

18.3.11.1.2.4 Comprobación frente a levantamiento

Condición de estabilidad:

$$G \geq F_{succión}$$

$$G = 82,26 \text{ kg/m}^2$$

$$82,26 \geq 60$$

Incluso sin considerar la sobrecarga de uso, la instalación resulta estable frente a succión.

18.3.11.1.2.5 Comprobación frente a deslizamiento

Coeficiente de rozamiento conservador:

$$\mu = 0,4$$

$$\mu \cdot G = 0,4 \times 82,26 = 32,9 \text{ kg/m}^2$$

La componente horizontal del viento en cubiertas con peto es sensiblemente inferior al valor de succión, por lo que la condición de deslizamiento se considera satisfecha.

18.3.11.1.2.6 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 82,26 + 100 = 182,26 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$182,26 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.1.3 Conclusión para el CEIP Kukullaga

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- La carga total introducida por la instalación fotovoltaica es muy inferior a la capacidad portante facilitada por la propiedad.
- El sistema lastrado garantiza la estabilidad frente a:
 - levantamiento por succión,
 - deslizamiento,
 - vuelco.
- No se prevé afección estructural ni necesidad de refuerzo estructural.

La instalación resulta estructuralmente viable, quedando condicionada su ejecución a la validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, conforme a lo indicado en el presente proyecto.

18.3.11.2 Ayuntamiento

18.3.11.2.1 Descripción estructural del emplazamiento

El edificio del Ayuntamiento dispone de una cubierta plana, delimitada perimetralmente por un peto de altura aproximada 1,00 m, lo que proporciona una protección parcial frente a la acción directa del viento y reduce los efectos de succión en las zonas centrales de la cubierta.

La instalación solar fotovoltaica se proyecta mediante un sistema lastrado, sin perforación de la impermeabilización existente, apoyado sobre la cubierta mediante elementos de reparto de carga, garantizando la integridad de la envolvente y la correcta evacuación de aguas pluviales.

La potencia instalada se materializa mediante:

- 32 módulos fotovoltaicos (
- Tecnología monocristalina
- Potencia unitaria: 390 W
- Marca y Modelo: JA SOLAR DOUBLE GLASS MODULE CELULAS 390W.
- Superficie unitaria aproximada: 2,00 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.2.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Para el análisis estructural preliminar se adoptan las siguientes hipótesis, de acuerdo con DB SE-AE:

- Capacidad portante admisible de la cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)

- Tipo de cubierta:
 - Cubierta plana
- Sistema de fijación:
 - Estructura lastrada con bloques de hormigón
- Coeficientes parciales:
 - Conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1990

El cálculo se realiza considerando la situación más desfavorable, combinando peso propio, lastres y acción del viento

18.3.11.2.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 110 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 32 \times 30,0 = 960 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 32 \times 2 = 64,0 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 960,0 / 64,0 = 15,00 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura metálica
 - Peso estimado: 6–8 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 8 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de los lastres de hormigón (El peso del lastrado se determinará en función de la acción del viento)
 - Como hipótesis preliminar, se adopta un rango típico: Lastre medio: 40–60 kg/m²

$$g_{\text{lastre}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{total} = 15,0 + 8 + 60 = 83,0 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.2.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Para cubiertas planas no destinadas a uso habitual, según DB SE-AE:

$$q_{uso} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.2.2.3 Acción del viento – Succión

La acción del viento se evalúa conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

Hipótesis conservadora para cubiertas planas con peto:

- Presión dinámica de referencia:
 - $q_b \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Coeficiente de succión global adoptado:
 - $c_p = -1,2$

$$P_{succión} = q_b \cdot c_p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{succión} = 60 \text{ kN/m}^2$$

18.3.11.2.2.4 Comprobación frente a levantamiento

Condición de estabilidad:

$$G \geq F_{succión}$$

$$G = 83,00 \text{ kg/m}^2$$

$$83,00 \geq 60$$

Incluso sin considerar la sobrecarga de uso, la instalación resulta estable frente a succión.

18.3.11.2.2.5 Comprobación frente a deslizamiento

Coeficiente de rozamiento conservador:

$$\mu = 0,4$$

$$\mu \cdot G = 0,4 \times 83,00 = 33,20 \text{ kg/m}^2$$

La componente horizontal del viento en cubiertas con peto es sensiblemente inferior al valor de succión, por lo que la condición de deslizamiento se considera satisfecha.

18.3.11.2.2.6 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 83,00 + 100 = 183,00 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$183,00 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.2.3 Conclusión para el Ayuntamiento

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- La carga total introducida por la instalación fotovoltaica es muy inferior a la capacidad portante facilitada por la propiedad.
- El sistema lastrado garantiza la estabilidad frente a:
 - levantamiento por succión,
 - deslizamiento,
 - vuelco.
- No se prevé afección estructural ni necesidad de refuerzo estructural.

La instalación resulta estructuralmente viable, quedando condicionada su ejecución a la validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, conforme a lo indicado en el presente proyecto.

18.3.11.3 CIME

18.3.11.3.1 Descripción estructural del emplazamiento

El edificio CIME presenta una configuración de cubierta mixta, diferenciándose claramente dos zonas estructurales con soluciones de fijación distintas:

- Zona A – Cubierta plana, delimitada por peto perimetral de altura aproximada 1,10 m, sobre la que se dispondrá una parte del generador fotovoltaico mediante sistema lastrado, sin perforación de la impermeabilización.
- Zona B – Cubierta inclinada de teja, sobre la que se instalarán módulos fotovoltaicos en configuración coplanar, mediante anclajes mecánicos a estructura portante.

Esta diferenciación obliga a realizar un análisis estructural separado para cada sistema, manteniendo criterios comunes de seguridad y cumplimiento normativo.

La potencia instalada se materializa mediante:

- Zona A (Cubierta Planta)
 - 32 módulos fotovoltaicos
 - Tecnología monocristalina
 - Potencia unitaria: 550 W
 - Marca y Modelo: JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
 - Superficie unitaria aproximada: 2,23 m²
- Zona B (Cubierta Planta)
 - 14 módulos fotovoltaicos
 - Tecnología monocristalina
 - Potencia unitaria: 720 W
 - Marca y Modelo: JA SOLAR, Mod. JAM DOUBLE GLASS MODULE CELULAS 720W.
 - Superficie unitaria aproximada: 2,60 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.3.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Para el análisis estructural preliminar se adoptan las siguientes hipótesis, de acuerdo con DB SE-AE:

- Capacidad portante admisible de cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)
- Normativa de referencia:
 - CTE DB SE-AE
- Consideración de acciones:
 - Cargas permanentes
 - Sobrecargas de uso
 - Acción del viento

El cálculo se realiza considerando la situación más desfavorable, combinando peso propio, lastres y acción del viento

18.3.11.3.2.1 Zona A – Cubierta plana con sistema lastrado

18.3.11.3.2.1.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 32 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 32 \times 31,80 = 1.017,60 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 32 \times 2,23 = 71,40 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 1.017,60,0 / 71,40 = 14,25 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura metálica
 - Peso estimado: 6–8 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 8 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de los lastres de hormigón (El peso del lastrado se determinará en función de la acción del viento)
 - Como hipótesis preliminar, se adopta un rango típico: Lastre medio: 40–60 kg/m²

$$g_{\text{lastre}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{\text{total}} = 14,25 + 8 + 60 = 82,25 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.3.2.1.2 Sobrecarga de uso (Q)

Para cubiertas planas no destinadas a uso habitual, según DB SE-AE:

$$q_{\text{uso}} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.3.2.1.3 Acción del viento – Succión

La acción del viento se evalúa conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

Hipótesis conservadora para cubiertas planas con peto:

- Presión dinámica de referencia:
 - $q_b \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$

- Coeficiente de succión global adoptado:

- $c_p = -1,2$

$$P_{succión} = q_b \cdot c_p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{succión} = 60 \text{ kN/m}^2$$

18.3.11.3.2.1.4 Comprobación frente a levantamiento

Condición de estabilidad:

$$G \geq F_{succión}$$

$$G = 82,25 \text{ kg/m}^2$$

$$82,25 \geq 60$$

Incluso sin considerar la sobrecarga de uso, la instalación resulta estable frente a succión.

18.3.11.3.3 Comprobación frente a deslizamiento

Coeficiente de rozamiento conservador:

$$\mu = 0,4$$

$$\mu \cdot G = 0,4 \times 82,25 = 32,90 \text{ kg/m}^2$$

La componente horizontal del viento en cubiertas con peto es sensiblemente inferior al valor de succión, por lo que la condición de deslizamiento se considera satisfecha.

18.3.11.3.3.1.1 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 82,25 + 100 = 182,25 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$182,25 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.3.3.2 Zona B – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre teja

Los módulos de 720 W se instalarán en configuración coplanar, mediante estructura de aluminio anclada mecánicamente a la estructura portante de la cubierta inclinada, respetando la pendiente existente y garantizando la estanqueidad mediante sistemas certificados.

18.3.11.3.3.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 38,0 kg
 - Número de módulos: 14 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 14 \times 38,00 = 532,0 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 14 \times 2,60 = 36,40 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 532,0 / 36,40 = 14,62 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura coplanar
 - Peso estimado: 6 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 6 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{\text{total}} = 14,62 + 6 = 20,62 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.3.3.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Cubierta inclinada no transitable

$$q_{\text{uso}} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.3.3.2.3 *Acción del viento*

Las acciones de succión y presión se transmiten a la estructura portante mediante los anclajes mecánicos, los cuales deberán justificarse en el cálculo estructural definitivo del sistema de fijación, conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

18.3.11.3.4 *Conclusión para CIME*

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- Ambas zonas presentan cargas muy inferiores a la capacidad portante admisible.
- El sistema lastrado en cubierta plana garantiza estabilidad frente a viento y deslizamiento.
- El sistema coplanar sobre teja introduce cargas reducidas y compatibles con cubiertas inclinadas convencionales.
- No se prevén refuerzos estructurales.

La ejecución queda condicionada a la presentación y validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, diferenciando ambas zonas de cubierta.

18.3.11.4 *Frontón Municipal*

18.3.11.4.1 *Descripción estructural del emplazamiento*

El edificio Frontón dispone de una cubierta inclinada resuelta mediante panel sándwich metálico, sobre la cual se proyecta la instalación del generador fotovoltaico en configuración coplanar, fijado mecánicamente a la estructura portante del panel.

La solución adoptada evita la introducción de cargas adicionales significativas sobre la cubierta y permite una correcta transmisión de esfuerzos a la estructura resistente del edificio.

La instalación estará compuesta por:

- 116 módulos fotovoltaicos
- Tecnología monocristalina
- Potencia unitaria: 550 W
- Marca y Modelo: JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
- Superficie unitaria aproximada: 2,23 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.4.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Se adoptan las siguientes hipótesis de cálculo:

- Capacidad portante admisible de cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)
- Normativa de referencia:
 - CTE DB SE-AE
 - UNE-EN 1991-1-4 (acciones del viento)
- Consideración de acciones:
 - Cargas permanentes
 - Sobrecargas de uso
 - Acción del viento (presión y succión)

El análisis se realiza con carácter preliminar, quedando supeditado al cálculo estructural definitivo previo a la ejecución.

- El sistema de fijación se basa en:
 - Perfiles de aluminio estructural.
 - Anclajes mecánicos específicos para panel sándwich metálico, fijados a la greca estructural.
 - Elementos de sellado y estanqueidad certificados por el fabricante del sistema.
- Este sistema permite:
 - Transmisión directa de cargas a la estructura portante.
 - Ausencia de lastres.
 - Reducción significativa de cargas permanentes.
 - Mantenimiento de la pendiente original de la cubierta

18.3.11.4.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 116 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 116 \times 31,8 = 3.688,8 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 116 \times 2,23 = 258,70 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 3.688,80,0 / 258,70 = 14.25 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura aluminio
 - Peso estimado: 6 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 6 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.4.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Cubierta no transitable

$$q_{\text{uso}} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.4.2.3 Acción del viento – Succión

En cubiertas inclinadas con sistema coplanar:

- Las acciones de viento se transmiten directamente a la estructura portante.
- La resistencia frente a succión se garantiza mediante los anclajes mecánicos certificados.
- El dimensionado de anclajes se realizará conforme a:
 - UNE-EN 1991-1-4
 - DB SE-AE

El cálculo estructural definitivo deberá justificar:

- Esfuerzos de arrancamiento.
- Cortante en anclajes.
- Compatibilidad con el panel sándwich y la estructura soporte.

18.3.11.4.2.4 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 20,25 + 100 = 120,25 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$120,25 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.4.3 Conclusión para el Frontón Municipal

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- La carga total introducida por la instalación fotovoltaica es muy inferior a la capacidad portante facilitada por la propiedad.
- El sistema coplanar sobre panel sándwich es estructuralmente favorable
- No se requiere lastrado ni refuerzos.
- La cubierta dispone de un amplio margen de seguridad.

La ejecución queda condicionada a la presentación del cálculo estructural definitivo del sistema de anclaje, conforme a la normativa vigente y a las condiciones reales del panel sándwich existente.

18.3.11.5 Haurreskola Bekosolo

18.3.11.5.1 Descripción estructural del emplazamiento

El edificio Haurreskola Bekosolo dispone de una cubierta plana transitable, limitada perimetralmente por un peto continuo de aproximadamente 1,10 m de altura, circunstancia que condiciona favorablemente el comportamiento frente a la acción del viento y la succión.

La instalación fotovoltaica proyectada se ejecutará mediante un sistema lastrado, sin perforación de la impermeabilización existente, garantizando la estanqueidad de la cubierta y la compatibilidad con el uso actual del edificio

La potencia instalada se materializa mediante:

- 96 módulos fotovoltaicos
- Tecnología monocristalina
- Potencia unitaria: 550 W
- Marca y Modelo: JA SOLAR JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
- Superficie unitaria aproximada: 2,23 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.5.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Para el análisis estructural preliminar se adoptan las siguientes hipótesis, de acuerdo con DB SE-AE:

- Capacidad portante admisible de la cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)
- Tipo de cubierta:
 - Cubierta plana

- Sistema de fijación:
 - Estructura lastrada con bloques de hormigón
- Coeficientes parciales:
 - Conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1990

El cálculo se realiza considerando la situación más desfavorable, combinando peso propio, lastres y acción del viento

18.3.11.5.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 96 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 96 \times 31,8 = 3.052,80 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 96 \times 2,23 = 214,10 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 3.052,80 / 214,10 = 14,26 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura metálica
 - Peso estimado: 6–8 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 8 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de los lastres de hormigón (El peso del lastrado se determinará en función de la acción del viento)
 - Como hipótesis preliminar, se adopta un rango típico: Lastre medio: 40–60 kg/m²

$$g_{\text{lastre}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{total} = 14,26 + 8 + 60 = 82,26 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.5.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Para cubiertas planas no destinadas a uso habitual, según DB SE-AE:

$$q_{uso} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.5.2.3 Acción del viento – Succión

La acción del viento se evalúa conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

Hipótesis conservadora para cubiertas planas con peto:

- Presión dinámica de referencia:
 - $q_b \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Coeficiente de succión global adoptado:
 - $c_p = -1,2$

$$P_{succión} = q_b \cdot c_p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{succión} = 60 \text{ kN/m}^2$$

18.3.11.5.2.4 Comprobación frente a levantamiento

Condición de estabilidad:

$$\begin{aligned} G &\geq F_{succión} \\ G &= 82,26 \text{ kg/m}^2 \\ 82,26 &\geq 60 \end{aligned}$$

Incluso sin considerar la sobrecarga de uso, la instalación resulta estable frente a succión.

18.3.11.5.2.5 Comprobación frente a deslizamiento

Coeficiente de rozamiento conservador:

$$\begin{aligned} \mu &= 0,4 \\ \mu \cdot G &= 0,4 \times 82,26 = 32,9 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

La componente horizontal del viento en cubiertas con peto es sensiblemente inferior al valor de succión, por lo que la condición de deslizamiento se considera satisfecha.

18.3.11.5.2.6 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 82,26 + 100 = 182,26 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$182,26 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.5.3 Conclusión para Haurreskola Bekosolo

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- La carga total introducida por la instalación fotovoltaica es muy inferior a la capacidad portante facilitada por la propiedad.
- El sistema lastrado garantiza la estabilidad frente a:
 - levantamiento por succión,
 - deslizamiento,
 - vuelco.
- No se prevé afección estructural ni necesidad de refuerzo estructural.

La instalación resulta estructuralmente viable, quedando condicionada su ejecución a la validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, conforme a lo indicado en el presente proyecto.

18.3.11.6 CEIP San Antonio

18.3.11.6.1 Descripción estructural del emplazamiento

El edificio CEIP San Antonio presenta una configuración mixta de cubiertas, sobre las que se proyecta la instalación solar fotovoltaica, diferenciándose claramente tres zonas de implantación, asociadas a tres inversores independientes:

- Cubierta coplanar sobre panel sándwich metálico
- Cubierta coplanar sobre cubierta de teja
- Cubierta plana, con peto perimetral aproximado de 1,10 m, en la que será necesario disponer sistema lastrado.

Esta diversidad tipológica obliga a aplicar criterios estructurales diferenciados, adaptando el sistema de fijación a cada tipo de cubierta, manteniendo en todos los casos los principios de seguridad estructural, durabilidad y compatibilidad con el soporte existente.

La instalación fotovoltaica se compone de:

La potencia instalada se materializa mediante:

- 32 módulos fotovoltaicos
 - 118 módulos sobre cubierta coplanar panel sándwich.
 - 24 módulos sobre cubierta coplanar de teja.
 - 39 módulos sobre cubierta plana lastrada.
- Potencia unitaria: 550 W
- Marca y Modelo: JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
- Superficie unitaria aproximada: 2,23 m²

La disposición de los módulos se realizará sobre estructura inclinada, con inclinación nominal de 15°, orientada para maximizar la captación solar y manteniendo separaciones adecuadas para drenaje y mantenimiento.

18.3.11.6.2 Hipótesis de cálculo adoptadas

Para el análisis estructural preliminar se adoptan las siguientes hipótesis, de acuerdo con DB SE-AE:

- Capacidad portante admisible de cubierta:
 - 600 kg/m² (dato facilitado por la propiedad)
- Normativa de referencia:
 - CTE DB SE-AE
- Consideración de acciones:
 - Cargas permanentes
 - Sobrecargas de uso
 - Acción del viento

El cálculo se realiza considerando la situación más desfavorable, combinando peso propio, lastres y acción del viento

18.3.11.6.3 Sistema de fijación según tipología de cubierta

- a) Cubierta coplanar sobre panel sándwich metálico
 - Los módulos se fijarán mediante:
 - Estructura coplanar de aluminio.
 - Anclajes mecánicos certificados al panel sándwich.
 - Reparto de cargas sobre correas portantes.

Este sistema transmite las cargas directamente a la estructura portante del edificio, sin necesidad de lastres.

- b) Cubierta coplanar sobre teja
 - La fijación se realizará mediante:
 - Ganchos específicos para teja cerámica.

- Anclaje directo a estructura portante.
- Reposición de tejas para garantizar estanqueidad.

Se asegura la compatibilidad con la impermeabilización y la evacuación de aguas.

- c) Cubierta plana lastrada
 - Para la zona de cubierta plana:
 - Estructura portante de aluminio.
 - Sistema de lastrado con bloques de hormigón.
 - Ausencia de perforaciones en la lámina impermeable.
 - Aprovechamiento del peto perimetral para reducción de succión de viento.

18.3.11.6.3.1 Zona A – Cubierta plana con sistema lastrado

18.3.11.6.3.1.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,8 kg
 - Número de módulos: 39 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 39 \times 31,80 = 1.240,20 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 32 \times 2,23 = 86,97 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 1.240,20 / 86,97 = 14,26 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura metálica
 - Peso estimado: 6–8 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 8 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de los lastres de hormigón (El peso del lastrado se determinará en función de la acción del viento)
 - Como hipótesis preliminar, se adopta un rango típico: Lastre medio: 40–60 kg/m²

$$g_{\text{lastre}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{total} = 14,26 + 8 + 60 = 82,26 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.3.1.2 Sobrecarga de uso (Q)

Para cubiertas planas no destinadas a uso habitual, según DB SE-AE:

$$q_{uso} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.3.1.3 Acción del viento – Succión

La acción del viento se evalúa conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

Hipótesis conservadora para cubiertas planas con peto:

- Presión dinámica de referencia:
 - $q_b \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Coeficiente de succión global adoptado:
 - $c_p = -1,2$

$$P_{succión} = q_b \cdot c_p = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{succión} = 60 \text{ kN/m}^2$$

18.3.11.6.3.1.4 Comprobación frente a levantamiento

Condición de estabilidad:

$$G \geq F_{succión}$$

$$G = 82,26 \text{ kg/m}^2$$

$$82,26 \geq 60$$

Incluso sin considerar la sobrecarga de uso, la instalación resulta estable frente a succión.

18.3.11.6.4 Comprobación frente a deslizamiento

Coeficiente de rozamiento conservador:

$$\mu = 0,4$$

$$\mu \cdot G = 0,4 \times 82,26 = 32,90 \text{ kg/m}^2$$

La componente horizontal del viento en cubiertas con peto es sensiblemente inferior al valor de succión, por lo que la condición de deslizamiento se considera satisfecha.

18.3.11.6.4.1.1 Comprobación de carga total sobre la cubierta

Combinación desfavorable:

$$G + Q = 82,26 + 100 = 182,26 \text{ kg/m}^2$$

Comparación con capacidad admisible:

$$182,26 \ll 600 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.4.2 Zona B – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre panel sándwich

18.3.11.6.4.2.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,80 kg
 - Número de módulos: 118 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 118 \times 31,80 = 3.752,40 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 118 \times 2,23 = 263,14 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 3.752,40,0 / 263,14 = 14,26 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura coplanar
 - Peso estimado: 6 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 6 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{\text{total}} = 14,62 + 6 = 20,62 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.4.2.2 Sobrecarga de uso (Q)

Cubierta inclinada no transitable

$$q_{uso} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.4.2.3 Acción del viento

Las acciones de succión y presión se transmiten a la estructura portante mediante los anclajes mecánicos, los cuales deberán justificarse en el cálculo estructural definitivo del sistema de fijación, conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

18.3.11.6.4.3 Zona C – Cubierta inclinada con sistema coplanar sobre teja

18.3.11.6.4.3.1 Cargas permanentes (G)

- a) Peso de los módulos fotovoltaicos
 - Peso unitario del módulo: 31,80 kg
 - Número de módulos: 24 uds

Aplicando las Fórmulas

$$G_{\text{módulos}} = 24 \times 31,80 = 763,20 \text{ kg}$$

Superficie ocupada aproximada:

$$A = 24 \times 2,23 = 53,52 \text{ m}^2$$

Carga por superficie

$$g_{\text{módulos}} = 763,20 / 53,52 = 14,54 \text{ kg/m}^2$$

- Peso de la estructura coplanar
 - Peso estimado: 6 kg/m²

$$g_{\text{estructura}} = 6 \text{ kg/m}^2$$

- Carga permanente total

$$g_{\text{total}} = 14,54 + 6 = 20,54 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.4.3.2 Sobrecarga de uso (Q)

Cubierta inclinada no transitable

$$q_{uso} = 1,00 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

18.3.11.6.4.3.3 Acción del viento

Las acciones de succión y presión se transmiten a la estructura portante mediante los anclajes mecánicos, los cuales deberán justificarse en el cálculo estructural definitivo del sistema de fijación, conforme a DB SE-AE y UNE-EN 1991-1-4.

18.3.11.6.5 Conclusión para CEIP San Antonio

Del análisis preliminar realizado se concluye que:

- as tres zonas presentan cargas muy inferiores a la capacidad portante admisible de 600 kg/m².
- El sistema lastrado en cubierta plana garantiza estabilidad frente a viento y deslizamiento.
- El sistema coplanar sobre teja introduce cargas reducidas y compatibles con cubiertas inclinadas convencionales.
- No se prevén refuerzos estructurales.

La ejecución queda condicionada a la presentación y validación del cálculo estructural definitivo previo a obra, diferenciando ambas zonas de cubierta.

18.4 Propagación de Incendios.

La instalación solar fotovoltaica proyectada en los distintos edificios contempla la ubicación de inversores y cuadros de protecciones tanto en cubiertas como en locales técnicos interiores, en función de las características propias de cada emplazamiento. En todos los casos, la implantación de los equipos se ha definido atendiendo a criterios de seguridad contra incendios, ventilación adecuada, accesibilidad para mantenimiento y compatibilidad con el uso del edificio, evitando la concentración innecesaria de componentes eléctricos en espacios cerrados sin ventilación.

Desde el punto de vista funcional y normativo, los inversores fotovoltaicos pueden considerarse, a efectos de seguridad contra incendios, como equipos eléctricos asimilables a cuadros eléctricos, ya que su función consiste en la conversión de energía eléctrica en corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna para su utilización en autoconsumo o para la compensación de excedentes. Los equipos seleccionados incorporan protecciones internas frente a sobreintensidades, sobretensiones y fallos de red, así como sistemas de desconexión automática que reducen significativamente el riesgo asociado a su funcionamiento.

En los casos en que los inversores y cuadros de protección se ubican en exterior o en cubierta, estos se instalan en entornos abiertos o suficientemente ventilados, lo que impide la acumulación de calor y minimiza el riesgo de

propagación de incendios. En aquellos edificios en los que los inversores se disponen en locales técnicos interiores, dichos espacios forman parte de la propia instalación eléctrica del edificio, cuentan con ventilación adecuada y no albergan materiales combustibles, por lo que el riesgo introducido por la instalación fotovoltaica es equiparable al de cualquier otro cuadro eléctrico de potencia similar ya existente en el inmueble.

Los edificios objeto del presente proyecto son edificios de pública concurrencia y uso educativo o administrativo, por lo que no les resulta de aplicación el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI), aprobado por el Real Decreto 2267/2004. En consecuencia, no procede la aplicación de los criterios de clasificación de cubiertas tipo Roof (t1, t2, t3 o t4), propios del ámbito industrial. La normativa de referencia en materia de protección contra incendios es el Código Técnico de la Edificación, y en particular el Documento Básico DB-SI, el cual no establece exigencias específicas adicionales relativas a la reacción al fuego de cubiertas por la instalación de módulos fotovoltaicos en edificios de pública concurrencia, más allá del cumplimiento general de las condiciones de sectorización, evacuación y comportamiento frente al fuego de los materiales empleados.

Los materiales utilizados en la instalación fotovoltaica han sido seleccionados para minimizar la contribución al riesgo de incendio. Las canalizaciones se ejecutarán mediante bandejas metálicas o bandejas de PVC adecuadas para su uso en instalaciones eléctricas, los conductores serán libres de halógenos y no propagadores del incendio, conforme a la normativa CPR, y los módulos fotovoltaicos están constituidos mayoritariamente por vidrio, aluminio y silicio, materiales de carácter no combustible o de muy baja carga de fuego.

En consecuencia, y de acuerdo con la normativa aplicable, se concluye que la instalación fotovoltaica proyectada no incrementa el riesgo de propagación de incendios en los edificios, no modifica las condiciones de seguridad contra incendios existentes y resulta compatible con las disposiciones del Código Técnico de la Edificación, tanto en los casos de equipos ubicados en cubierta como en locales técnicos interiores.

18.5 Instalación eléctrica de baja tensión

18.5.1 Instalación eléctrica de Baja Tensión

La instalación eléctrica de baja tensión asociada a las instalaciones solares fotovoltaicas proyectadas se integra en las instalaciones eléctricas existentes de cada uno de los edificios objeto de actuación, todas ellas previamente legalizadas y en servicio.

El alcance del presente proyecto se limita exclusivamente a las ampliaciones y adaptaciones necesarias para la correcta conexión, protección y explotación de los sistemas de generación fotovoltaica, no siendo objeto del mismo la modificación de las instalaciones de enlace ni de las redes de distribución interiores existentes, salvo en los puntos estrictamente necesarios para la integración del sistema de autoconsumo.

18.5.2 Instalaciones de enlace

Las instalaciones de enlace que alimentan los distintos edificios, incluyendo centros de transformación, líneas generales de alimentación y cuadros generales de baja tensión existentes, se consideran fuera del alcance del presente proyecto, al tratarse de instalaciones existentes, legalizadas y en correcto funcionamiento.

No se prevén modificaciones sobre dichas instalaciones, más allá de las derivaciones necesarias para la conexión de los inversores fotovoltaicos, que se realizarán siempre aguas abajo de los equipos de medida y de acuerdo con la normativa vigente.

18.5.3 Instalaciones interiores

Las instalaciones interiores de cada edificio mantendrán su configuración original, integrándose la instalación fotovoltaica como una instalación generadora conectada en baja tensión, en régimen de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación.

La energía generada será utilizada prioritariamente por los consumos propios del edificio, y los excedentes serán vertidos a la red de distribución conforme a lo establecido en el Real Decreto 244/2019.

18.5.3.1 Cuadros Generales de Baja Tensión

Los Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT) existentes disponen de las protecciones generales y de línea exigidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, incluyendo protecciones contra sobreintensidades y contactos indirectos.

La integración de la instalación fotovoltaica se realizará mediante la incorporación de nuevas salidas protegidas en los CGBT o cuadros de vertido asociados, desde las cuales se alimentarán los inversores fotovoltaicos.

Las características concretas de estas protecciones (tipo, calibre, poder de corte y sensibilidad) se definen en los esquemas unifilares del proyecto, dimensionadas en función de la potencia instalada en cada emplazamiento y de los criterios establecidos en las ITC del REBT.

18.5.3.2 Cuadros secundarios del sistema fotovoltaico

Cada instalación fotovoltaica contará con uno o varios cuadros secundarios específicos, destinados a la protección y seccionamiento de los circuitos asociados al sistema de generación.

Estos cuadros incluirán, según proceda:

- protecciones en corriente continua para los strings,
- protecciones en corriente alterna para la alimentación de los inversores,
- y dispositivos de seccionamiento y protección contra sobretensiones.

Su ubicación será interior o exterior en función de las características de cada edificio y del emplazamiento del inversor, garantizando en todos los casos el grado de protección mecánica y ambiental requerido.

18.5.3.2.1 Cuadros de protección de strings

Los cuadros de protección de strings incorporarán interruptores seccionadores asociados a fusibles, dimensionados para la protección individual de cada string fotovoltaico en corriente continua.

Desde estos cuadros se realizará la conexión con los módulos mediante conductores específicos para CC, canalizados conforme a lo indicado en el capítulo correspondiente de canalizaciones.

La configuración detallada de estos cuadros, así como el número de strings protegidos en cada caso, se recoge de forma gráfica en los esquemas unifilares y se valora económicamente en el presupuesto del proyecto.

19 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra tiene como finalidad principal limitar la tensión que puedan alcanzar, respecto a tierra, las masas metálicas de la instalación en caso de defecto de aislamiento, garantizar la correcta actuación de las protecciones eléctricas y reducir el riesgo para las personas y los equipos frente a contactos directos e indirectos.

La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica proyectada se diseña y ejecuta conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y en particular a la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-18, así como a las prescripciones específicas aplicables a instalaciones generadoras de baja tensión recogidas en la ITC-BT-40.

19.1 Elementos conectados a la puesta a tierra

Se conectarán a la red de puesta a tierra de protección los siguientes elementos de la instalación fotovoltaica:

- Estructura metálica de soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Marcos y partes metálicas accesibles de los módulos fotovoltaicos.
- Carcasa metálica de los inversores.
- Cuadros eléctricos de corriente continua y corriente alterna asociados al sistema fotovoltaico.

Todas las masas metálicas accesibles quedarán unidas mediante conductores de protección a una red equipotencial común, de forma que no puedan existir diferencias de potencial peligrosas entre elementos simultáneamente accesibles.

19.2 Toma de tierra existente y criterios de conexión

La instalación dispone de una toma de tierra existente correspondiente al edificio, la cual se considera como punto de conexión de la nueva instalación fotovoltaica. Dicha toma de tierra deberá ser comprobada previamente por el instalador autorizado, verificando que su resistencia cumple los valores admisibles establecidos por la normativa vigente.

Al tratarse de una ampliación de una instalación existente, la puesta a tierra del sistema fotovoltaico se conectará a la puesta a tierra general del edificio, garantizando la equipotencialidad de todas las masas metálicas de la instalación interior.

No se dispone conductor de protección entre el Cuadro General de Baja Tensión y la red pública de distribución, dado que la puesta a tierra del neutro de la red es responsabilidad de la empresa distribuidora y es independiente de la puesta a tierra de protección de la instalación interior del edificio, conforme a lo establecido en el REBT.

19.3 Esquema de puesta a tierra del generador fotovoltaico

Con objeto de proporcionar una adecuada protección frente a contactos directos e indirectos, el generador fotovoltaico se dispone con la parte de corriente continua en esquema flotante respecto a tierra. Esto implica que los polos activos del generador fotovoltaico no están conectados directamente a tierra, mientras que todas las masas metálicas del sistema se conectan a la red de tierra de protección.

Esta configuración permite:

- Evitar la circulación de corrientes de defecto permanentes en la parte de corriente continua.
- Proteger a las personas frente a contactos indirectos, impidiendo que las masas alcancen tensiones peligrosas en caso de defecto de aislamiento.
- Garantizar la correcta actuación de los dispositivos de protección frente a sobretensiones, tanto permanentes como transitorias.

Todas las partes metálicas del sistema fotovoltaico se unirán a una red equipotencial común, conectada a la puesta a tierra del edificio.

19.4 Separación de tierras y separación galvánica

De acuerdo con lo establecido en el artículo 15 del Real Decreto 1699/2011 y en la ITC-BT-40, el electrodo de puesta a tierra de la instalación generadora deberá ser independiente del electrodo de puesta a tierra del neutro de la empresa distribuidora.

La separación galvánica entre la parte de corriente continua del generador fotovoltaico y la red de corriente alterna se garantiza mediante el propio diseño del inversor, el cual incorpora transformador o sistemas electrónicos equivalentes certificados por el fabricante, cumpliendo la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica" publicada por el Ministerio competente.

19.5 Conductores de protección y equipotencialidad

Los conductores de protección discurrirán preferentemente por las mismas canalizaciones que los conductores activos de corriente continua y corriente alterna, conforme a lo indicado en la norma UNE-HD 60364-5-54.

La sección mínima de los conductores de protección se determinará de acuerdo con la tabla 2 de la ITC-BT-18, disponiéndose como mínimo:

- Conductores de protección de 6 mm² de cobre para la conexión de estructuras, marcos de módulos y masas metálicas del generador fotovoltaico.
- Los conductores de protección serán del mismo tipo constructivo que los conductores asociados a cada tramo (libres de halógenos, no propagadores de la llama y con marcado CPR), garantizando su compatibilidad mecánica y eléctrica.

19.6 Conductor principal de tierra y electrodo

El conductor principal de tierra que une la barra principal de equipotencialidad con el sistema de puesta a tierra estará constituido por cable de cobre desnudo de 50 mm², con una longitud aproximada de 60 m. De dicho recorrido, al menos 10 m discurrirán enterrados hasta enlazar con el electrodo de puesta a tierra.

El electrodo estará formado por una pica de acero cobrizado, de 14,2 mm de diámetro y 2 m de longitud, hincada en el terreno. La profundidad de enterramiento se seleccionará de forma que se minimicen los efectos de la pérdida de humedad del terreno, la presencia de hielo o las variaciones estacionales, no siendo en ningún caso inferior a 0,50 m.

Los materiales empleados y la ejecución de la puesta a tierra deberán garantizar la resistencia mecánica y eléctrica del conjunto frente a la corrosión, de modo que no se degraden las características de diseño de la instalación.

19.7 Comprobación de la resistencia de puesta a tierra

Dado que la resistencia de una toma de tierra depende de la resistividad del terreno y esta puede variar significativamente, será obligatorio que el instalador autorizado realice la medición de la resistencia de puesta a tierra una vez ejecutada la instalación.

En caso de que el valor obtenido no sea conforme a los límites admisibles, se incrementará el número de picas de puesta a tierra, separadas entre sí una distancia mínima de 1 m y unidas mediante conductor de cobre enterrado, hasta alcanzar la resistencia adecuada.

La instalación de puesta a tierra se ejecutará en todo momento conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC-BT-18, quedando sometida a inspección y verificación previa a la puesta en servicio de la instalación fotovoltaica.

19.8 Puesta a tierra específica de estructuras fotovoltaicas en cubierta

Las estructuras metálicas de soporte de los módulos fotovoltaicos, independientemente del tipo de cubierta sobre la que se instalen (cubierta plana lastrada, cubierta coplanar sobre panel sándwich o cubierta coplanar sobre teja), deberán conectarse obligatoriamente a la red de puesta a tierra de protección del edificio, garantizando la continuidad eléctrica y la equipotencialidad de todos los elementos metálicos accesibles.

La conexión a tierra de las estructuras se realizará mediante conductores de protección de cobre, con sección mínima de 6 mm², fijados de forma permanente a la estructura portante mediante elementos de conexión adecuados (bornes, grapas o tornillería específica para puesta a tierra), asegurando un contacto eléctrico fiable y duradero. No se admitirán conexiones realizadas únicamente por contacto mecánico no garantizado.

En instalaciones sobre cubierta plana con sistema lastrado, aunque no existan anclajes mecánicos a la estructura portante, la estructura metálica deberá disponer igualmente de conexión a tierra, evitando la aparición de potenciales flotantes y garantizando la correcta derivación de corrientes de defecto o sobretensiones transitorias.

En instalaciones coplanares sobre panel sándwich o sobre teja, la puesta a tierra de la estructura se realizará asegurando la continuidad eléctrica entre los distintos perfiles y su conexión efectiva a la red de tierra del edificio, independientemente del número de planos o faldones de cubierta.

En todos los casos, la puesta a tierra de la estructura fotovoltaica contribuirá además a la correcta actuación de los dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS), tanto en corriente continua como en corriente alterna, y a la reducción del riesgo asociado a descargas atmosféricas indirectas.

19.9 Esquema descriptivo de equipotencialidad del sistema fotovoltaico

La instalación de puesta a tierra del sistema fotovoltaico se configura conforme a un esquema de equipotencialidad general, cuyo objetivo es asegurar que todas las masas metálicas accesibles se encuentren al mismo potencial eléctrico, evitando diferencias de tensión peligrosas.

El esquema funcional de equipotencialidad será el siguiente:

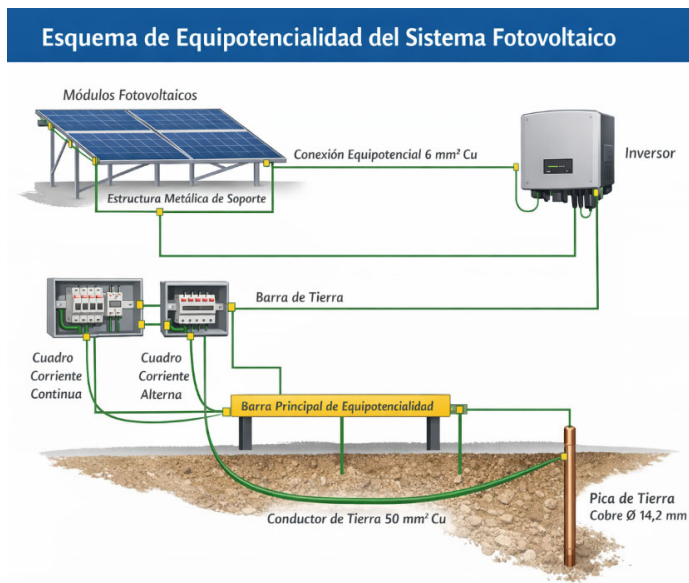
- Los marcos de los módulos fotovoltaicos se conectan eléctricamente entre sí a través de la propia estructura metálica de soporte o mediante conductores de equipotencialidad específicos.
- La estructura metálica de soporte se conecta a la red de puesta a tierra mediante conductores de protección de cobre de sección mínima 6 mm².
- Las carcasas metálicas de los inversores se conectan directamente a la barra de tierra del cuadro eléctrico correspondiente.
- Los cuadros de protecciones de corriente continua y corriente alterna disponen de barra de tierra propia, conectada a la red de tierra general.
- Todos los conductores de protección convergen en la barra principal de equipotencialidad del edificio, desde la cual se establece la conexión con el electrodo de puesta a tierra.

Este esquema garantiza que, ante un defecto de aislamiento, una sobretensión transitoria o una descarga indirecta, la corriente se derive eficazmente a tierra, permitiendo la actuación de las protecciones y limitando la tensión de contacto a valores no peligrosos.

De acuerdo con el esquema de equipotencialidad representado en la figura adjunta, se establece un sistema de puesta a tierra común y continuo para todos los elementos metálicos que forman parte de la instalación solar fotovoltaica, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, la correcta actuación de las protecciones eléctricas y la limitación de tensiones de contacto en caso de defecto. En dicho esquema se observa cómo las estructuras metálicas de soporte de los módulos, los marcos de los paneles fotovoltaicos, el inversor, los cuadros de corriente continua y alterna, así como el resto de masas metálicas accesibles, se conectan mediante conductores de protección a una barra principal de equipotencialidad. Esta barra actúa como punto común de referencia, enlazando a su vez con la toma de tierra del edificio mediante un conductor de cobre de sección adecuada, asegurando así la equipotencialidad de toda la instalación. La configuración adoptada permite evitar diferencias de potencial peligrosas entre elementos simultáneamente accesibles y asegura una correcta derivación a tierra de corrientes de defecto y sobretensiones, conforme a lo establecido en la ITC-BT-18, ITC-BT-

40 y la norma UNE-HD 60364-5-54

Imagen detalle conexión tierras equipotenciales



20 FÓRMULAS UTILIZADAS

20.1 Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las Instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

- Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

- Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- I_n : Intensidad nominal del circuito en A
- P : Potencia en W
- U_f : Tensión simple en V
- U_l : Tensión compuesta en V
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

20.2 Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

20.2.1 Caída de Tensión en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

- Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

20.2.2 Caída de Tensión en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

- Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0,00393^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0,00403^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

20.2.3 Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente. Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{Tmax} = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T_{max} - 20)]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

20.2.4 Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

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

20.2.5 Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

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

En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

20.3 Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \rho \cdot \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \rho \cdot \frac{U_l}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor. Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$

Para $0,01 \leq t \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- Incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio. Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

20.4 Cálculo eléctrico en corriente continua (CC)

Para el dimensionado eléctrico de la parte de corriente continua del sistema fotovoltaico se seguirán las prescripciones de la ITC-BT-40, así como lo establecido en la UNE-HD 60364-7-712:2017, relativa a instalaciones de alimentación mediante sistemas fotovoltaicos.

20.4.1 Tensión máxima en circuito abierto del generador fotovoltaico

La tensión máxima de un string en condiciones desfavorables de temperatura se calcula mediante:

$$U_{OC,max} = N \cdot U_{oc,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{min} - 25)]$$

Donde:

- $U_{oc,max}$: Tensión máxima del string en V
- N: Número de módulos en serie
- $U_{oc,STC}$: Tensión en circuito abierto del módulo a STC
- β : Coeficiente de temperatura de tensión (%/°C)
- T_{min} : Temperatura mínima de cálculo (°C)

Se comprobará en todos los casos que:

$$U_{OC,max} \leq U_{max\ inversor}$$

20.4.2 Intensidad máxima en corriente continua

La intensidad de cálculo en CC se determina como

$$I_{DC} \leq 2 \cdot R \cdot I_{DC}$$

Con:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

- L : Longitud unidireccional del conductor (m)
- S : Sección del conductor (mm²)

El valor admisible de caída de tensión en CC se limitará a:

- $\leq 1,5$ % entre generador e inversor (criterio habitual de diseño).

20.4.3 Dimensionado térmico de conductores de CC

Los conductores de corriente continua se dimensionarán de forma que

$$I_{DC} \leq I_z$$

Siendo I_z la intensidad admisible del conductor corregida por:

- Temperatura ambiente
- Método de instalación
- Agrupamiento de cables

Los cables empleados serán del tipo H1Z2Z2-K 1,5/1,5 kV CC, aptos para servicio permanente en instalaciones fotovoltaicas, conforme a EN 50618 y IEC 62930, con temperatura máxima del conductor de 120 °C.

20.4.4 Protección frente a cortocircuitos en CC

La protección frente a cortocircuitos se garantizará mediante:

- Fusibles de corriente continua por string, de calibre adecuado.
- Poder de corte compatible con la corriente de cortocircuito máxima del generador.

Se verificará que:

$$I_{Fusible} \leq I_{adm\ cable}$$

Y que el tiempo de actuación limite la energía térmica transmitida al conductor

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

Ibon
Pérez
Ramos

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

21 RESULTADO DE LOS CALCULOS

El presente apartado tiene por objeto justificar el correcto dimensionamiento eléctrico de la instalación fotovoltaica, verificando el cumplimiento de las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en lo relativo a:

- Intensidad máxima admisible de los conductores.
- Caída de tensión.
- Cortocircuito máximo y mínimo.
- Coordinación entre conductores y dispositivos de protección.

Los cálculos se realizan tanto para la parte de corriente alterna (CA) como para la parte de corriente continua (CC)

Los cálculos se realizan conforme a:

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).

- ITC-BT-19, ITC-BT-40.
- UNE-HD 60364-5-52:2014 (selección e instalación de conductores).
- UNE-HD 60364-7-712 (instalaciones fotovoltaicas).
- UNE-EN 61643-31 (protección contra sobretensiones en CC).
- UNE-EN 60947-2 y UNE-EN 60269 (protecciones).

Para la intensidad admisible se emplea la tabla C.52-1 bis de la UNE-HD 60364-5-52:2014, que sustituye a la tabla A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523:2004, y la tabla 1 de la ITC-BT-19.

21.1 CEIP Kukullaga

21.1.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.1.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 60 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{60.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 88,4 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
CGBT → Cuadro Solar	4(1x50) mm ² + PE	40 m
Cuadro Solar → Inversor	4(1x35) mm ² + PE	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz base
35 mm ²	136 A
50 mm ²	168 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 A$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz Corregida
35 mm ²	124 A
50 mm ²	153 A

Por lo tanto cumple en ambos tramos.

$$I_d = 110,5 A < I_z$$

21.1.1.2 Caída de tensión en CA

21.1.1.2.1 Tramo CGBT → Cuadro Solar

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{40 \cdot 110,5}{50} = 2,75 V$$

$$\Delta U\% = 0,68 \%$$

21.1.1.2.2 Tramo Cuadro Solar → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{40 \cdot 110,5}{50} = 2,75 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = 0,68 \%$$

21.1.1.3 Cortocircuito en CA

21.1.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max}} \approx 7,2 \text{ kA}$$

21.1.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc \text{ min}} \approx 5,0 \text{ kA}$$

21.1.2 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.1.2.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 8
- Módulos por string: 14
- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 7.700 W
- Potencia por string mas favorable: 6.600 W
- Tensión nominal por string: $\approx 1.000 \text{ V CC}$
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13 \text{ A}$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: $90 \text{ }^\circ\text{C}$

String	Longitud (m)
S1	20
S2	15
S3	25

String	Longitud (m)
S4	22
S5	16
S6	30
S7	26
S8	16

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70 A$$

$$I_{string} \approx 13 A < 70 A$$

21.1.2.2 Tensiones e intensidades por string

21.1.2.2.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - Potencia nominal: 550 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 41,8 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 13,16 A
 - Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión Voc: -0,28 %/°C
- Configuración de strings
 - Número total de strings: 8
 - Número de módulos por string: 14 módulos (7 strings) y 12 módulos (1 string)
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.1.2.2.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: -5 °C
- Temperatura de referencia STC: 25 °C

$$V_{OC}(T) = V_{OC,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 / ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.1.2.2.2.1 Tensión máxima por string

$$V_{OC \text{ string}} = 14 \cdot 54,09 = 757,26 \text{ V}$$

$$V_{OC \text{ string}} = 12 \cdot 54,09 = 649,08 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.1.2.2.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 14 módulos

•

•

$$V_{mpp \text{ string}} = 14 \cdot 41,8 = 585,2 \text{ V}$$

- Strings de 12 módulos

•

•

$$V_{mpp \text{ string}} = 12 \cdot 41,8 = 501,6 \text{ V}$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.1.2.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

•

•

$$I_{\text{string}} = V_{mpp} = 13,16 \text{ A}$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

•

•

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45 \text{ A}$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.1.2.3 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 - L = 30 m
 - I = 13,16 A
 - S = 6 mm²

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{30 \cdot 13,16}{6} = 5,92 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{5,92}{585,2} \cdot 100 = 1,01 \%$$

$$\Delta U\% = 0,23 \%$$

La caída de tensión es inferior al 1,5 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.1.2.4 Cortocircuito en CC

21.1.2.4.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.1.2.4.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.2 Ayuntamiento

21.2.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.2.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 12 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{12.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 17,7 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta de PVC
- Método de instalación equivalente: B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
CGBT → Inversor	5x10 mm ²	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z base
10 mm ²	57 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 \text{ A}$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z Corregida
10 mm ²	51,9 A

$$I_d = 57,3 < I_z = 51,9 \text{ A}$$

21.2.1.2 Caída de tensión en CA

21.2.1.2.1 Tramo Cuadro Solar → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 17,7}{10} = 0,28 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = 0,07 \%$$

21.2.1.3 Cortocircuito en CA

21.2.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max}} \approx 6,5 \text{ kA}$$

21.2.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc \text{ min}} \approx 2,5 \text{ kA}$$

21.2.2 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.2.2.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 4
- Módulos por string: 8
- Potencia por módulo: 390 W
- Potencia por string: 3.120 W
- Tensión nominal por string: $\approx 800 - 900 \text{ V CC}$
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13,00 \text{ A}$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	55
S2	61
S3	45

String	Longitud (m)
S4	49

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 55 A$$

$$I_{string} \approx 16,25 A < 55$$

21.2.2.2 Tensiones e intensidades por string

21.2.2.2.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM 72D09 370/390 DOUBLE GLASS
 - Potencia nominal: 390 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 41,0 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 12,5 A
 - Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión Voc: -0,28 %/°C
- Configuración de strings
 - Número total de strings: 4
 - Número de módulos por string: 8 módulos
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.2.2.2.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: -5 °C
- Temperatura de referencia STC: 25 °C

$$V_{OC}(T) = V_{OC,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 / ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 53,7 \text{ V}$$

21.2.2.2.1 Tensión máxima por string

$$V_{OC \text{ string}} = 8 \cdot 53,7 = 429,6 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.2.2.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 14 módulos
-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 8 \cdot 41,0 = 328 \text{ V}$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.2.2.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,0 \text{ A}$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,0 = 16,25 \text{ A}$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K

- o Sección: 6 mm² Cu
- o Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,00 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.2.2.3 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - o ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 Ω·mm²/m
 - o L = 61 m
 - o I = 12,5 A
 - o S = 6 mm²

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{61 \cdot 12,5}{6} = 5,72 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{5,72}{328} \cdot 100 = 1,74 \%$$

$$\Delta U\% = 1,74 \%$$

La caída de tensión es inferior al 2 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.2.2.4 Cortocircuito en CC

21.2.2.4.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.2.2.4.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.3 CIME

21.3.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.3.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 60 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{60.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 88,4 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta de PVC
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
CGBT → Inversor	4(1x50) mm ²	40 m
CGBT → Inversor	4(1x35) mm ²	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz base
35 mm ²	136 A
50 mm ²	168 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 A$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)		
	Sección	Iz Corregida
	35 mm ²	124 A
	50 mm ²	153 A

$$I_d = 88,4 < I_z$$

21.3.1.2 Caída de tensión en CA

21.3.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{40 \cdot 88,4}{50} = 2,21 V$$

$$\Delta U = \frac{2,21}{400} \cdot 100 = 0,55 \%$$

21.3.1.2.2 Tramo Cuadro Solar → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 88,4}{35} = 0,39 V$$

$$\Delta U\% = 0,10 \%$$

21.3.1.3 Cortocircuito en CA

21.3.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max} \approx 7,0 \text{ kA}$$

21.3.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc \min} \approx 4,8 \text{ kA}$$

21.3.2 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.3.2.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 6
- Configuración de Strings:
 - 4 strings de 8 módulos de 550 W
 - Potencia por string: 4.400 W
 - 2 strings de 7 módulos de 720 W
 - Potencia por string: 5.070 W
- Tensión nominal por string: ≈ 1.100 V CC
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13,00$ A
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	22
S2	27
S3	19
S4	25
S5	16
S6	19

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 55 \text{ A}$$

$$I_{string} \approx 16,25 \text{ A} < 55$$

21.3.2.2 Tensiones e intensidades por string

21.3.2.2.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC

- Potencia nominal: 550 Wp
- Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 41,8 V
- Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 13,16 A
- Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 49,9 V
- Coeficiente térmico de tensión Voc: $-0,28 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM66D46
 - Potencia nominal: 720 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 42,5 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 16,9 A
 - Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 52,0 V
 - Coeficiente térmico de tensión Voc: $-0,29 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Configuración de strings
 - 4 strings de 8 módulos de 550 W
 - Potencia por string: 4.400 W
 - 2 strings de 7 módulos de 720 W
 - Potencia por string: 5.070 W
 - Número total de strings: 6
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.3.2.2.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de referencia STC: $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{OC}(T) = V_{OC,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Tensión Máxima Módulos de 550 W

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,1 \text{ V}$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 / ^\circ\text{C}$
 - o Tensión Máxima Módulos de 720 W

$$V_{OC}(-5) = 52,0 \cdot [1 + 0,0029 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 52,0 \cdot (1 + 0,084) = 56,5 \text{ V}$$

21.3.2.2.2.1 Tensión máxima por string

- Módulos de 550 W

$$V_{OC \text{ string}} = 8 \cdot 54,1 = 432,8 \text{ V}$$

- Módulos de 720 W

$$V_{OC \text{ string}} = 7 \cdot 56,5 = 395,5 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.3.2.2.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 8 módulos de 550 W.

-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 8 \cdot 41,8 = 334,4 \text{ V}$$

- Strings de 7 módulos de 720 W.

-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 7 \cdot 42,5 = 297,5 \text{ V}$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.3.2.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-

•

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,0 A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

- Módulos de 550 W.

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45 \text{ A}$$

-

- Módulos de 720 W.

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 16,9 = 21,1 \text{ A}$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 70,00 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.3.2.3 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 - L = 27 m
 - I = 16,9 A
 - S = 6 mm²

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{27 \cdot 16,9}{6} = 3,42 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{3,42}{334,4} \cdot 100 = 1,02 \%$$

$$\Delta U\% = 1,02 \%$$

La caída de tensión es inferior al 2 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.3.2.4 Cortocircuito en CC

21.3.2.4.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max \text{ string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

- 550 W $\rightarrow \approx 16 \text{ A}$
- 720 W $\rightarrow \approx 22 \text{ A}$

Los fusibles de 32 A por string resultan adecuados.

21.3.2.4.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.4 Frontón Municipal

21.4.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.4.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 65 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{65.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 95,7 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C

- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
CGBT → Inversor	4(1x35) mm ² + PE	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z base
35 mm ²	136 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 A$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z Corregida
35 mm ²	124 A

Por lo tanto, cumple en ambos tramos.

$$I_d = 95,7 < I_z$$

21.4.1.2 Caída de tensión en CA

21.4.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 95,7}{35} = 0,43 V$$

$$\Delta U\% = 0,11 \%$$

21.4.1.3 Cortocircuito en CA

21.4.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max} \approx 7,5 kA$$

21.4.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc\ min} \approx 5,2\ kA$$

21.4.2 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.4.2.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 8
 - 4 strings de 15 módulos (8.250 W)
 - 4 strings de 14 módulos (7.700 W)
- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 8.250 W
- Potencia por string mas favorable: 7.700 W
- Tensión nominal por string: $\approx 1.000\ V\ CC$
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13\ A$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	47 m
S2	44 m
S3	49 m
S4	42 m
S5	35 m
S6	39 m
S7	37 m
S8	32 m

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70\ A$$

$$I_{string} \approx 13\ A < 70\ A$$

21.4.2.2 Tensiones e intensidades por string

21.4.2.2.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador

fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - Potencia nominal: 550 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (V_{mpp}): 41,8 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (I_{mpp}): 13,16 A
 - Tensión en circuito abierto (V_{oc} , STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión V_{oc} : $-0,28 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Configuración de strings
 - Número total de strings: 8
 - Número de módulos por string: 13 módulos (6 strings) y 9 módulos (2 string)
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.4.2.2.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Temperatura de referencia STC: $25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(T) = V_{oc,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.4.2.2.2.1 Tensión máxima por string

- 15 Módulos por string

$$V_{OC \text{ string}} = 15 \cdot 54,09 = 811,5 \text{ V}$$

- 14 Módulos por string

$$V_{OC \text{ string}} = 14 \cdot 54,09 = 757,4 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.4.2.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 15 módulos

-
-

$$V_{mpp\ string} = 15 \cdot 41,8 = 627,0\ V$$

- Strings de 14 módulos

-
-

$$V_{mpp\ string} = 14 \cdot 41,8 = 585,2\ V$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.4.2.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,16\ A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45\ A$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.4.2.3 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

• Donde:

- ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $L = 30 \text{ m}$
- $I = 13,16 \text{ A}$
- $S = 6 \text{ mm}^2$

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{49 \cdot 13,16}{6} = 4,83 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{4,83}{627,0} \cdot 100 = 0,77 \%$$

$$\Delta U\% = 0,77 \%$$

La caída de tensión es inferior al 1,5 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.4.2.4 Cortocircuito en CC

21.4.2.4.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.4.2.4.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.5 Haurreskola Bekosolo

21.5.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.5.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 50 kW

- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{65.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 73,6 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
CGBT → Inversor	4(1x35) mm ² + PE	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz base
35 mm ²	136 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 \text{ A}$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz Corregida
35 mm ²	124 A

Por lo tanto, cumple en ambos tramos.

$$I_d = 95,7 < I_z$$

21.5.1.2 Caída de tensión en CA

21.5.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 73,6}{35} = 0,33 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = 0,08 \%$$

21.5.1.3 Cortocircuito en CA

21.5.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max} \approx 7,0 \text{ kA}$$

21.5.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc \min} \approx 4,8 \text{ kA}$$

21.5.2 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.5.2.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 8
 - 6 strings de 13 módulos (7.150 W)
 - 2 strings de 9 módulos (4.950 W)
- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 7.150 W
- Potencia por string mas favorable: 4.950 W
- Tensión nominal por string: $\approx 1.000 \text{ V CC}$
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13 \text{ A}$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR

- o Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	48 m
S2	52 m
S3	44 m
S4	47 m
S5	42 m
S6	49 m
S7	50 m
S8	51 m

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70 A$$

$$I_{string} \approx 13 A < 70 A$$

21.5.2.2 Tensiones e intensidades por string

21.5.2.2.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - o Fabricante: JA SOLAR
 - o Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - o Potencia nominal: 550 Wp
 - o Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 41,8 V
 - o Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 13,16 A
 - o Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 49,9 V
 - o Coeficiente térmico de tensión Voc: -0,28 %/°C
- Configuración de strings
 - o Número total de strings: 8
 - o Número de módulos por string: 13 módulos (6 strings) y 9 módulos (2 string)
 - o Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.5.2.2.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: -5 °C

- Temperatura de referencia STC: 25 °C

$$V_{OC}(T) = V_{oc,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 / ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.5.2.2.2.1 Tensión máxima por string

- 13 Módulos por string

$$V_{OC \text{ string}} = 13 \cdot 54,09 = 703,3 \text{ V}$$

- 9 Módulos por string

$$V_{OC \text{ string}} = 9 \cdot 54,09 = 486,9 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.5.2.2.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 13 módulos

-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 13 \cdot 41,8 = 543,4 \text{ V}$$

- Strings de 9 módulos

-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 9 \cdot 41,8 = 376,2 \text{ V}$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.5.2.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,16 A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45 A$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 A$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.5.2.3 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 - $L = 30 \text{ m}$
 - $I = 13,16 A$
 - $S = 6 \text{ mm}^2$

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{52 \cdot 13,16}{6} = 5,13 V$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{5,13}{543,4} \cdot 100 = 0,94 \%$$

$$\Delta U\% = 0,94 \%$$

La caída de tensión es inferior al 1,5 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.5.2.4 Cortocircuito en CC

21.5.2.4.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max \text{ string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.5.2.4.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.6 CEIP San Antonio

21.6.1 Inversor 1

21.6.1.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.6.1.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 65 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{65.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 95,7 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2

- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
Cuadro Secundario → Inversor	4(1x35) mm ² + PE	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z base
35 mm ²	136 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z Corregida
35 mm ²	124 A

Por lo tanto, cumple en ambos tramos.

$$I_d = 95,7 < I_z$$

21.6.1.1.2 Caída de tensión en CA

21.6.1.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 95,7}{35} = 0,43 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = 0,11 \%$$

21.6.1.1.3 Cortocircuito en CA

21.6.1.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc\ max} \approx 7,0\ kA$$

21.6.1.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc\ min} \approx 4,8\ kA$$

21.6.1.1.4 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.6.1.1.4.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 8
 - 8 strings de 13 módulos (7.150 W)
 - 1 strings de 14 módulos (4.700 W)
- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 7.700 W
- Potencia por string mas favorable: 7.150 W
- Tensión nominal por string: $\approx 1.000\ V\ CC$
- Intensidad máxima por string (I_{sc}): $\approx 13\ A$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	25
S2	36
S3	24
S4	29
S5	26
S6	32
S7	31
S8	34
S9	30

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70\ A$$

$$I_{string} \approx 13\ A < 70\ A$$

21.6.1.1.5 Tensiones e intensidades por string

21.6.1.1.5.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - Potencia nominal: 550 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (V_{mpp}): 41,8 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (I_{mpp}): 13,16 A
 - Tensión en circuito abierto (V_{oc} , STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión V_{oc} : $-0,28 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Configuración de strings
 - Número total de strings: 9
 - Número de módulos por string: 13 módulos (8 strings) y 14 módulos (1 string)
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.6.1.1.5.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Temperatura de referencia STC: $25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_{oc}(T) = V_{oc,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$V_{oc}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{oc}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.6.1.1.5.2.1 Tensión máxima por string

- 13 Módulos por string

$$V_{OC\ string} = 13 \cdot 54,09 = 703,3\ V$$

- 14 Módulos por string

$$V_{OC\ string} = 14 \cdot 54,09 = 757,3\ V$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.6.1.1.5.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 13 módulos

-
-

$$V_{mpp\ string} = 13 \cdot 41,8 = 543,4\ V$$

- Strings de 14 módulos

-
-

$$V_{mpp\ string} = 14 \cdot 41,8 = 585,2\ V$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.6.1.1.5.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = I_{mpp} = 13,16\ A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45 A$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.6.1.1.6 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 - L = 30 m
 - I = 13,16 A
 - S = 6 mm²

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{36 \cdot 13,16}{6} = 7,11 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{7,11}{543,4} \cdot 100 = 1,31 \%$$

$$\Delta U\% = 1,31 \%$$

La caída de tensión es inferior al 1,5 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.6.1.1.7 Cortocircuito en CC

21.6.1.1.7.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max \text{ string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.6.1.1.7.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.6.2 Inversor 2

21.6.2.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.6.2.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 12 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{12.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 17,7 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
Cuadro Secundario → Inversor	5x10mm ²	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz base
10 mm ²	76 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	Iz Corregida
10 mm ²	69 A

Por lo tanto, cumple en ambos tramos.

$$I_d = 17,7 < I_z$$

21.6.2.1.2 Caída de tensión en CA

21.6.2.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 17,7}{10} = 0,28 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = 0,07 \%$$

21.6.2.1.3 Cortocircuito en CA

21.6.2.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max} \approx 6,5 \text{ kA}$$

21.6.2.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc \min} \approx 4,2 \text{ kA}$$

21.6.2.1.4 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.6.2.1.4.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 4
 - 4 strings de 6 módulos (3.300 W)

- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 7.700 W
- Potencia por string mas favorable: 7.150 W
- Tensión nominal por string: ≈ 1.000 V CC
- Intensidad máxima por string (Isc): ≈ 13 A
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	21
S2	26
S3	30
S4	34

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70 \text{ A}$$

$$I_{string} \approx 13 \text{ A} < 70 \text{ A}$$

21.6.2.1.5 Tensiones e intensidades por string

21.6.2.1.5.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - Potencia nominal: 550 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (Vmpp): 41,8 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (Impp): 13,16 A
 - Tensión en circuito abierto (Voc, STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión Voc: $-0,28 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- Configuración de strings
 - Número total de strings: 4
 - Número de módulos por string: 6 módulos por string
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.6.2.1.5.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: -5 °C
- Temperatura de referencia STC: 25 °C

$$V_{OC}(T) = V_{OC,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 / ^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.6.2.1.5.2.1 Tensión máxima por string

$$V_{OC \text{ string}} = 6 \cdot 54,09 = 324,54 \text{ V}$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.6.2.1.5.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (Vmpp por string)

-
-

$$V_{mpp \text{ string}} = 6 \cdot 41,8 = 250,8 \text{ V}$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.6.2.1.5.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,16 A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-
-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45 A$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja
 - 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 A$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.6.2.1.6 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:
 - ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
 - L = 30 m
 - I = 13,16 A
 - S = 6 mm²

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{34 \cdot 13,16}{6} = 6,71 V$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{671}{250,8} \cdot 100 = 2,67 \%$$

$$\Delta U\% = 2,67 \%$$

La caída de tensión es inferior a la recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.6.2.1.7 Cortocircuito en CC

21.6.2.1.7.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max \text{ string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.6.2.1.7.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

21.6.3 Inversor 3

21.6.3.1 Resultado de los cálculos de Corriente Alterna (CA)

21.6.3.1.1 Datos eléctricos de partida

- Potencia nominal del inversor: 20 kW
- Tensión nominal: 400 V trifásica
- Factor de potencia: $\cos \phi = 0,98$
- Intensidad nominal del inversor:

$$I_n = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 29,5 \text{ A}$$

Condiciones de instalación de los conductores CA

- Tipo de cable: RZ1-K (AS) Cu
- Aislamiento: XLPE – 90 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Canalización: canaleta / tubo
- Método de instalación equivalente: B1 / B2
- Número de circuitos: 1
- Sistema de puesta a tierra: TT

Conductores y longitudes

Tramo	Sección	Longitud
Cuadro Secundario → Inversor	5x10 mm ² + PE	5 m

Intensidad admisible de los conductores

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z base
10 mm ²	76 A

Factor de corrección por temperatura (40 °C)

$$k_T = 0,91 A$$

Intensidad Base (Tabla C.52-1 bis 30° C)	
Sección	I _z Corregida
10 mm ²	69 A

Por lo tanto, cumple en ambos tramos.

$$I_d = 95,7 < I_z$$

21.6.3.1.2 Caída de tensión en CA

21.6.3.1.2.1 Tramo CGBT → Inversor

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

$$\Delta U = 1,732 \cdot 0,018 \cdot \frac{5 \cdot 29,5}{35} = 0,46 V$$

$$\Delta U\% = 0,11 \%$$

21.6.3.1.3 Cortocircuito en CA

21.6.3.1.3.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \max} \approx 6,5 kA$$

21.6.3.1.3.2 Cortocircuito mínimo

$$I_{cc\ min} \approx 4,2\ kA$$

21.6.3.1.4 Resultado de los cálculos de Corriente Continua (CC)

21.6.3.1.4.1 Datos eléctricos de partida

- Número de strings: 8
 - 3 strings de 10 módulos (5.500 W)
 - 1 strings de 9 módulos (4.950 W)
- Potencia por módulo: 550 W
- Potencia por string Más desfavorable: 5.500 W
- Potencia por string mas favorable: 4.950W
- Tensión nominal por string: $\approx 1.000\ V\ CC$
- Intensidad máxima por string (Isc): $\approx 13\ A$
- Protección por string: fusible 32 A
- Conductores de CC
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Tensión asignada: 1,5/1,5 kV CC
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Aislamiento: XLPE, libre de halógenos, CPR
 - Temperatura admisible: 90 °C

String	Longitud (m)
S1	21
S2	29
S3	30
S4	34

Intensidad admisible típica cable H1Z2Z2-K 6 mm²

$$I_z \approx 70\ A$$

$$I_{string} \approx 13\ A < 70\ A$$

21.6.3.1.5 Tensiones e intensidades por string

21.6.3.1.5.1 Datos de partida del generador fotovoltaico

Para el cálculo eléctrico de los circuitos de corriente continua correspondientes a los strings del generador fotovoltaico se adoptan los siguientes datos, obtenidos de la ficha técnica del módulo seleccionado y de la

configuración proyectada:

- Módulo fotovoltaico
 - Fabricante: JA SOLAR
 - Modelo: JAM72D30 525-550 / MB MBB Mono PERC
 - Potencia nominal: 550 Wp
 - Tensión en punto de máxima potencia (V_{mpp}): 41,8 V
 - Corriente en punto de máxima potencia (I_{mpp}): 13,16 A
 - Tensión en circuito abierto (V_{oc} , STC): 49,9 V
 - Coeficiente térmico de tensión V_{oc} : $-0,28 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- Configuración de strings
 - Número total de strings: 4
 - Número de módulos por string: 10 módulos (3 strings) y 9 módulos (1 string)
 - Tipo de cable CC: H1Z2Z2-K, 1,5/1,5 kV CC, Cu, sección 6 mm²

21.6.3.1.5.2 Cálculo de la tensión máxima en circuito abierto

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la tensión máxima del string debe evaluarse considerando la temperatura mínima ambiente, al ser la situación más desfavorable para la tensión de circuito abierto.

Se adopta como hipótesis conservadora:

- Temperatura mínima ambiente: $-5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de referencia STC: $25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$V_{OC}(T) = V_{oc,STC} \cdot [1 + \beta \cdot (T_{mion} - 25)]$$

Donde:

- $\beta = -0,0028 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot [1 + 0,0028 \cdot (25 - (-5))]$$

$$V_{OC}(-5) = 49,9 \cdot (1 + 0,084) = 54,09 \text{ V}$$

21.6.3.1.5.2.1 Tensión máxima por string

- 10 Módulos por string

$$V_{OC \text{ string}} = 10 \cdot 54,09 = 540,9 \text{ V}$$

- 9 Módulos por string

$$V_{OC\ string} = 9 \cdot 54,09 = 486,8\ V$$

Las tensiones máximas en circuito abierto se encuentran muy por debajo del límite de 1.100 V CC admitido por el inversor y por el cableado H1Z2Z2-K (1,5/1,5 kV CC), cumpliendo holgadamente la UNE-HD 60364-7-712.

21.6.3.1.5.2.2 Tensión de funcionamiento en carga (V_{mpp} por string)

- Strings de 10 módulos
-
-

$$V_{mpp\ string} = 10 \cdot 41,8 = 418,0\ V$$

- Strings de 9 módulos
-
-

$$V_{mpp\ string} = 9 \cdot 41,8 = 376,2\ V$$

Estos valores se sitúan dentro de la ventana MPPT del inversor, garantizando el correcto seguimiento del punto de máxima potencia en todas las condiciones de operación.

21.6.3.1.5.2.3 Intensidad de los strings

La corriente de un string viene determinada por la corriente del módulo:

-
-

$$I_{string} = V_{mpp} = 13,16\ A$$

Para el cálculo de conductores y protecciones, según UNE-HD 60364-7-712, se adopta un factor de seguridad del 1,25:

-

$$I_{diseño} = 1,25 \cdot 13,16 = 16,45\ A$$

- Cable seleccionado:
 - Tipo: H1Z2Z2-K
 - Sección: 6 mm² Cu
 - Intensidad admisible típica:
 - 55 A en instalación al aire / bandeja

- 45 A en condiciones desfavorables

$$I_{adm} \gg I_{diseño} = 16,45 \text{ A}$$

Resultado: sección ampliamente suficiente desde el punto de vista térmico

21.6.3.1.6 Caída de tensión en CC

$$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{L \cdot I}{S}$$

- Donde:

- ρ (Cu a 90 °C) = 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $L = 30 \text{ m}$
- $I = 13,16 \text{ A}$
- $S = 6 \text{ mm}^2$

$$\Delta U = 2 \cdot 0,0225 \cdot \frac{30 \cdot 13,16}{6} = 6,71 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\Delta U\% = \frac{6,71}{543,4} \cdot 100 = 1,23 \%$$

$$\Delta U\% = 1,23 \%$$

La caída de tensión es inferior al 1,5 % recomendado para circuitos CC fotovoltaicos, cumpliendo sobradamente los criterios de diseño.

21.6.3.1.7 Cortocircuito en CC

21.6.3.1.7.1 Cortocircuito máximo

$$I_{cc \text{ max string}} \approx 1,25 \cdot I_{sc} \approx 16 \text{ A}$$

21.6.3.1.7.2 Cortocircuito mínimo

El cortocircuito mínimo en CC no condiciona el disparo térmico, al emplearse fusibles calibrados por string.

Ibon
Pérez
Ramos

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

22 PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS PARTICULARES

22.1 Sistemas Generadores Fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN IEC 61215-1 / 61215-2 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de claramente visible e indeleble el modelo y nombre del logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, éstas deberán ser aprobadas por el IDAE. Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65. Los marcos laterales, si existen serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen de potencia en tolerancia 0 / +5 Wp de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células. La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

22.2 Estructura de soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por la NBE y demás normas aplicables.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa CTE DB SE-AE, UNE-EN 1991-1-3 (nieve) y UNE-EN 1991-1-4 (viento).

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma UNE-EN ISO 3506 (tornillería inoxidable) y la UNE-EN 1090 si procede (estructuras metálicas). En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, según la UNE-EN ISO 1461, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos. Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2 del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según el CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc. Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá el CTE para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

22.3 Inversores

Los inversores fotovoltaicos constituyen el elemento encargado de transformar la energía eléctrica generada en corriente continua (CC) por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (CA), compatible con la red eléctrica interior de los edificios y con la red de distribución pública.

Los equipos seleccionados serán aptos para conexión a red en baja tensión, cumpliendo con la normativa vigente para instalaciones de autoconsumo con excedentes acogidas a compensación, y dispondrán de sistemas de control que permitan extraer en todo momento la máxima potencia disponible del generador fotovoltaico.

Los inversores deberán cumplir, como mínimo, las siguientes características generales:

- Funcionamiento autoconmutado.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia (MPPT).
- Imposibilidad de funcionamiento en modo isla.
- Capacidad de desconexión automática en caso de fallo de red.
- Supervisión continua de los parámetros eléctricos de entrada y salida.

Desde el punto de vista de la seguridad eléctrica y la compatibilidad electromagnética, los inversores cumplirán con las directivas europeas aplicables, debidamente certificadas por el fabricante, e incorporarán protecciones internas frente a:

- Cortocircuitos en corriente alterna.
- Tensiones de red fuera de rango.
- Frecuencias de red fuera de los valores admisibles.
- Sobretensiones transitorias y permanentes.
- Microcortes, defectos de fase, ausencia y retorno de red.

Cada inversor dispondrá de señalización clara de estados de funcionamiento y alarmas, así como de los dispositivos de mando necesarios para su operación segura, incluyendo como mínimo:

- Interruptor general de encendido y apagado.
- Dispositivo de conexión y desconexión respecto a la red de corriente alterna.

Desde el punto de vista eléctrico, los inversores cumplirán las siguientes prestaciones mínimas:

- Capacidad de operación continua con irradiancias superiores en un 10 % a las condiciones estándar de medida (STC).
- Soporte de picos de potencia de hasta el 30 % por encima de STC durante intervalos cortos.
- Rendimiento elevado, acorde con la potencia nominal del equipo.
- Autoconsumo nocturno reducido.
- Factor de potencia superior a 0,95 entre el 25 % y el 100 % de carga.
- Inyección a red a partir de potencias superiores al 10 % de su potencia nominal.
- El grado de protección mínimo de los inversores será:
- IP20 / IP30 para inversores instalados en interiores, en función de su accesibilidad.
- IP65 para inversores instalados en exteriores o en zonas expuestas a la intemperie.

Los equipos estarán garantizados para operar dentro de los rangos ambientales indicados por el fabricante, siendo compatibles con temperaturas ambiente habituales en los emplazamientos proyectados.

22.4 Cableados

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud del cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con las normas UNE-EN 50618 (H1Z2Z2-K) e IEC 62930.

22.5 Conexión a red

La conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red eléctrica se realizará conforme a lo establecido en el Real Decreto 244/2019, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y demás normativa de aplicación vigente.

La interconexión se efectuará en baja tensión, aguas abajo del equipo de medida existente, permitiendo el autoconsumo instantáneo de la energía generada y el vertido de excedentes a la red de distribución para su compensación, de acuerdo con la modalidad administrativa adoptada.

La configuración de conexión, protecciones y dispositivos de corte se ajustará a los esquemas unifilares incluidos en el presente proyecto, garantizando la seguridad de las personas, la correcta operación del sistema y la no afección a la red pública.

22.6 Medidas

Las instalaciones dispondrán de los sistemas de medida exigidos por la normativa vigente para instalaciones de autoconsumo, permitiendo la contabilización de la energía consumida, generada y, en su caso, vertida a la red.

El sistema de medida será el existente o el definido por la empresa distribuidora, no siendo objeto del presente proyecto la modificación del esquema de medida, salvo indicación expresa en la documentación técnica.

22.7 Protecciones

Las instalaciones fotovoltaicas dispondrán de las protecciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas, de los equipos y de la red eléctrica, conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la ITC-BT-40 y la normativa específica de autoconsumo.

Se dispondrán protecciones tanto en corriente continua como en corriente alterna, incluyendo, entre otras:

- Protecciones frente a sobretensiones.
- Protecciones frente a cortocircuitos.
- Protecciones diferenciales para contactos indirectos.

- Protecciones frente a sobretensiones permanentes y transitorias.

En conexiones trifásicas, las protecciones de máxima y mínima tensión y frecuencia actuarán sobre las tres fases, garantizando la desconexión completa del sistema en caso de anomalía.

La disposición exacta, calibres y características de las protecciones se recogen en los esquemas unifilares y en las partidas presupuestarias del proyecto.

22.8 Puesta a tierra

La instalación fotovoltaica dispondrá de un sistema de puesta a tierra conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la normativa aplicable a instalaciones generadoras conectadas a red.

Todas las masas metálicas de la instalación, tanto de corriente continua como de corriente alterna, se conectarán a una red de tierra común, garantizando la equipotencialidad del conjunto y la protección frente a contactos indirectos.

La toma de tierra del sistema fotovoltaico será independiente del neutro de la red de distribución, cumpliendo con los criterios establecidos para instalaciones interconectadas en baja tensión.

22.9 Armónicos y Compatibilidad Electromagnética

Las instalaciones fotovoltaicas cumplirán con los requisitos en materia de armónicos y compatibilidad electromagnética establecidos en la normativa vigente.

Los inversores seleccionados garantizarán que la distorsión armónica total inyectada a la red se mantenga dentro de los límites admisibles, no provocando perturbaciones en otros equipos conectados a la red eléctrica.

Asimismo, los equipos cumplirán con las directivas europeas de compatibilidad electromagnética, asegurando un funcionamiento correcto y estable del sistema en coexistencia con el resto de instalaciones eléctricas del edificio.

22.10 Mantenimientos

22.10.1 Mantenimiento de la instalación. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos requieren muy escaso mantenimiento, por su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector.

El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

- Limpieza periódica del panel, la periodicidad del proceso depende, lógicamente de la intensidad de ensuciamiento. En el caso de depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del panel, impidiendo a aquellas que se posen. La operación de limpieza

consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo. Esta operación se tiene que realizar a primeras horas de la mañana, cuando el módulo esté frío. No es recomendable en ningún caso utilizar mangueras a presión.

- Inspección visual de posibles degradaciones internas y de la estanqueidad del panel.
- Control de las conexiones eléctricas y el cableado. - Revisión de los prensaestopas de la caja de conexión.

22.10.2 Mantenimiento de la instalación. Inversor

El mantenimiento del inversor no difiere especialmente de las operaciones normales en los equipos electrónicos. Las averías en condiciones normales de funcionamiento son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- Observación visual general del estado y funcionamiento del inversor.
- Comprobación del conexionado y cableado de los componentes.
- Observación del funcionamiento de los indicadores ópticos.
- Acumulación de polvo y suciedad que se pueda producir en el conducto de ventilación

22.10.3 Mantenimiento de la instalación. Armarios de Conexión

- Se observará la estanqueidad de los armarios y prensaestopas.
- Cableado general del armario.
- Apriete de bornas y detección de cables con temperatura elevada.
- Señalización de cables en buen estado.
- Comprobación de las protecciones. (Varistores, fusibles, magnetotérmicos, seccionadores, diodos, etc.)

22.10.4 Mantenimiento de la instalación. Caminos de Cables

- Eliminar suciedad en las conducciones que se encuentren en el exterior.
- Comprobación visual del aislamiento de los cables.
- Revisión de la fijación a bandejas, muros, etc.
- Señala dotes de cables en buen estado.

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

**Ibon
Pérez
Ramos**

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

23 PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

23.1 Calidad de los materiales

23.1.1 Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

23.1.2 Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las prescripciones de este apartado serán de aplicación únicamente a los circuitos asociados a la instalación fotovoltaica y a sus elementos auxiliares, no siendo objeto del presente proyecto la ejecución de instalaciones de alumbrado, tomas de corriente ni urbanización.

23.1.3 Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas y trifásica, en corriente alterna, será la que a continuación se especifica:

- Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en Instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

23.1.4 Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

23.1.5 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

En circuitos de corriente continua fotovoltaica se mantendrá la identificación de polaridad conforme a UNE-HD 60364-7-712

23.1.6 Tubos protectores

Las prescripciones de este apartado serán de aplicación cuando se empleen canalizaciones mediante tubo, sin perjuicio de las canalizaciones mediante bandeja descritas en otros apartados del proyecto

23.1.6.1 Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos. Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

23.2 Normas de ejecución de las Instalaciones

23.2.1 Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

23.2.1.1 Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee una unión estanca.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

23.2.1.1.1 *Tubos en montaje superficial*

Cuando los tubos se coloquen 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, 0.50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

23.2.1.1.2 Tubos empotrados

Cuando los tubos se coloquen empotrados se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.
- Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

23.2.1.1.3 Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.
- Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

23.2.2 Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

- Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

- Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.
- Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.
- Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

23.2.3 Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarían la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

23.2.4 Aparatos de protección

23.2.4.1 Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

23.2.4.1.1 Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

23.2.4.1.2 *Protección contra sobrecargas*

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

23.2.4.1.3 *Protección contra cortocircuitos*

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

23.2.4.1.3.1 *Situación y composición*

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución, o tipo de conductores utilizados.

23.2.4.1.4 *Normas aplicables*

23.2.4.1.4.1 *Pequeños interruptores automáticos (PIA)*

Los interruptores automáticos para Instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma UNE-EN 60898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son:

- 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será:

- 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva:

- B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

23.2.4.1.4.2 Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60947-2.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (In).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.
- También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

23.2.4.1.4.3 Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60269-1:2008.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser:

- 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60947-2.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son:

- 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

23.2.4.2 Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

23.2.4.3 Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

- Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.
- El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio. Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico

deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar. En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

23.2.4.4 Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE-HD 60364-4-41:2010.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envoltentes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).

- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

23.3 Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

23.3.1 Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella. Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

23.3.2 Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

23.3.2.1 Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

23.3.2.2 *Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra*

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

23.3.3 **Pruebas reglamentarias**

23.3.3.1 *Comprobación de la puesta a tierra*

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

23.3.3.2 *Resistencia de aislamiento*

Las Instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

23.3.4 **Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las Instalaciones objeto del presente proyecto serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

23.4 Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

23.5 Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

23.6 Consejos de Utilización

INSTRUCCIONES DE USO Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE B. T.

La instalación de la cual Ud. será usuario, está realizada de acuerdo a las prescripciones del Reglamento para Baja Tensión, así como de las disposiciones complementarias de obligado cumplimiento y la Memoria Técnica de Diseño.

1. Antes de efectuar su póliza de abono (contrato) con la Cía. Suministradora, asesórese con el Instalador electricista Autorizado, la propia Compañía o profesional competente para elegir la tarifa y potencia más conveniente para usted.
2. No sobrepasar simultáneamente la potencia contratada con la Cía. Suministradora de energía, puesto que se le disparará el ICP (Interruptor de Control de Potencia), dejándole a usted sin servicio en toda la vivienda o local. Desconecte algún aparato (los de más potencia) y vuelva a accionar el ICP, desconecte el Interruptor General, y vuelva a conectar el ICP. Si aún así se dispara, avise a su compañía suministradora porque la avería está en el ICP.
3. Si se le dispara el IAD (Interruptor Automático Diferencial) en el cuadro general de mando y protección, actúe de la forma siguiente:
4. Desconecte todos los PIAs (Pequeño Interruptor Automático) y conecte el IAD.
5. Vaya conectando uno a uno todos los PIAs y el circuito que le haga disparar nuevamente el IAD es donde existe la avería. En este caso, desconecte los aparatos y lámparas de dicho circuito, y vuelva a accionar el PIA. Si no se dispara, la avería es de los aparatos. Si se dispara nuevamente tiene avería en este circuito, por lo que tendrá que avisar a su Instalador Autorizado.
6. Si se le dispara un PIA en el cuadro general de mando y protección, puede ser debido a estos dos casos:
7. Que el circuito que protege dicho PIA está sobrecargado, en cuyo caso deberá ir desconectando aparatos o lámparas, hasta conseguir reponer de nuevo el citado PIA,

8. Que en el circuito o en los aparatos y lámparas conectados a él, se haya producido un cortocircuito. Proceda como en el caso anterior (3b), para ver si dicha avería es de algún aparato o de la instalación. Deje desconectado dicho PIA y funcione con el resto de la instalación.
9. Compruebe con periodicidad (una vez al año por lo menos) y por medio de su Instalador Autorizado, la red de tierra de su vivienda o local.
10. Compruebe con periodicidad (una vez al año por lo menos) su IAD. Pulse el botón de prueba y si no dispara es que está averiado, por tanto, no está usted protegido contra derivaciones. Avise a su Instalador Autorizado.
11. Manipule todos los aparatos eléctricos, incluso el teléfono, SIEMPRE con las manos secas y evite estar descalzo o con los pies húmedos, y NUNCA los manipule cuando esté en el baño o bajo la ducha. ¡El agua es conductora de la electricidad!.
12. Si hay un fallo eléctrico en la instalación o en el aparato utilizado, usted corre el riesgo de electrocutarse. Ojo con los radios, secadores de pelo, aparatos de calor al borde de la bañera: pueden caerse al agua y electrocutarse.
13. Compruebe las canalizaciones eléctricas empotradas antes de taladrar una pared o el techo. Puede electrocutarse al atravesar una canalización con la taladradora.
14. En el caso de manipular algún aparato eléctrico, desconecte previamente el IAD del cuadro general y compruebe SIEMPRE que no existe tensión.
15. No usar nunca aparatos eléctricos con cables pelados, clavijas y enchufes rotos, etc.
16. No hacer varias conexiones en un mismo enchufe (no utilizar ladrones o clavijas múltiples).
17. No deje aparatos eléctricos conectados al alcance de los niños y procure tapar los enchufes a los que tenga acceso.
18. Abstenerse de intervenir en su instalación para modificarla. Si son necesarias modificaciones, éstas deberán ser efectuadas por un instalador autorizado.
19. Cuando un receptor (electrodoméstico, maquinaria, etc.) le dé "calambre" es porque hay derivación de corriente de los hilos conductores o en algún elemento metálico del electrodoméstico. Normalmente se Dispara el Diferencial. Localizar el aparato o parte de la instalación donde se produce y aislar debidamente al contacto con la parte metálica. Para ello debe llamar al Instalador Autorizado para que localice la fuga.
20. Al desconectar los aparatos no tire del cordón o hilo, sino de la clavija.

**Ibon
Pérez
Ramos**

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

24 ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

24.1 Objeto

Dar cumplimiento a las disposiciones Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, indicando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

24.2 Normativa aplicable

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Revisión.
- Ley 54/ 2003 de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004 de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006 de 19 de mayo por el que se modifican los RD 1627/1997 y RD 39/1997.
- Orden de 6 de julio de 1984 por la que se aprueban las Instrucciones Técnicas complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- 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 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- RD 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- RD 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- RD 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre materia de señalización de seguridad en el trabajo.

- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.

24.3 Datos generales del proyecto

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto cuyos datos generales son:

PROYECTO DE REFERENCIA	
Nombre del Proyecto:	INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA
Titular:	Ayuntamiento de Etxebarri
Promotor:	Ayuntamiento de Etxebarri

Tabla 1-Datos del proyecto

Se identificarán todos los posibles riesgos, eliminables o no, estableciendo las medidas preventivas que sea posible aplicar. Dichos riesgos se clasificarán por "factores de riesgos" asociados a las distintas operaciones que se realizarán en la obra. En este caso, se tratarán los diversos riesgos asociados a la instalación y montaje de un sistema solar fotovoltaico y su conexión. En primer lugar, se especificarán los riesgos comunes en toda la obra, para después, concretar los diversos riesgos específicos asociados directamente a la instalación.

24.4 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

24.4.1 Estudio Básico de Seguridad y Salud

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

24.4.2 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Trabajos en cubierta (caídas a distinto nivel).
- Riesgo eléctrico en CC (tensión permanente).
- Riesgo por arco eléctrico en CA.
- Manipulación manual de módulos FV (peso + viento).

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos.
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Contactos con la energía eléctrica (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.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

24.4.3 Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos, así como las medidas preventivas previstas.

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles.

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.

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.

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 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.

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.

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, así 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.

24.5 Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución 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 básico 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.

24.5.1 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

- 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, clase A.
 - Fajas y cinturones antivibraciones.
 - Pértiga de B.T.

- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

24.5.2 Riesgos asociados a la obra

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

24.5.2.1 Toda la obra

- a) Riesgos más frecuentes:
 - Caídas de operarios al mismo nivel.
 - Caídas de objetos sobre operarios.
 - Caídas de objetos sobre terceros.
 - Choques o golpes contra objetos.
 - Fuertes vientos.
 - Ambientes pulvígenos.
 - Trabajos en condición de humedad.
 - Contactos eléctricos directos e indirectos.
 - Cuerpos extraños en los ojos.
 - Sobreesfuerzos.
 - Riesgo por radiación solar prolongada.
 - Riesgo por superficies deslizantes en cubierta.
- b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:
 - Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
 - Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
 - Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
 - Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
 - No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
 - Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.
 - Señalización de la obra (señales y carteles).
 - Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
 - Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
 - Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
 - Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
 - Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B.
 - Evacuación de escombros.

- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.
- c) Equipos de protección individual:
 - Cascos de seguridad.
 - Calzado protector.
 - Ropa de trabajo.
 - Casquetes antirruidos.
 - Gafas de seguridad.
 - Cinturones de protección.

24.5.2.2 Montaje y puesta en tensión

La parte de corriente continua se considera en tensión siempre que exista irradiación solar.

Colocación de soportes y embarrados

- a) Riesgos más frecuentes:
 - Caídas a distinto nivel.
 - Choques o golpes.
 - Proyección de partículas.
 - Contacto eléctrico indirecto.
- b) Medidas de prevención:
 - Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
 - Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
 - Disponer de iluminación suficiente.
 - Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
 - Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
 - Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

Descarga y montaje de elementos prefabricados

- a) Riesgos más frecuentes:
 - Vuelco de la grúa.
 - Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
 - Precipitación de la carga.
 - Proyección de partículas.
 - Caídas de objetos.
 - Contacto eléctrico.
 - Sobreesfuerzos.

- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.
- b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:
 - Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
 - Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
 - Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
 - Correcta distribución de cargas.
 - Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
 - Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.
 - Apantallamiento de líneas eléctricas de A.T.
 - Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
 - Flecha recogida en posición de marcha.

Operaciones de puesta en tensión

- a) Riesgos más frecuentes:
 - Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
 - Arco eléctrico en A.T. y B.T.
 - Elementos candentes y quemaduras.
- b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:
 - Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
 - Apantallar los elementos de tensión.
 - Enclavar los aparatos de maniobra.
 - Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
 - Ningún trabajador podrá abrir un armario eléctrico sin la preceptiva autorización para ello del jefe de la Obra.
 - En situaciones atmosféricas de tormenta (presencia de relámpagos, truenos) o de inminente aproximación de la misma, se deberán cesar inmediatamente los trabajos que se estén realizando sobre conductores eléctricos expuestos o equipos eléctricos conectados a estos conductores; tanto si se trata de trabajos en Instalaciones de exterior, interior o en red subterránea.
 - Antes de conectar un equipo o cuadro, verificar que la tensión y frecuencia de las bases de salida del grupo se corresponden con las indicadas en su placa y características.
 - Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.
- c) Protecciones individuales:
 - Calzado de seguridad aislante.
 - Herramientas de gran poder aislante.
 - Guantes eléctricamente aislantes.

- o Pantalla que proteja la zona facial.

Pruebas y puesta en servicio

- a) Riesgos más frecuentes:

Golpes.

Heridas.

Caídas de objetos.

Atrapamientos.

Contacto eléctrico directo e indirecto en B.T. Arco eléctrico en B.T.

Elementos candentes y quemaduras.

- b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

Utilización de EPI's.

Seguir los procedimientos de descarga de Instalaciones eléctricas.

Control de maniobras, vigilancia continuada.

24.5.2.3 Trabajos laborables especiales

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el Anexo II del Real Decreto 1627/1997.

- Sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas, se debe señalizar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.

Ibon
Pérez
Ramos

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

25 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

25.1 Objeto, finalidad y ámbito de aplicación del Plan de Control de Calidad

El presente Plan de Control de Calidad tiene como finalidad establecer de forma detallada los procedimientos, verificaciones y controles necesarios para garantizar que la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo se ejecuta conforme al proyecto aprobado, a la normativa técnica vigente y a los criterios de calidad exigibles a este tipo de instalaciones.

Este Plan resulta de aplicación a la totalidad de la instalación fotovoltaica, incluyendo el generador solar, los inversores, los sistemas de protección en corriente continua y alterna, las canalizaciones, el cableado, los sistemas de puesta a tierra y equipotencialidad, así como su integración con la instalación eléctrica interior existente del edificio.

El control de calidad se plantea como un proceso continuo, que abarca desde la fase previa a la ejecución hasta la puesta en servicio definitiva de la instalación, con el objetivo de detectar desviaciones, minimizar errores de ejecución y asegurar que la instalación de autoconsumo alcance las prestaciones energéticas, funcionales y de seguridad previstas en el proyecto.

25.2 Criterios generales de calidad aplicables a instalaciones de autoconsumo

La instalación fotovoltaica de autoconsumo deberá ejecutarse conforme a criterios de calidad que aseguren:

- La seguridad eléctrica de las personas y de los bienes, evitando riesgos derivados de contactos directos, indirectos o defectos de aislamiento.
- La fiabilidad del sistema, garantizando un funcionamiento estable, continuo y compatible con la red eléctrica interior del edificio.
- La durabilidad de los materiales y equipos instalados, considerando las condiciones ambientales del emplazamiento y el régimen de funcionamiento previsto.
- La correcta integración del sistema de autoconsumo con la instalación eléctrica existente, evitando interferencias, desequilibrios o afecciones a otros servicios eléctricos.

Estos criterios se aplicarán tanto a los materiales empleados como a los procedimientos de montaje y conexionado, siendo responsabilidad de la dirección facultativa verificar su cumplimiento.

25.3 Control del proyecto de la instalación fotovoltaica de autoconsumo

Antes del inicio de la ejecución de las obras se realizará un control exhaustivo del proyecto, con el objeto de verificar su coherencia técnica, su grado de definición y su adecuación a la normativa aplicable a instalaciones de autoconsumo conectadas a red.

Este control permitirá comprobar que el proyecto define correctamente la potencia instalada, la configuración de strings, la selección de inversores y el régimen de funcionamiento previsto (autoconsumo sin excedentes o con

excedentes).

Se verificará que los cálculos eléctricos justifican adecuadamente la selección de secciones de conductores, las protecciones frente a sobrecorrientes y cortocircuitos, la caída de tensión y la coordinación de protecciones.

Asimismo, se comprobará que el proyecto contempla de forma expresa las condiciones de desconexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de fallo de red, conforme a la normativa vigente, evitando el funcionamiento en isla no intencionado.

Este control previo del proyecto constituye una medida preventiva esencial para garantizar la calidad final de la instalación y reducir incidencias durante la ejecución.

25.4 Control de recepción de productos, equipos y sistemas

25.4.1 Alcance del control de recepción

El control de recepción tiene por objeto verificar que los productos, equipos y sistemas suministrados a la obra cumplen las especificaciones técnicas definidas en el proyecto y son adecuados para su uso en una instalación de autoconsumo.

Este control se realizará antes de la instalación de los materiales, evitando la incorporación de elementos no conformes o incompatibles con el sistema proyectado.

25.4.2 Verificación documental de los suministros

Se comprobará que todos los productos disponen de la documentación técnica exigible, incluyendo marcado CE cuando sea aplicable, declaraciones de conformidad del fabricante, fichas técnicas y manuales de instalación.

En el caso de los módulos fotovoltaicos, se verificará la correspondencia entre el modelo suministrado y el especificado en proyecto, así como la integridad física de los paneles y la ausencia de daños visibles.

Para los inversores fotovoltaicos se revisará que son aptos para funcionamiento en autoconsumo, que incorporan sistemas de protección frente a sobretensiones, sobrecorrientes y fallos de red, y que cumplen los requisitos de compatibilidad electromagnética.

25.5 Control de ejecución de la instalación

25.5.1 Control del montaje del generador fotovoltaico

Durante el montaje del generador fotovoltaico se verificará que la estructura de soporte se instala conforme a las especificaciones del fabricante y del proyecto, asegurando la estabilidad mecánica del conjunto y evitando deformaciones o esfuerzos indebidos sobre los módulos.

Se comprobará que la disposición de los paneles permite una correcta ventilación trasera, reduciendo el riesgo de sobrecalentamiento y mejorando el rendimiento energético del sistema.

25.5.2 Control del cableado y canalizaciones

El tendido de los conductores de corriente continua y alterna se realizará de forma ordenada y diferenciada, garantizando su correcta identificación y evitando interferencias entre circuitos.

Se comprobará que las canalizaciones protegen adecuadamente el cableado frente a agresiones mecánicas, radiación solar y agentes ambientales, y que se mantienen radios de curvatura adecuados.

25.5.3 Control de la puesta a tierra y equipotencialidad

Se verificará la continuidad eléctrica de los conductores de protección y la correcta conexión de todas las masas metálicas de la instalación fotovoltaica al sistema de puesta a tierra del edificio.

Este control resulta especialmente relevante en instalaciones de autoconsumo, ya que una deficiente puesta a tierra puede comprometer tanto la seguridad de la instalación fotovoltaica como la de la instalación eléctrica existente.

25.6 Control específico de la integración del autoconsumo con la red interior

Se realizará un control específico de la integración del sistema de autoconsumo con la red eléctrica interior del edificio, verificando que la conexión se efectúa en el punto previsto en el proyecto y que no se producen afecciones negativas al resto de la instalación.

Se comprobará que los dispositivos de protección aguas arriba y aguas abajo de la conexión están correctamente coordinados y que la instalación fotovoltaica no introduce desequilibrios ni perturbaciones en la red interior.

Asimismo, se verificará que el sistema de autoconsumo dispone de los elementos necesarios para su correcta identificación y señalización, facilitando futuras operaciones de mantenimiento y explotación.

25.7 Control de la instalación terminada y pruebas de puesta en servicio

Una vez finalizada la instalación, se realizarán pruebas funcionales completas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de autoconsumo.

Estas pruebas incluirán la comprobación de la generación eléctrica, el funcionamiento de los inversores, la correcta inyección de energía en la red interior y la actuación de los dispositivos de protección.

Se verificará de forma expresa la desconexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de ausencia de tensión en la red, asegurando el cumplimiento de los requisitos de seguridad frente al funcionamiento en isla.

25.8 Documentación final y trazabilidad del control de calidad

Al finalizar la obra se recopilará toda la documentación relativa al control de calidad realizado, incluyendo actas de control, resultados de pruebas, certificados de equipos y planos finales de la instalación.

Esta documentación permitirá acreditar ante la propiedad y ante la Administración competente que la instalación de autoconsumo se ha ejecutado conforme a los criterios de calidad establecidos y que es apta para su puesta en servicio.

25.9 Certificación final, garantías y mantenimiento

El director de la ejecución de la obra certificará que los trabajos se han ejecutado conforme al proyecto y que se han aplicado los controles de calidad definidos en el presente Plan.

El director de obra certificará que la instalación cumple la normativa vigente, es segura y se encuentra en condiciones adecuadas para su explotación como instalación de autoconsumo.

Finalmente, se dejarán establecidas las bases para el mantenimiento futuro de la instalación, asegurando que las condiciones de calidad alcanzadas en la ejecución se mantengan durante su vida útil.

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

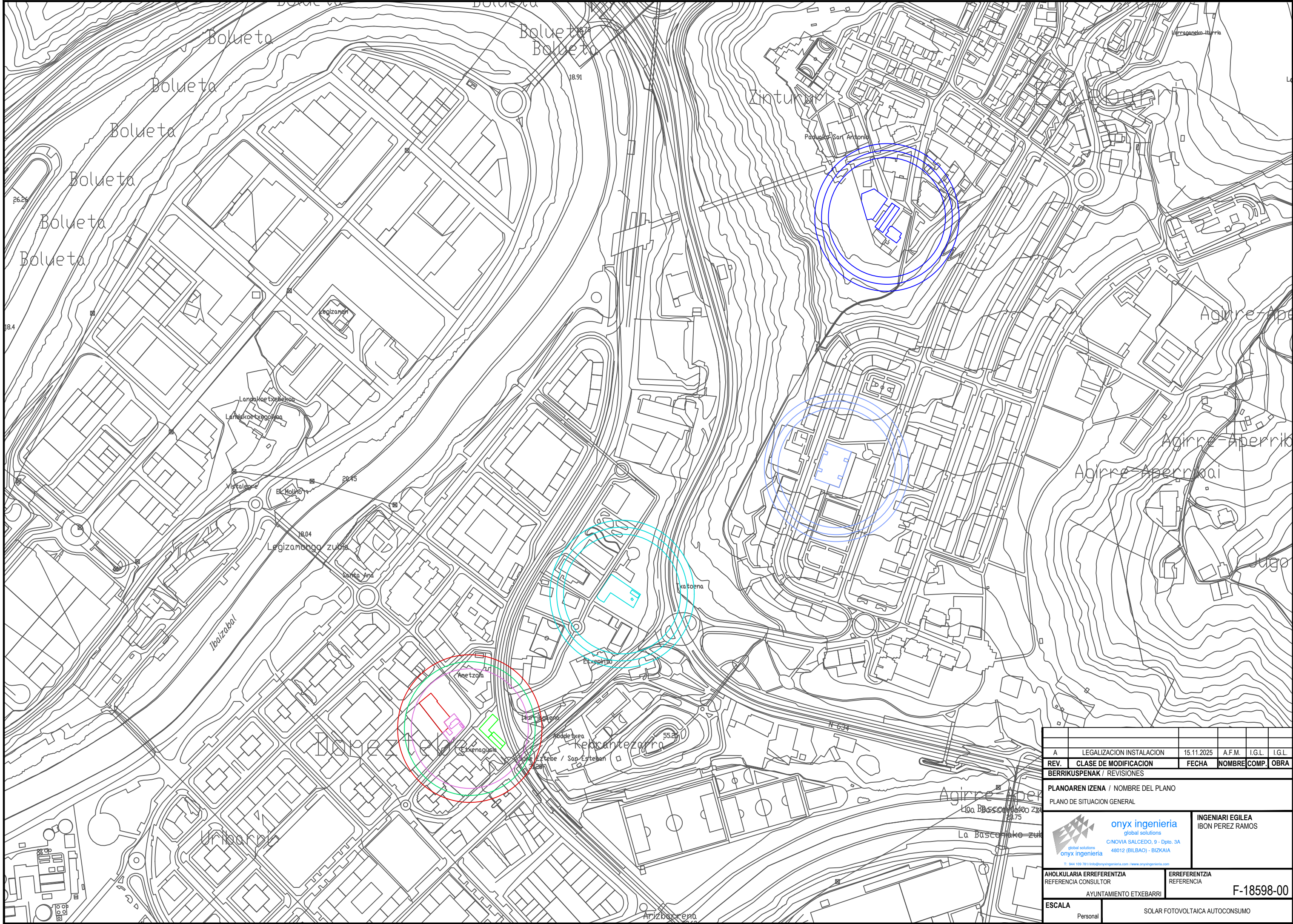
Colegiado COIIB 6677

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

**Ibon
Pérez
Ramos**

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

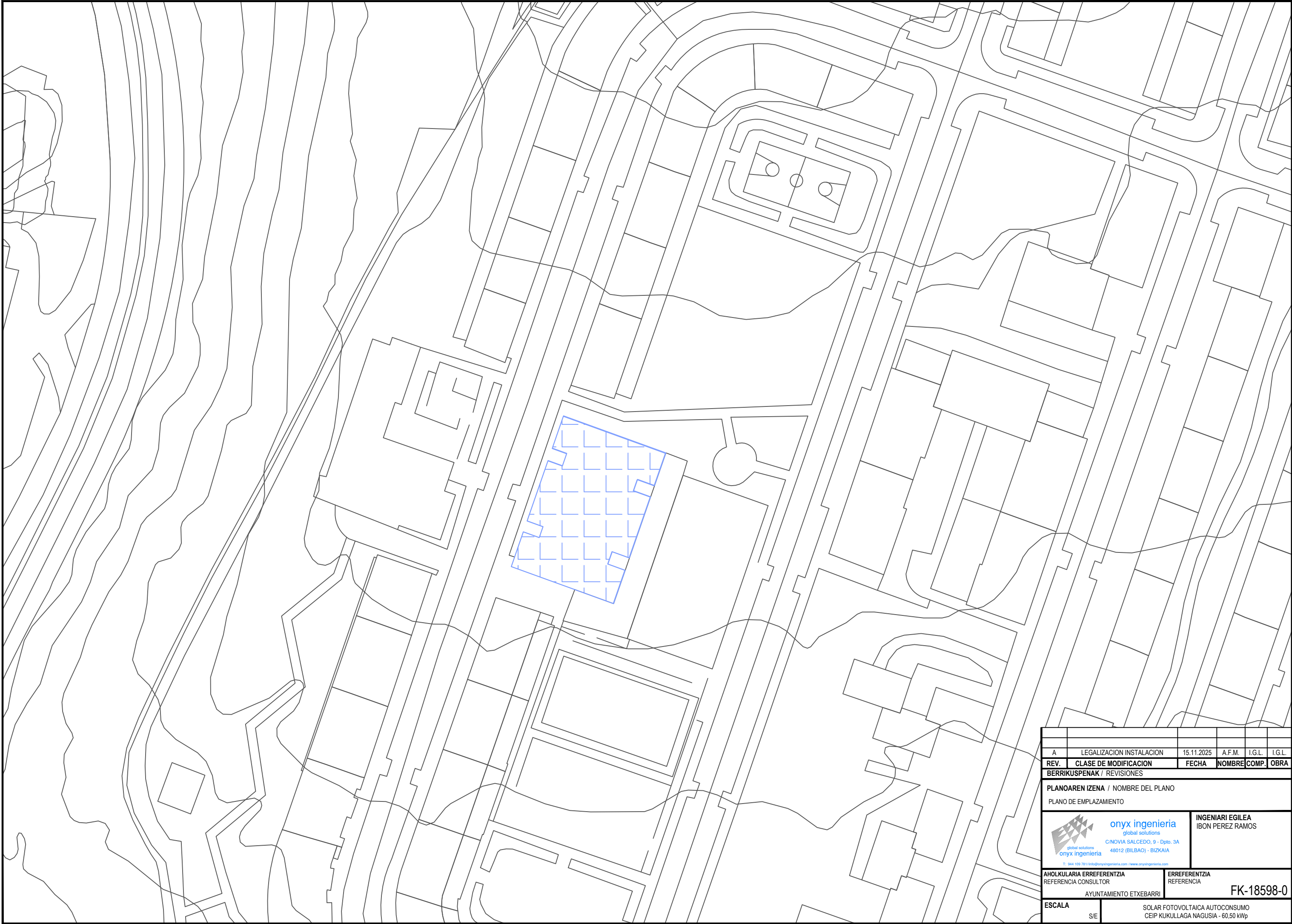
26 PLANOS



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE SITUACION GENERAL					
 onyx ingenieria global solutions T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA					
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			F-18598-00		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
Personal					

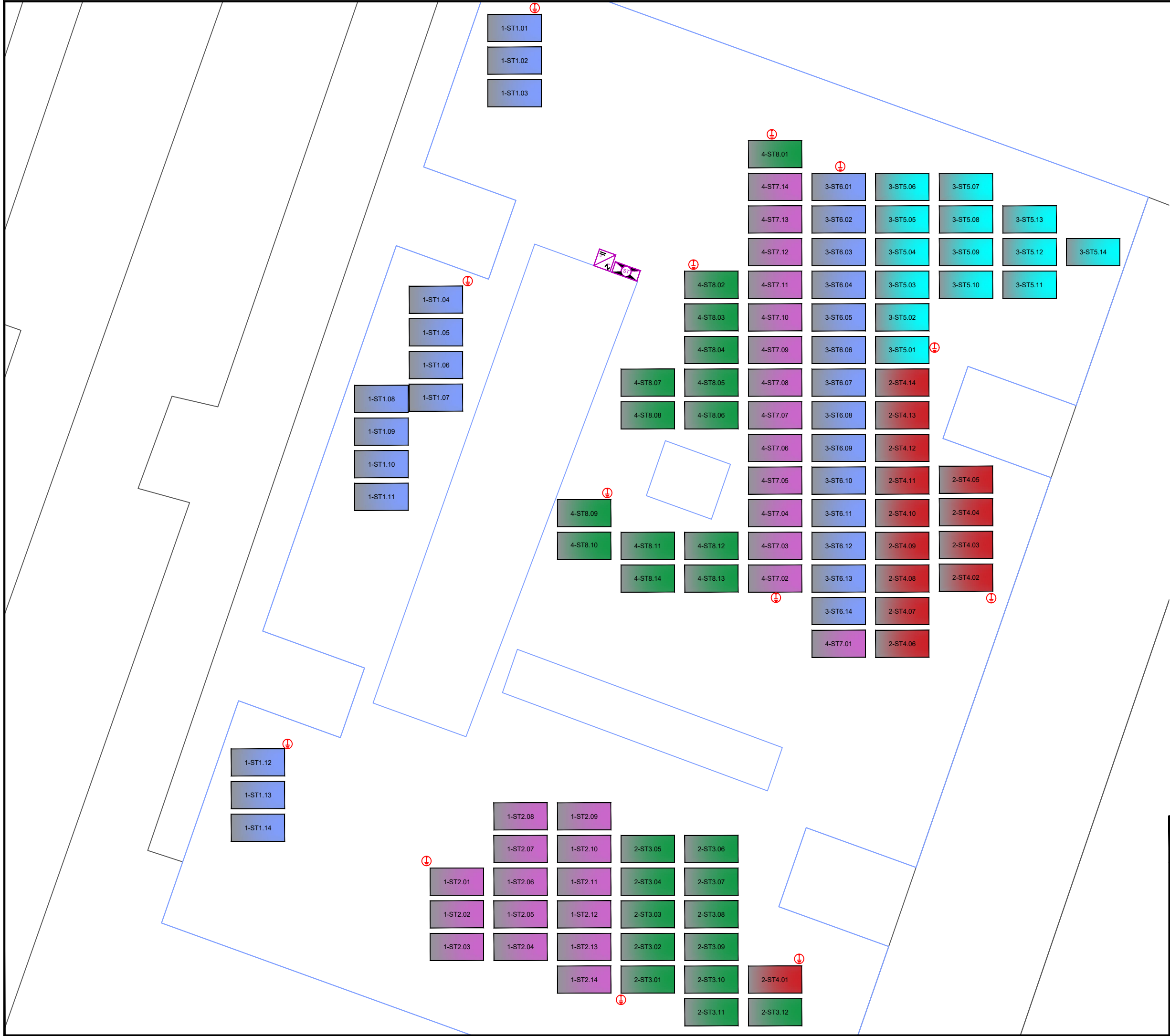
Dokumentu honen paperreko kopia inprimatua kopia lauduztat hartuko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 00c37a2c-70a4-4944-8096-080c50a162d77. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.

Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia laudortzat haruko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 60307a27-706e-4944-8096-080c50a362d77. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FK-18598-0		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO CEIP KUKULLAGA NAGUSIA - 60,50 kWp			
S/E					

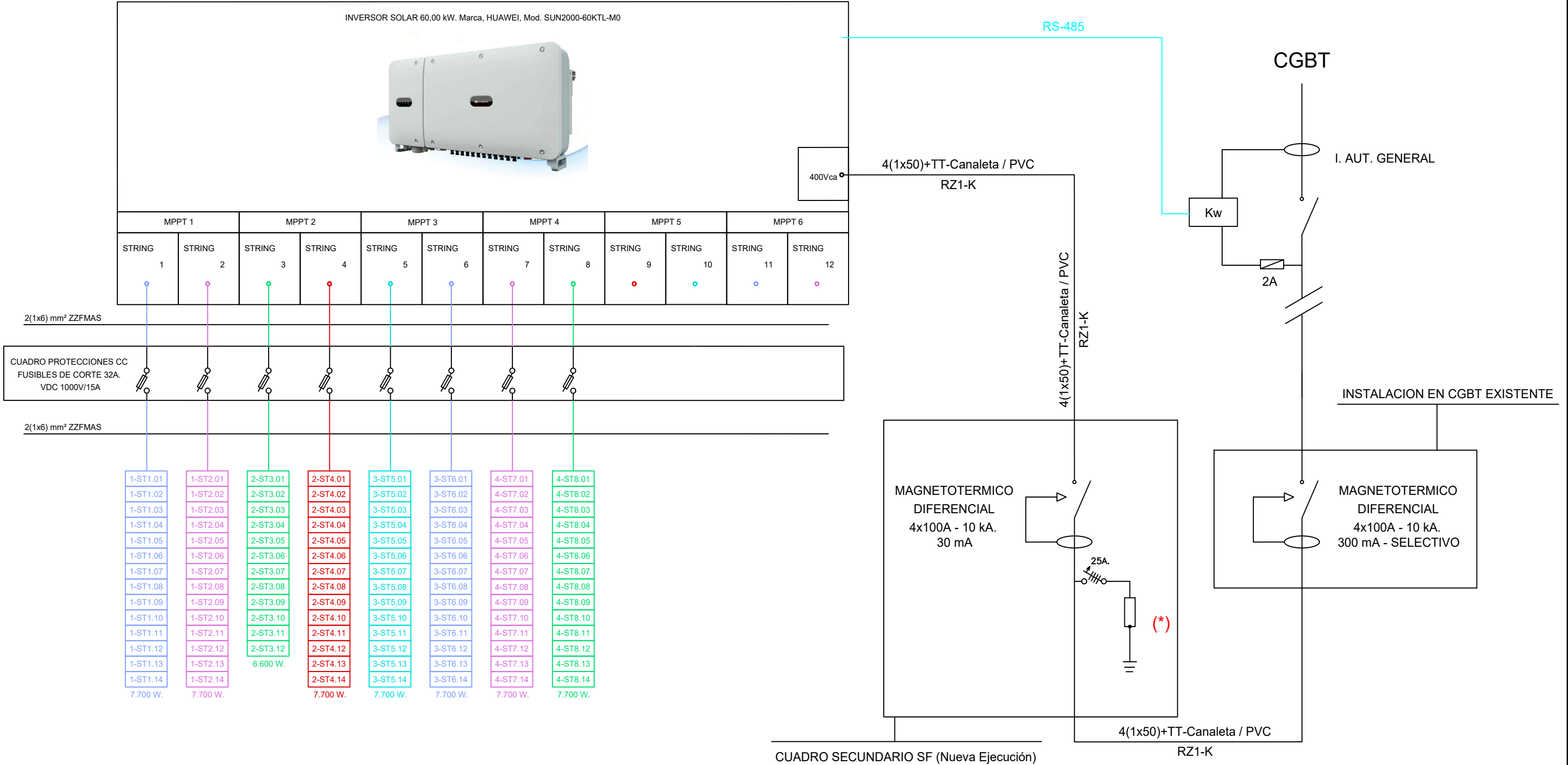
Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia lauroburatz harula da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 06307ae2-706e-4944-809e-080c508162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



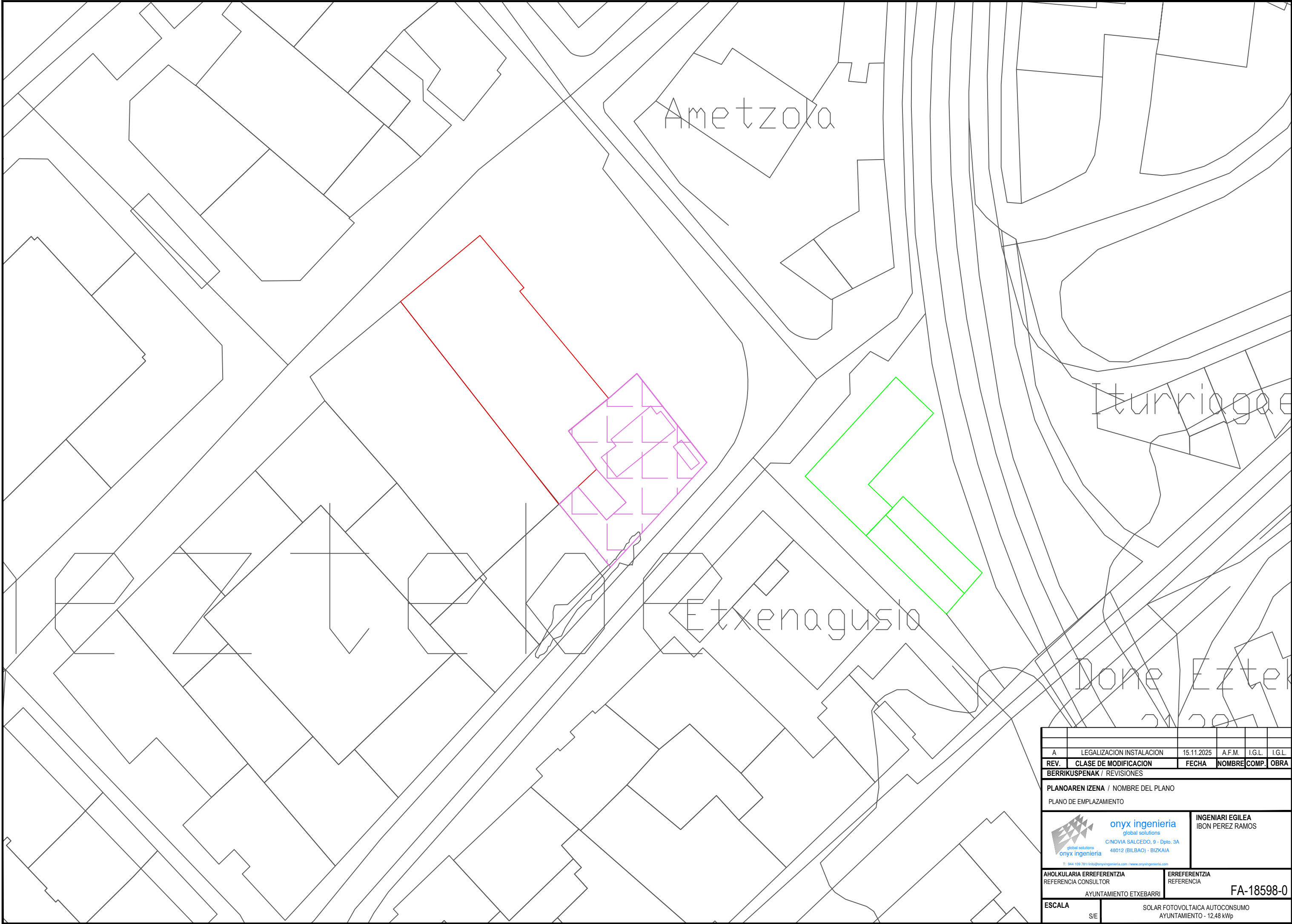
LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
	INVERSOR SOLAR 60.00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-60KTL-M0
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (H07Z1)
	CANAleta DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 5)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 6)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 7)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL, ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 8)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FK-18598-1		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO CEIP KUKULLAGA NAGUSIA - 60,50 kWp			
1:150					

Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia laurozkat hartuko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c3d7a27-706e-4944-8d9e-08d5c598162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.

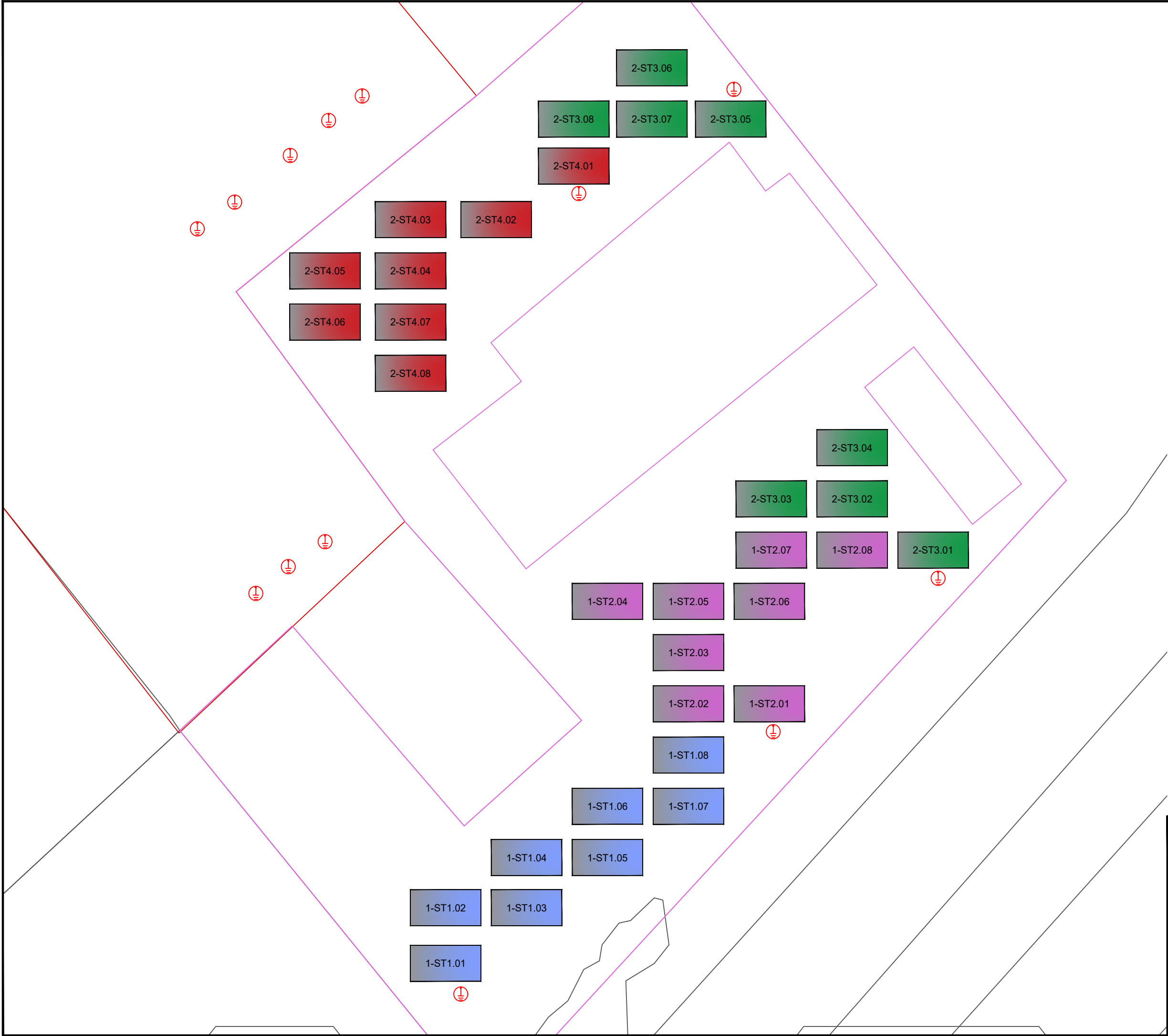


A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - ESQUEMA STRING					
 Global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FK-18598-2		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO CEIP KUKULLAGA NAGUSIA - 60,50 kWp			
S/E					



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 onyx ingenieria global solutions T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com		INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS			
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI		FA-18598-0			
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO AYUNTAMIENTO - 12,48 kWp			
S/E					

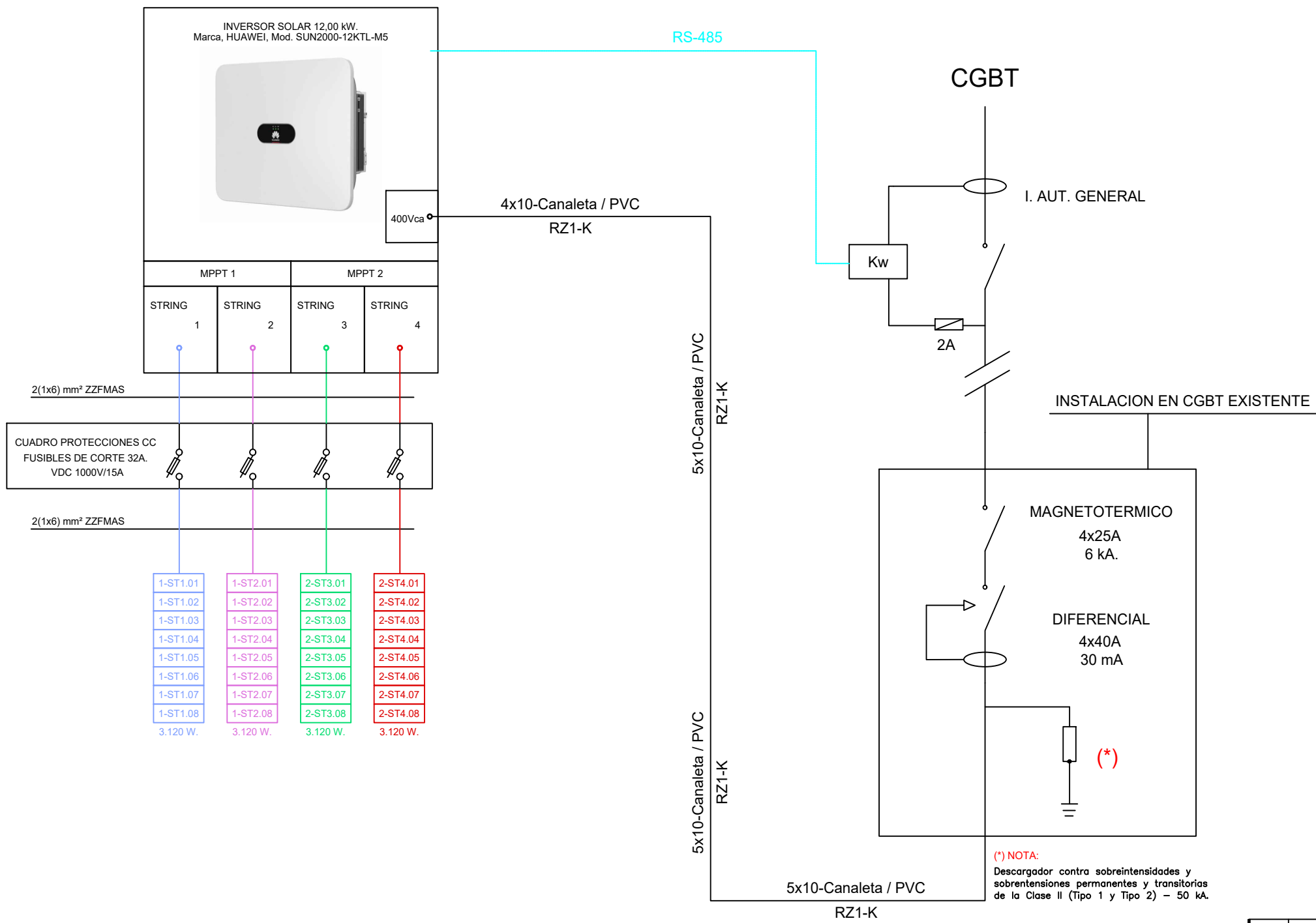
Dokumentu honen paperreko kopia inprimatua kopia laudortzat haruko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 60c307ae2-706e-4944-809e-08d0c598162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. DOUBLE GLASS MODULE CELULAS 390W.
	INVERSOR SOLAR 12.00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-12KTL-M5
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (H07Z1)
	CANAleta DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FA-18598-1		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
1:100		AYUNTAMIENTO - 12,48 kWp			

Dokumentu honen paperreko kopia inprimatua kopia lauroburat harula da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c3d7a27-736e-4944-8d9e-58d5c5a362d77. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - ESQUEMA STRING					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 / info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com		INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS			
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA		FA-18598-2	
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI					
ESCALA S/E		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO AYUNTAMIENTO - 12,48 kWp			

Ametzola

Iturriagaena

Abadetxe

Etxenagusio

Done Eztebe / San Esteban

31/28

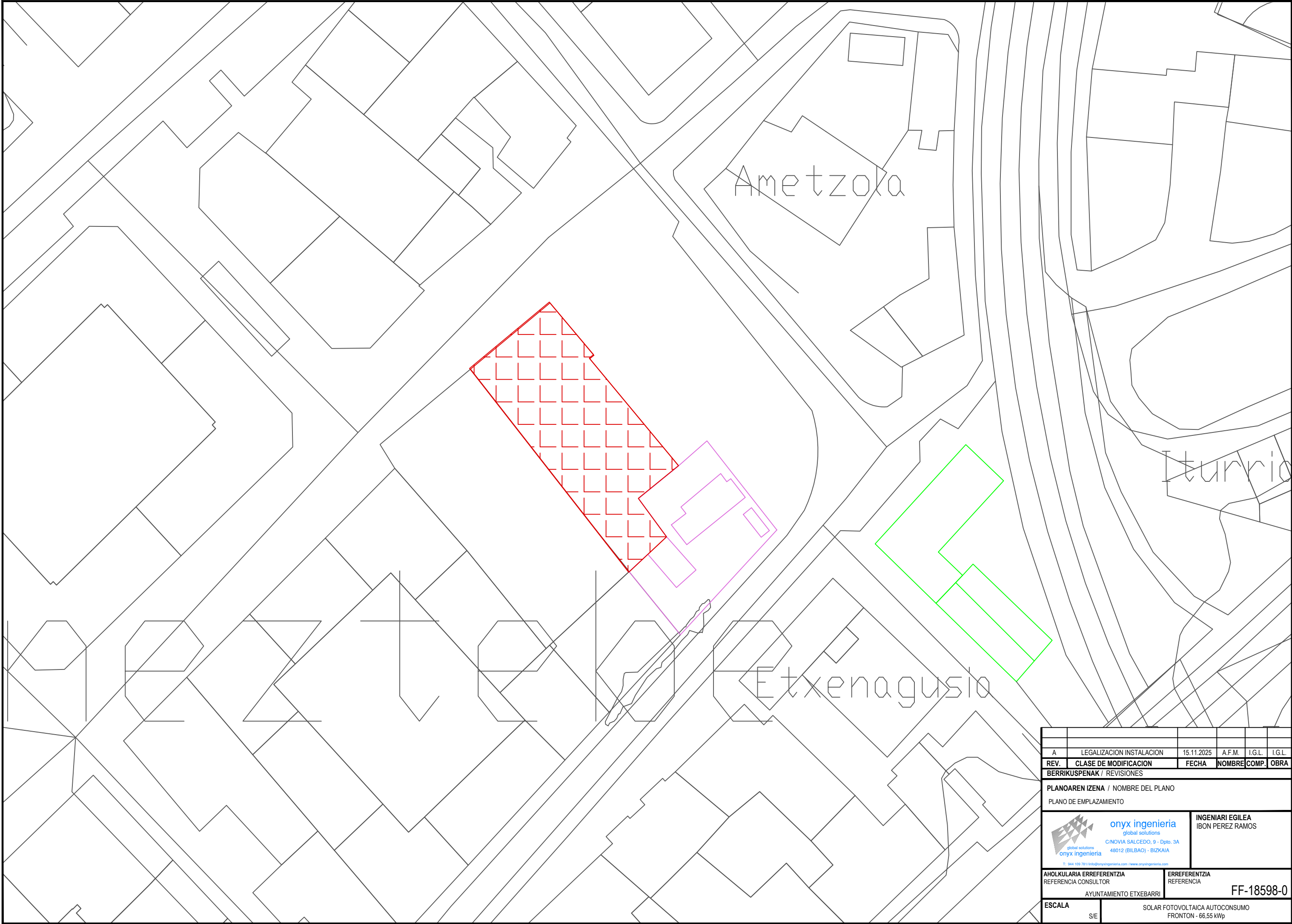
A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA T: 944 109 781 / info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FC-18598-0		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
S/E		CIME - 27,68 kWp			

Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia laudortzat haruko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c3d7ae2-706e-4944-8d9e-08d5c5a3162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



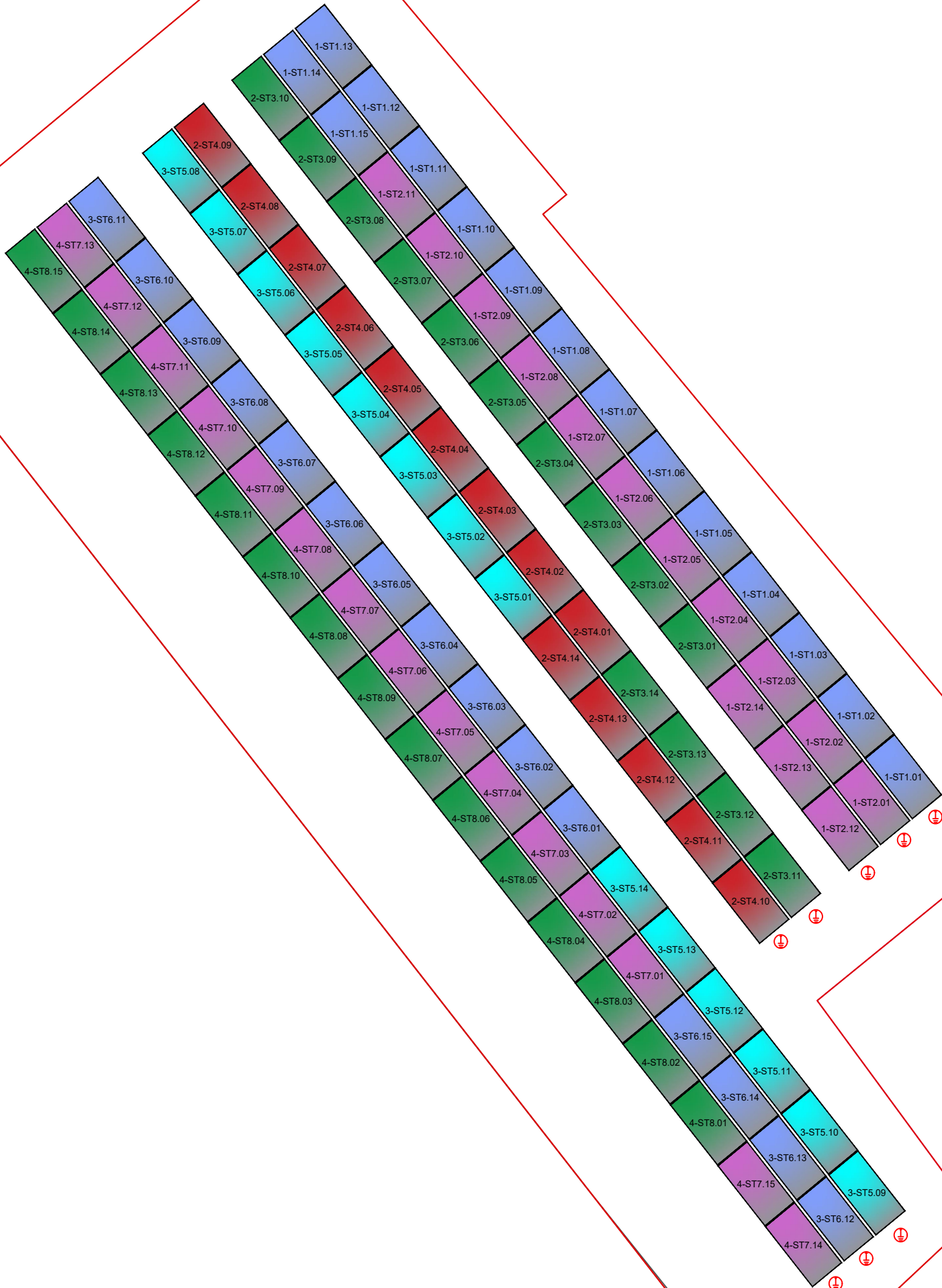
LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM DOUBLE GLASS MODULE CELULAS 720W.
	INVERSOR SOLAR 30,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-30KTL-M3
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (H07Z1)
	CANAleta DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 5)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 6)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781/info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FC-18598-1		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
1:150		CIME - 27,68 kWp			



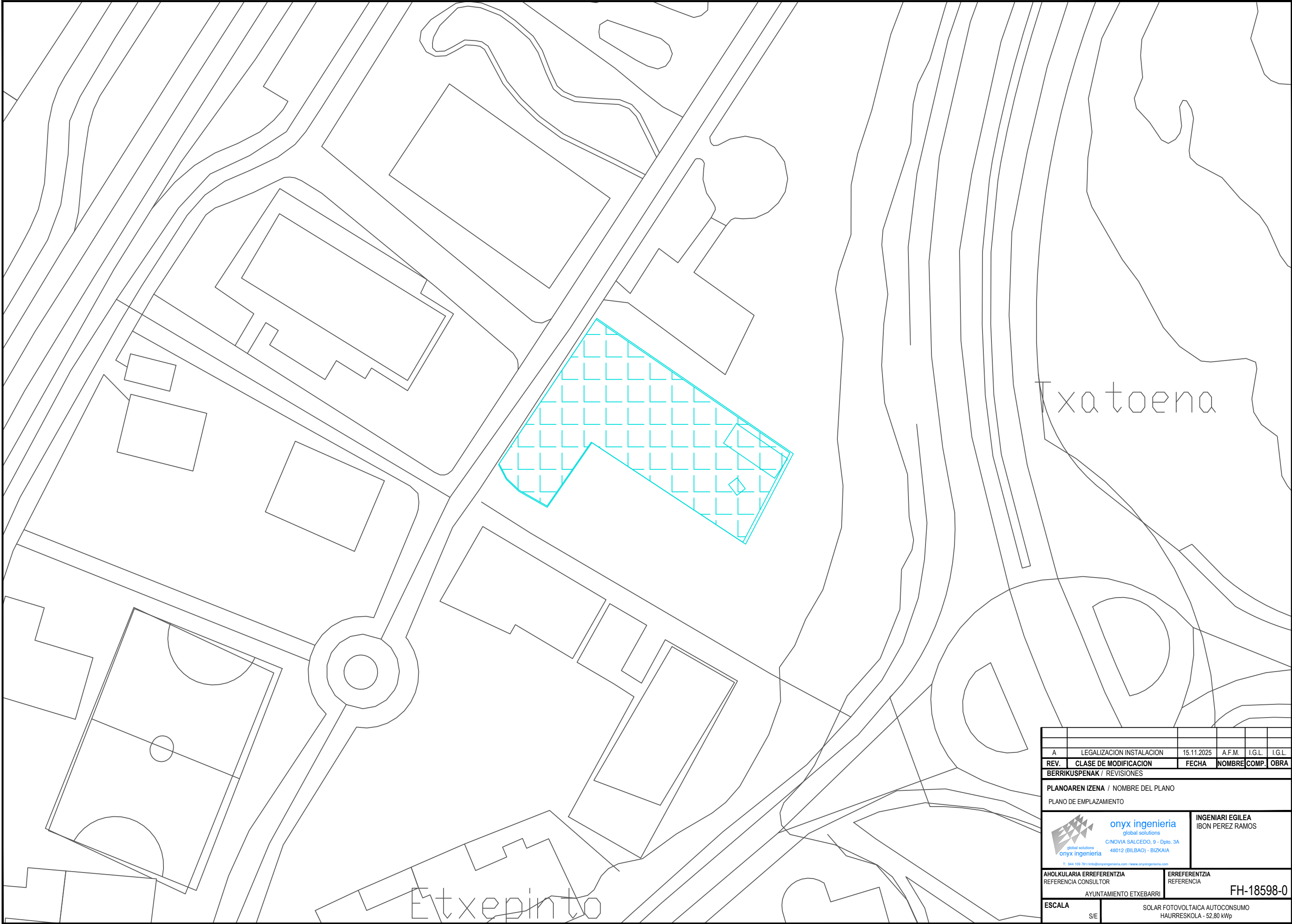
A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FF-18598-0		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO FRONTON - 66,55 kWp			
S/E					

Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia laudortzat haruko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c5a7ae2-706e-4944-8d9e-08d5c5a8162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



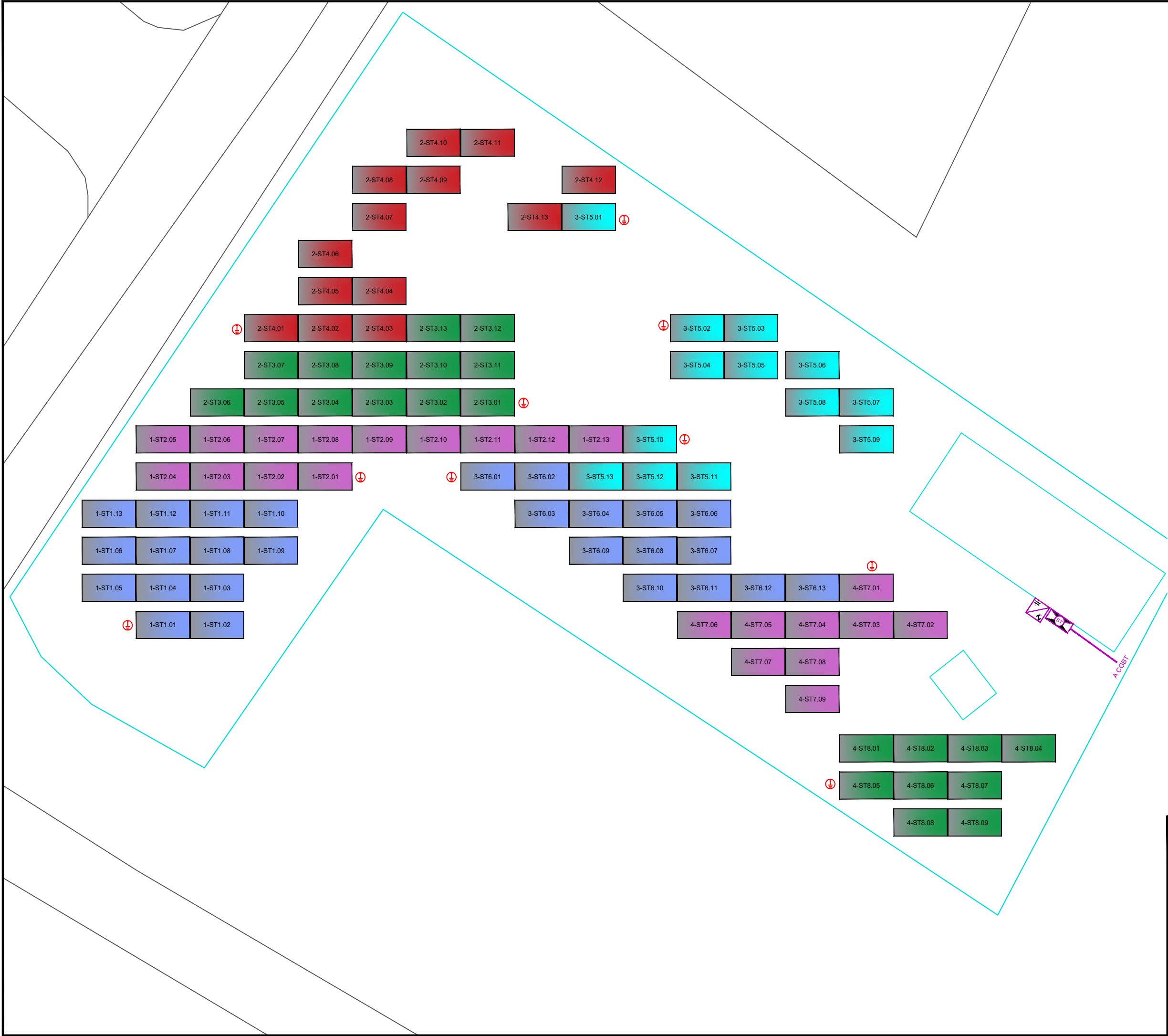
LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
	INVERSOR SOLAR 65,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-65KTL-M0
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (H07Z1)
	CANALETA DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 5)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 6)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 7)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 8)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 / info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA					
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FF-18598-1		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
1:150		FRONTON - 66,55 kWp			



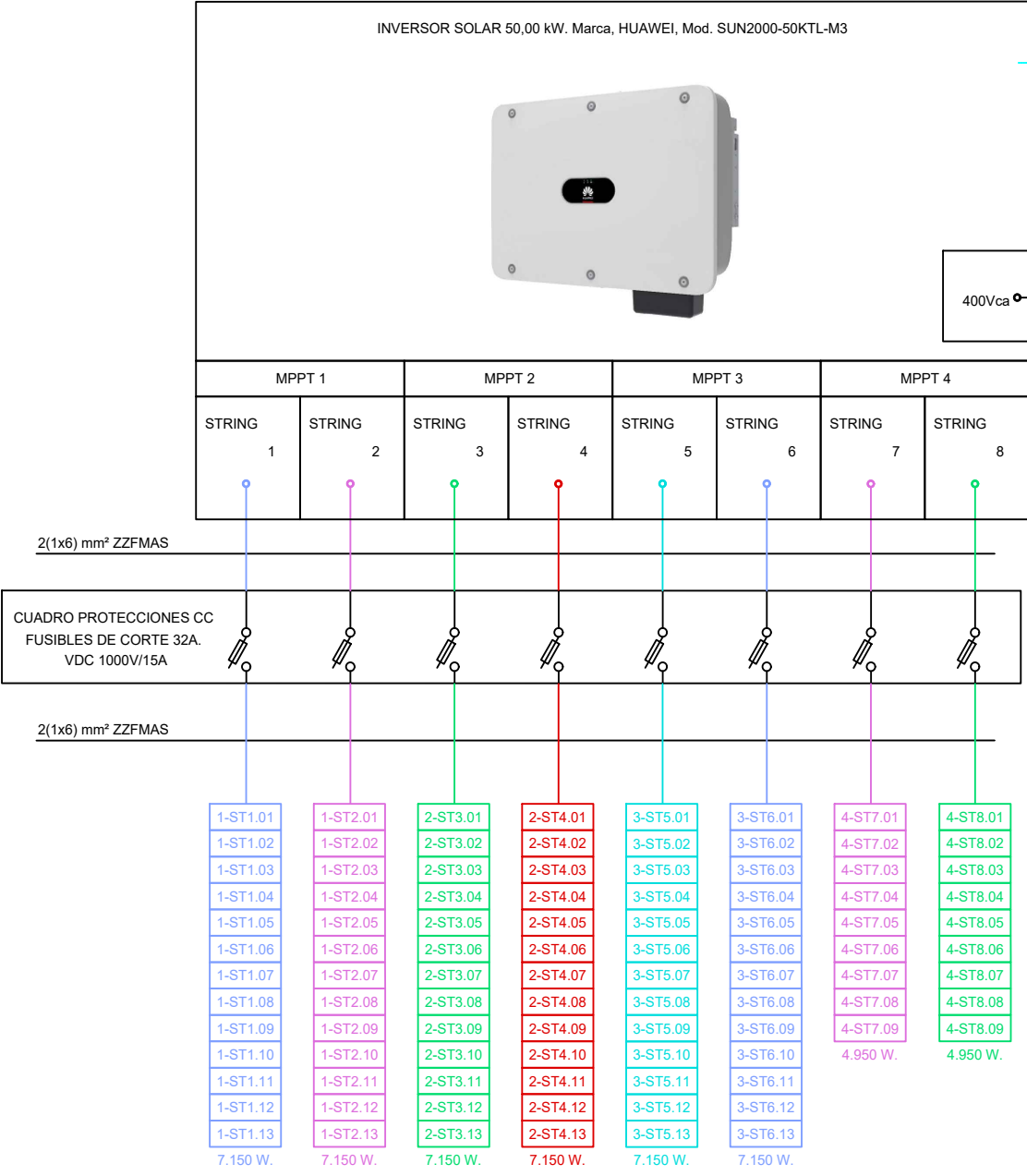
A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 onyx ingenieria global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FH-18598-0		
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
S/E		HAURRESKOLA - 52,80 kWp			

Dokumentu honen paperreko kopia inprimatua kopia lauroburatz harula da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c3d7ae2-706e-4e44-8d9e-08d5c58362d7. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
	INVERSOR SOLAR 50,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-50KTL-M3
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (H07Z1)
	CANAleta DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 5)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 6)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 7)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 8)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA T: 944 109 781/info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FH-18598-1		
ESCALA 1:150		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO HAURRESKOLA - 52,80 kWp			



RS-485

CGBT

I. AUT. GENERAL

Kw

2A

INSTALACION EN CGBT EXISTENTE

MAGNETOTERMICO
DIFERENCIAL
4x100A - 10 kA.
30 mA

25A.

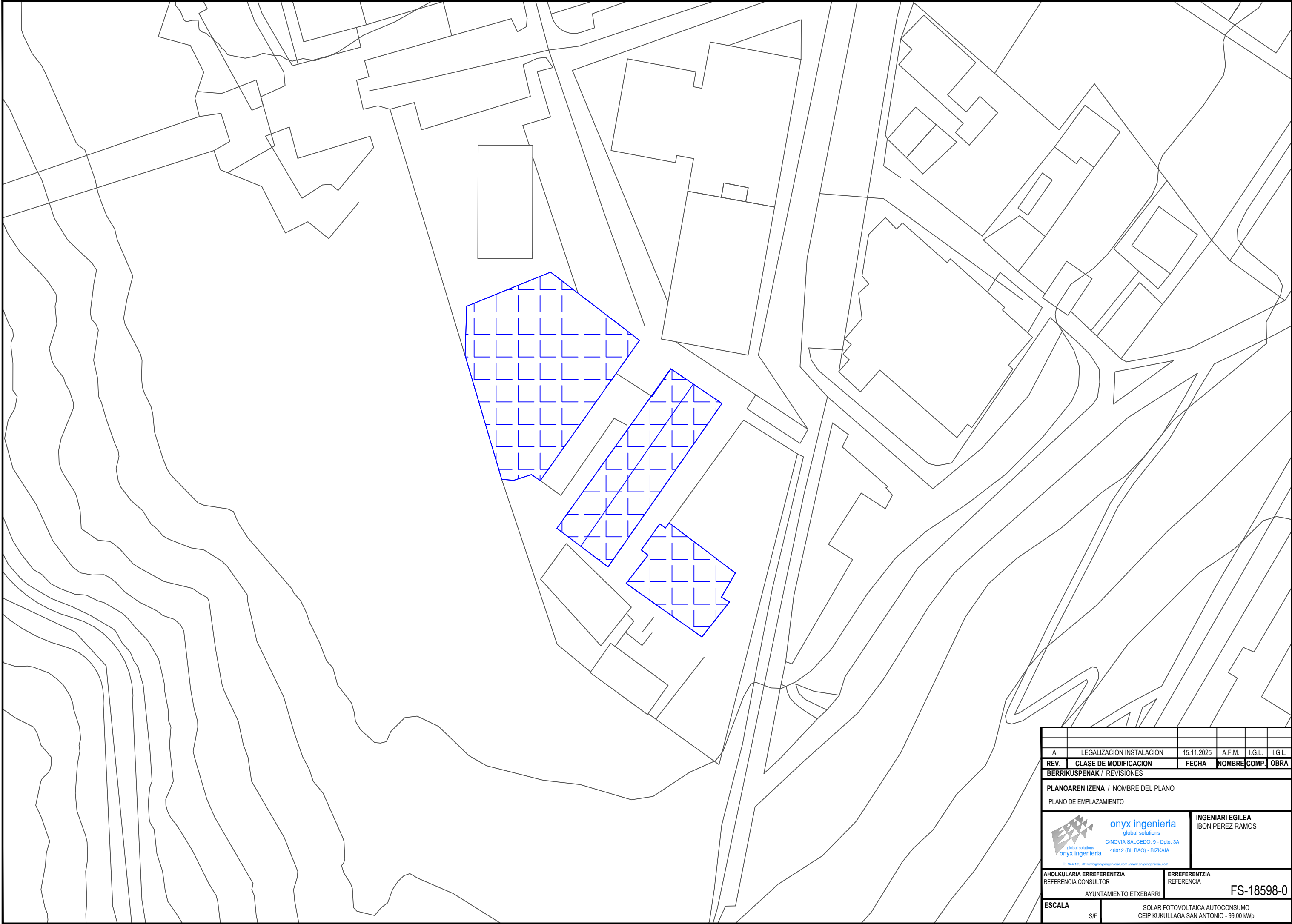
(*)

(*) NOTA:
Descargador contra sobrentensiones y
sobretensiones permanentes y transitorias
de la Clase II (Tipo 1 y Tipo 2) - 50 kA.

4(1x35)+TT-Canaleta / PVC
RZ1-K

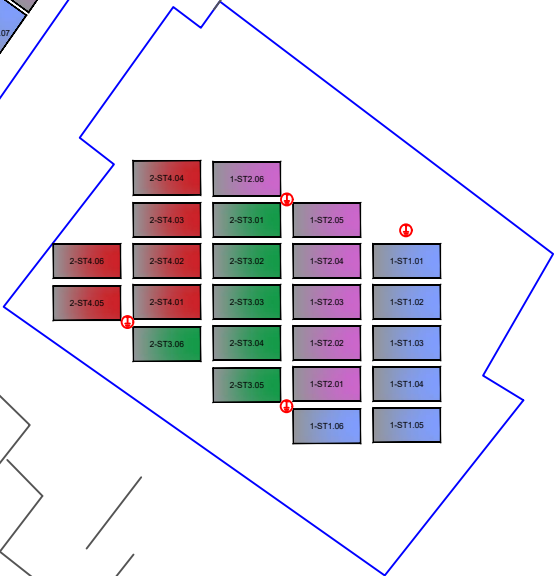
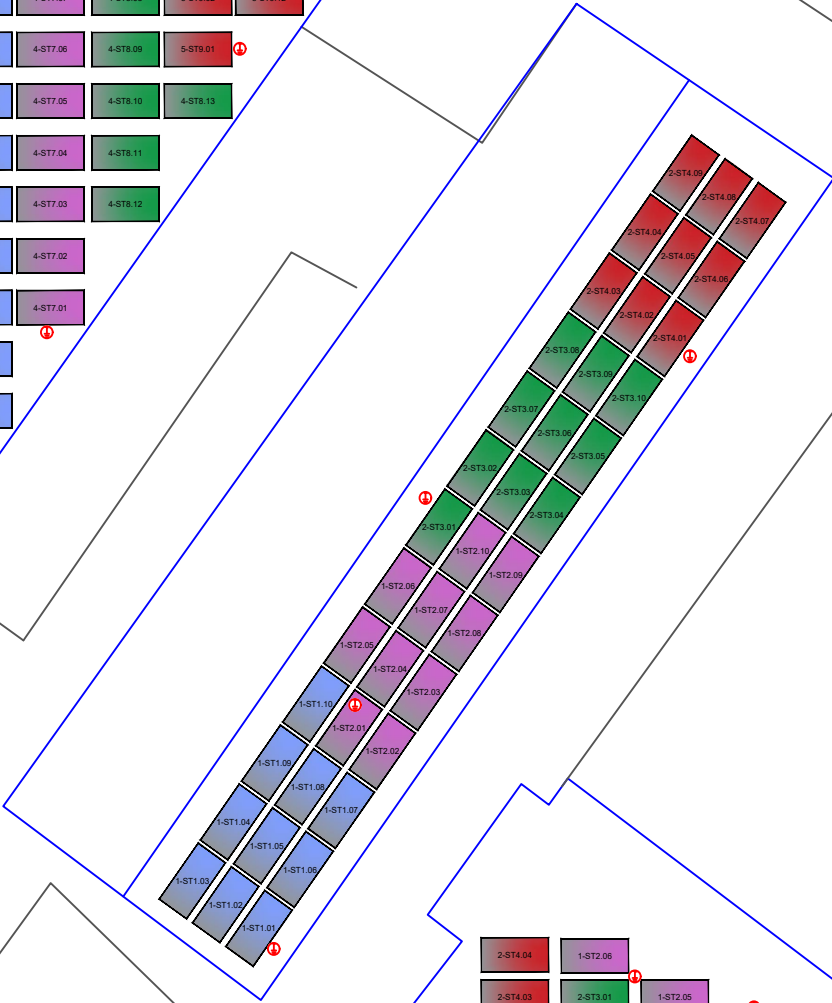
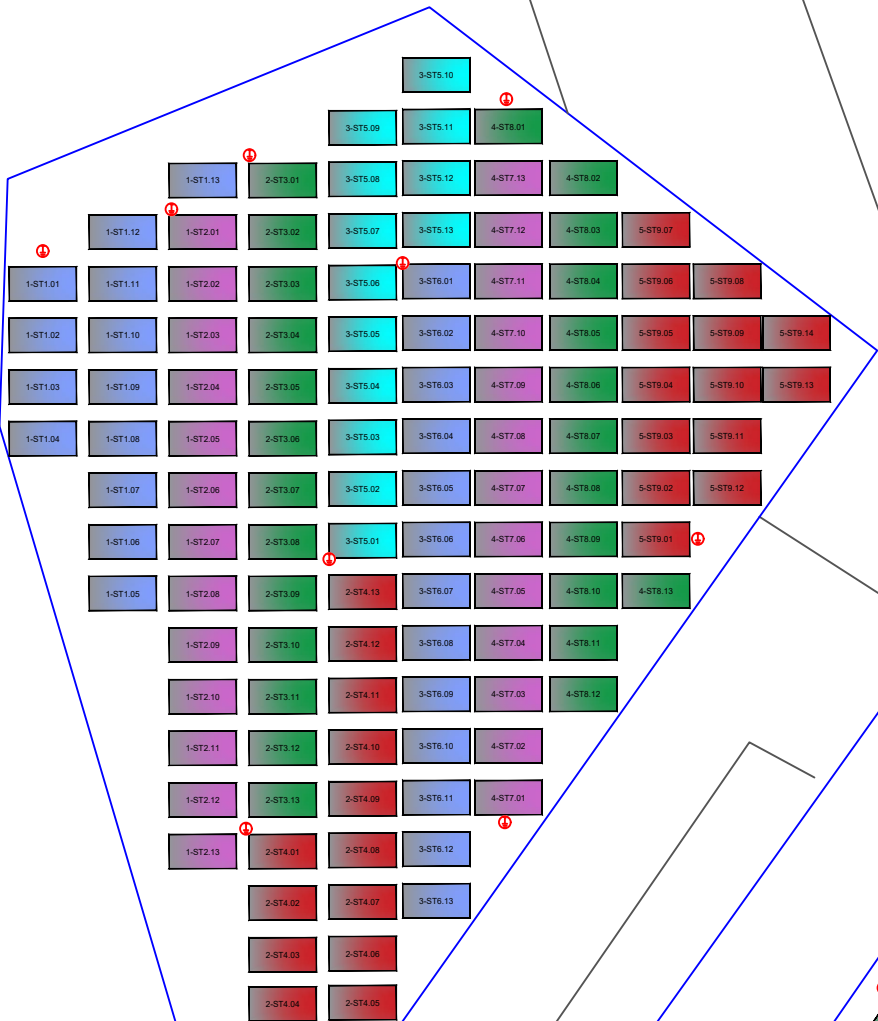
4(1x35)+TT-Canaleta / PVC
RZ1-K

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - ESQUEMA STRING					
 onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FH-18598-2		
ESCALA S/E		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO HAURRESKOLA - 52,80 kWp			



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE EMPLAZAMIENTO					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 info@onyxingenieria.com www.onyxingenieria.com		onyx ingenieria global solutions C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS			
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA		ERREFERENTZIA			
REFERENCIA CONSULTOR		REFERENCIA			
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI		FS-18598-0			
ESCALA		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO			
S/E		CEIP KUKULLAGA SAN ANTONIO - 99,00 kWp			

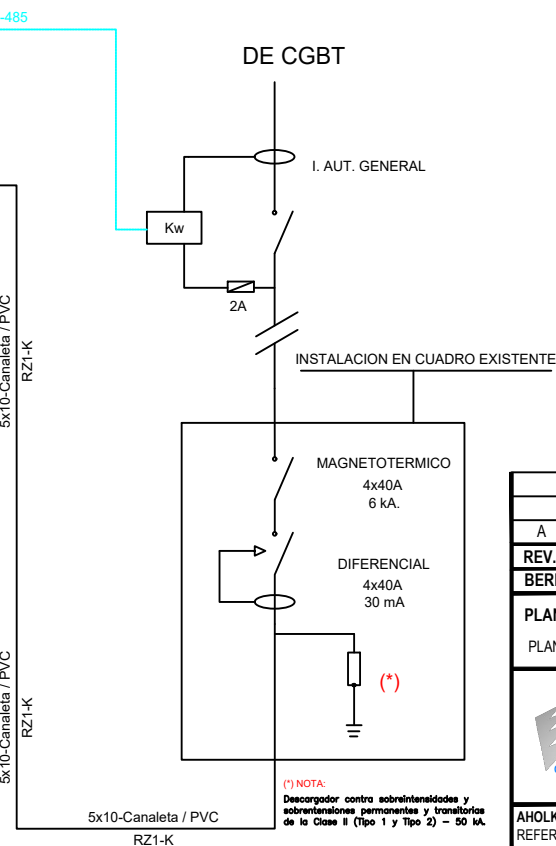
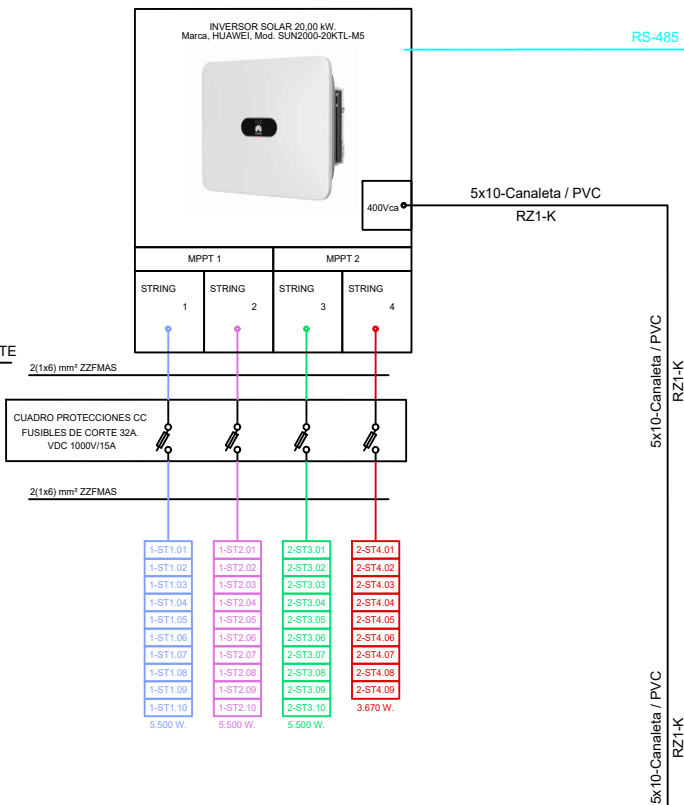
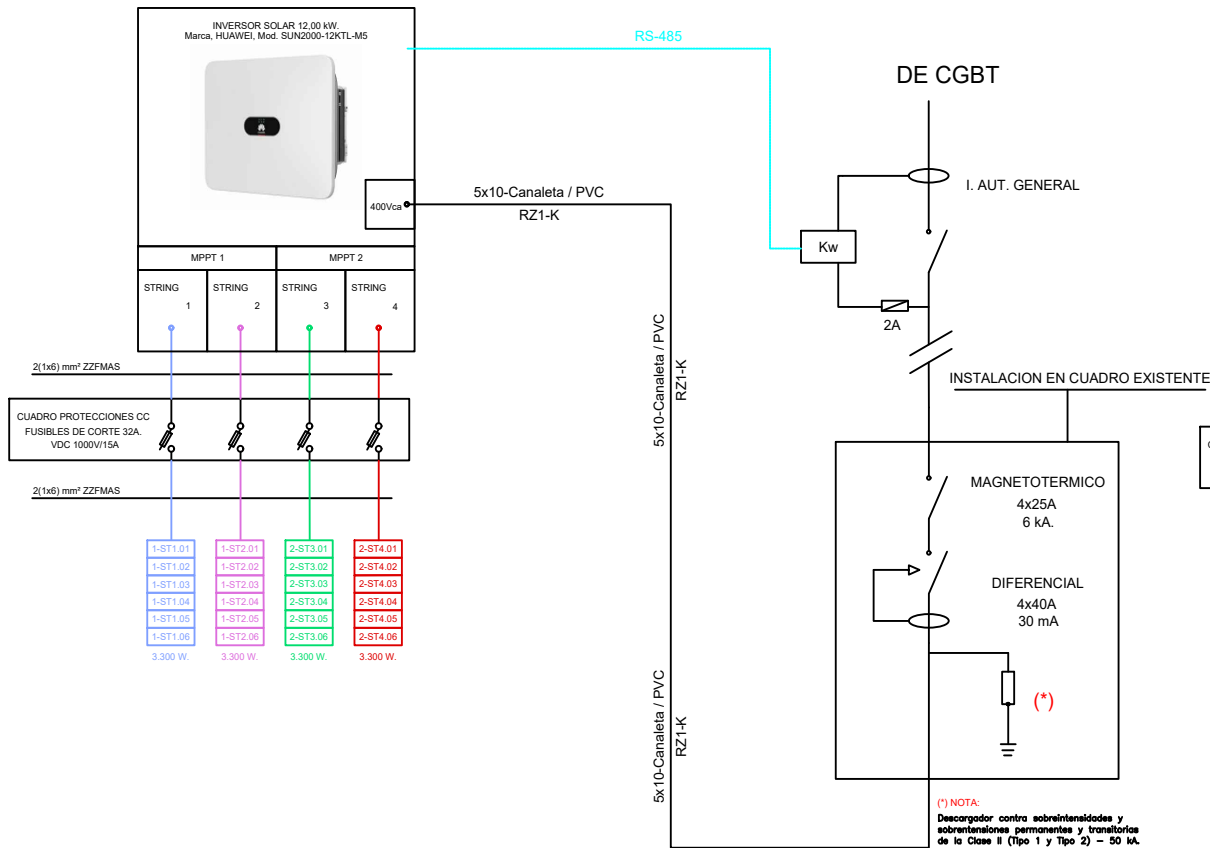
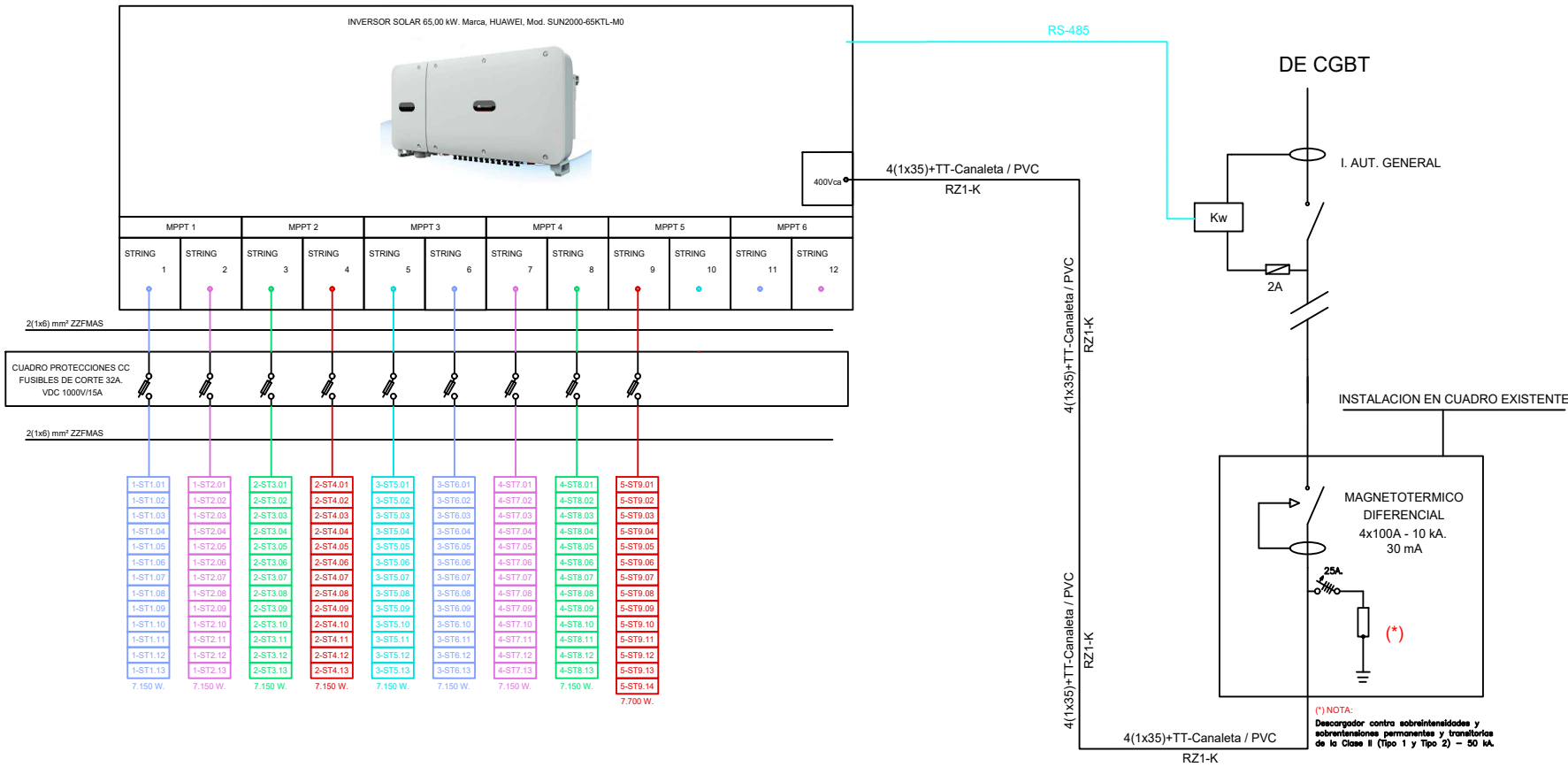
Dokumentu honen paperzein kopia inprimatua kopia lauduztat haruko da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 60c307a2c7703e4944-8d9e-080c508162477. Elektronikoki sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



LEYENDA ENERGIA FOTOVOLTAICA	
	COLECTOR SOLAR Marca JA SOLAR, Mod. JAM MBB BIFACIAL CELULAS 550W.
	INVERSOR SOLAR 65,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-50KTL-M3
	INVERSOR SOLAR 20,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-20KTL-M5
	INVERSOR SOLAR 12,00 kW. Marca, HUAWEI, Mod. SUN2000-12KTL-M5
	CUADRO PROTECCION STRING
	ENLACE DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 1x6-BAJO PANEL / TUBO RIG PVC SUPERFICIE (Ø107x1)
	CANAleta DE PVC - 200x100 mm
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 1)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 2)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 3)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 4)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 5)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 6)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 7)
	CONDUCTOR 2(1x6)-BAJO PANEL. ROJO/NEGRO/ TUBO RIG PVC SUP. // ZZFMAS (STRING 8)

A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO					
PLANO DE PLANTA - UBICACION DE PANELES SOLARES					
 global solutions onyx ingenieria T: 944 109 781 / info@onyxingenieria.com / www.onyxingenieria.com			INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
C/NOVIA SALCEDO, 9 - Dpto. 3A 48012 (BILBAO) - BIZKAIA					
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI			FS-18598-1		
ESCALA 1:150		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO CEIP KUKULLAGA SAN ANTONIO - 99,00 kWp			

Dokumentu honen paperazko kopia inprimatua kopia laudortzat hara da. / La impresión en papel de este documento tendrá la consideración de copia auténtica. Egiazapen Kodea / Código de Verificación: 6c3d7a27-736e-4944-8d96-58d358162477. Elektroniko sinatutako dokumentua / Documento firmado electrónicamente.



A	LEGALIZACION INSTALACION	15.11.2025	A.F.M.	I.G.L.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP. OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES				
PLANOAREN IZENA / NOMBRE DEL PLANO				
PLANO DE PLANTA - ESQUEMA STRING				
 onxy ingenieria global solutions T: 944 109 781 info@onxyingenieria.com www.onxyingenieria.com		INGENIARI EGILEA IBON PEREZ RAMOS		
AHOLKULARIA ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AYUNTAMIENTO ETXEBARRI		FS-18598-2		
ESCALA S/E		SOLAR FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO CEIP KUKULLAGA SAN ANTONIO - 99,00 kWp		

27 PRESUPUESTO

27.1 Mediciones y presupuesto

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.- CEIP Kukullaga					
1.1.- Actuaciones Previas					
1.1.1	01.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en edificio Ayuntamiento, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos. Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud. La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
Total ud :			1,000	2.409,88 €	2.409,88 €
1.2.- Instalación de Baja Tensión					
1.2.1	01.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor magnetotérmico-diferencial tetrapolar de corte omnipolar de 100 A de intensidad nominal, 10 kA de poder de corte y 0,3 A, selectivo con las protecciones que le suceden en tiempo y sensibilidad, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
Total ud :			1,000	2.133,55 €	2.133,55 €
1.2.2	01.02.02	Ud Suministro e Instalación de Cuadro Secundario para Instalación Solar Fotovoltaica según esquema unifilar adjunto, marca HAGER o de similares características instalado en armario de PVC IP55 IK10 de superficie. Incluidas conexiones. Totalmente instalado y conexionado, incluida conexión puentes y cableado interior a receptores interiores. Medida la unidad instalada. Según Reglamento de Baja Tensión. Incluida Rotulación, banderolas, ferrules y demás conexiones. Incluida ayudas de albañilería. Incluidas pruebas de servicio y conexiones de tierras.			
Total ud :			1,000	3.963,40 €	3.963,40 €
1.2.3	01.02.03	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x35) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
Total ud :			1,000	1.013,51 €	1.013,51 €
1.2.4	01.02.04	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x50) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.					
Total ud :			1,000	1.860,38 €	1.860,38 €
1.3.- Instalación Solar Fotovoltaica					
1.3.1	01.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca Solar Bloc o similar, modelo específico para montaje lastrado sobre cubierta plana, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, pórticos, triángulos estructurales, carriles, grapas intermedias y finales, elementos de unión, tornillería y lastres de hormigón prefabricado, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del CEIP Kukullaga, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema lastrado sin perforación de cubierta, adaptada a la geometría y características resistentes del soporte existente, garantizando la correcta transmisión de cargas por reparto superficial, sin comprometer la integridad estructural ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo cálculo específico de lastres, coeficientes de succión y verificación de la sobrecarga admisible de la cubierta existente. • Definición del número aproximado de lastres por estructura y fila de módulos, optimizando pesos y distribución para minimizar cargas permanentes. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, inclinación, orientación y separación entre filas para evitar sombras propias. • Suministro de todos los elementos estructurales, perfiles, triángulos, carriles, grapas, lastres, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa, sin partidas alzadas ni elementos fuera de medición. • Montaje mecánico completo de la estructura lastrada sobre cubierta, incluyendo posicionamiento, nivelación, alineación y ajuste final de todos los elementos. • Protección de la impermeabilización existente mediante láminas separadoras, apoyos técnicos y sistemas certificados por el fabricante. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica, respetando distancias, radios de curvatura, pasos de cableado y puntos de sujeción de conductores. • Medios auxiliares necesarios, elevación de materiales, manipulación de lastres y herramientas específicas de montaje. • Coordinación con el resto de trabajos de la instalación fotovoltaica, evitando interferencias y asegurando una ejecución ordenada. • Montaje conforme a instrucciones del fabricante, buenas prácticas del sector y normativa de seguridad y salud. • Revisión final, comprobación mecánica y verificación de estabilidad, dejando la estructura completamente instalada y lista para la colocación de módulos. • Estructura totalmente montada, alineada, probada y preparada para su explotación, sin necesidad de trabajos adicionales.			
Total ud :			1,000	4.404,40 €	4.404,40 €
1.3.2	01.03.02	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM72D30-550/MB, bifacial de cristal tipo n de 550 Wp (144 células) con una eficiencia $\geq 21,3\%$, unas dimensiones de $2278 \times 1134 \times 35$ mm y un peso de $\geq 31,8$ kg. Con una tolerancia de $0...+5$ W, una bifacialidad del $70\% \pm 10\%$, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte Medida la unidad instalada.			
Total ud :			110,000	183,74 €	20.211,40 €

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.3.3	01.03.03	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 60,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-60KTL o de características similares de dimensiones 1075x555x300 mm y un peso de 74 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 60.000W - 66.000VA, intensidad de salida nominal de 91,2A y una máxima intensidad de salida de 100A, dotado de 6 MPPT que permiten la instalación de los paneles en seis grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
Total ud :			1,000	8.302,70 €	8.302,70 €
1.3.4	01.03.04	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
Total ud :			8,000	1.900,20 €	15.201,60 €
1.3.5	01.03.05	Ud Suministro, instalación, conexionado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			
Total ud :			1,000	662,96 €	662,96 €
1.4.- Tierras y Canalizaciones					
1.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm2 de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
Total ud :			13,000	62,76 €	815,88 €
1.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
Total m :			45,000	70,72 €	3.182,40 €
1.5.- Legalización					
1.5.1	LEG.01.1b	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación. El proyecto de ejecución únicamente servirá de base para la ejecución de la instalación y no se considerará válido para su legalización.			
Total ud :			1,000	2.705,30 €	2.705,30 €

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.6.- Seguridad y Salud					
1.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
Total ud :			1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 1 CEIP Kukullaga :					67.408,42 €
2.- Ayuntamiento					
2.1.- Actuaciones Previas					
2.1.1	02.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en edificio Ayuntamiento, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos. Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud. La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
Total ud :			1,000	2.377,42 €	2.377,42 €
2.2.- Instalación de Baja Tensión					
2.2.1	02.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor diferencial tetrapolar de 40 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad "A" instantáneo así como interruptor magnetotérmico tetrapolar de corte onipolar de 25 A de intensidad nominal y 6 kA de poder de corte, incluso limitador contra sobre tensiones permanentes y transitorias, según esquema unifilar adjunto, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
Total ud :			1,000	1.665,94 €	1.665,94 €
2.2.2	02.02.02	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor multipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 5x10) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
Total ud :			1,000	505,39 €	505,39 €
2.3.- Instalación Solar Fotovoltaica					
2.3.1	02.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca Solar Bloc o similar, modelo específico para montaje lastrado sobre cubierta plana, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, pódicos, triángulos estructurales, carriles, grapas intermedias y finales, elementos de unión, tornillería y lastres de hormigón prefabricado, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del Ayuntamiento, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema lastrado sin perforación			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		de cubierta, adaptada a la geometría y características resistentes del soporte existente, garantizando la correcta transmisión de cargas por reparto superficial, sin comprometer la integridad estructural ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente:			
		• Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo cálculo específico de lastres, coeficientes de succión y verificación de la sobrecarga admisible de la cubierta existente. • Definición del número aproximado de lastres por estructura y fila de módulos, optimizando pesos y distribución para minimizar cargas permanentes. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, inclinación, orientación y separación entre filas para evitar sombras propias. • Suministro de todos los elementos estructurales, perfiles, triángulos, carriles, grapas, lastres, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa, sin partidas alzadas ni elementos fuera de medición. • Montaje mecánico completo de la estructura lastrada sobre cubierta, incluyendo posicionamiento, nivelación, alineación y ajuste final de todos los elementos. • Protección de la impermeabilización existente mediante láminas separadoras, apoyos técnicos y sistemas certificados por el fabricante. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica, respetando distancias, radios de curvatura, pasos de cableado y puntos de sujeción de conductores. • Medios auxiliares necesarios, elevación de materiales, manipulación de lastres y herramientas específicas de montaje. • Coordinación con el resto de trabajos de la instalación fotovoltaica, evitando interferencias y asegurando una ejecución ordenada. • Montaje conforme a instrucciones del fabricante, buenas prácticas del sector y normativa de seguridad y salud. • Revisión final, comprobación mecánica y verificación de estabilidad, dejando la estructura completamente instalada y lista para la colocación de módulos. • Estructura totalmente montada, alineada, probada y preparada para su explotación, sin necesidad de trabajos adicionales.			
		Total ud :	1,000	1.256,03 €	1.256,03 €
2.3.2	02.03.02	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM72D09 370/390 Double Glass, bifacial de cristal tipo n de 390 Wp (72 células) unas dimensiones de 1998x994x25 mm y un peso de 28,5 kg, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	32,000	150,96 €	4.830,72 €
2.3.3	02.03.03	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 12,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-12KTL Trifásico o de características similares de dimensiones 546x460x 228 mm y un peso de 21 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 12.000W - 13.000VA, intensidad de salida nominal de 20 A, dotado de 2 MPPT que permiten la instalación de los paneles en cuatro grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	2.511,24 €	2.511,24 €
2.3.4	02.03.04	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmittancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
		Total ud :	4,000	2.333,04 €	9.332,16 €
2.3.5	02.03.05	Ud Suministro, instalación, conexionado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			
		Total ud :	1,000	554,75 €	554,75 €
2.4.- Tierras y Canalizaciones					
2.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm2 de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
		Total ud :	5,000	62,76 €	313,80 €
2.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
		Total m :	30,000	70,72 €	2.121,60 €
2.5.- Legalización					
2.5.1	LEG.01.1c	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación.			
		Total ud :	1,000	2.705,30 €	2.705,30 €
2.6.- Seguridad y Salud					
2.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
		Total ud :	1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 2 Ayuntamiento :					28.715,41 €
3.- CIME					
3.1.- Actuaciones Previas					
3.1.1	03.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en edificio CIME, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos. Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
		Total ud :	1,000	2.428,28 €	2.428,28 €
3.2.- Instalación de Baja Tensión					
3.2.1	03.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor magnetotérmico-diferencial tetrapolar de corte omnipolar de 100 A de intensidad nominal, 10 kA de poder de corte y 0,03 A, selectivo con las protecciones que le suceden en tiempo y sensibilidad, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
		Total ud :	1,000	2.133,55 €	2.133,55 €
3.2.2	03.02.02	Ud Suministro e Instalación de Cuadro Secundario para Instalación Solar Fotovoltaica según esquema unifilar adjunto, marca HAGER o de similares características instalado en armario de PVC IP55 IK10 de superficie. Incluidas conexiones. Totalmente instalado y conexionado, incluida conexión puentes y cableado interior a receptores interiores. Medida la unidad instalada. Según Reglamento de Baja Tensión. Incluida Rotulación, banderolas, ferrules y demás conexiones. Incluida ayudas de albañilería. Incluidas pruebas de servicio y conexiones de tierras.			
		Total ud :	1,000	3.963,40 €	3.963,40 €
3.2.3	03.02.03	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x35) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
		Total ud :	1,000	1.013,51 €	1.013,51 €
3.2.4	03.02.04	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x50) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
		Total ud :	1,000	1.860,38 €	1.860,38 €
3.3.- Instalación solar Fotovoltaica					
3.3.1	03.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca Solar Bloc o similar, modelo específico para montaje lastrado sobre cubierta plana, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, pórticos, triángulos estructurales, carriles, grapas intermedias y finales, elementos de unión, tornillería y lastres de hormigón prefabricado, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del edificio CIME, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema lastrado sin perforación de cubierta, adaptada a la geometría y características resistentes del soporte existente, garantizando la correcta transmisión de cargas por reparto superficial, sin comprometer la integridad estructural ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada,			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo cálculo específico de lastres, coeficientes de succión y verificación de la sobrecarga admisible de la cubierta existente. • Definición del número aproximado de lastres por estructura y fila de módulos, optimizando pesos y distribución para minimizar cargas permanentes. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, inclinación, orientación y separación entre filas para evitar sombras propias. • Suministro de todos los elementos estructurales, perfiles, triángulos, carriles, grapas, lastres, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa, sin partidas alzadas ni elementos fuera de medición. • Montaje mecánico completo de la estructura lastrada sobre cubierta, incluyendo posicionamiento, nivelación, alineación y ajuste final de todos los elementos. • Protección de la impermeabilización existente mediante láminas separadoras, apoyos técnicos y sistemas certificados por el fabricante. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica, respetando distancias, radios de curvatura, pasos de cableado y puntos de sujeción de conductores. • Medios auxiliares necesarios, elevación de materiales, manipulación de lastres y herramientas específicas de montaje. • Coordinación con el resto de trabajos de la instalación fotovoltaica, evitando interferencias y asegurando una ejecución ordenada. • Montaje conforme a instrucciones del fabricante, buenas prácticas del sector y normativa de seguridad y salud. • Revisión final, comprobación mecánica y verificación de estabilidad, dejando la estructura completamente instalada y lista para la colocación de módulos. • Estructura totalmente montada, alineada, probada y preparada para su explotación, sin necesidad de trabajos adicionales.			
		Total ud :	1,000	1.591,72 €	1.591,72 €
3.3.2	03.03.02	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca K2 Systems o similar, modelo específico para montaje coplanar sobre cubierta de teja, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, carriles, grapas intermedias y finales, ganchos específicos para teja cerámica u hormigón, elementos de unión, tornillería y anclajes en acero inoxidable A2/A4, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del edificio CIME, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema coplanar anclado a la estructura resistente de cubierta, adaptado a la geometría, pendiente y tipología de la teja existente, garantizando la correcta transmisión de cargas a la estructura portante del edificio sin comprometer su integridad ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo verificación de la estructura de cubierta existente. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, pendientes y distribución de módulos, coordinado con la disposición de strings y recorridos de cableado. • Suministro de todos los elementos estructurales, ganchos para teja, perfiles, carriles, grapas, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		instalación completa. - Montaje mecánico completo de la estructura coplanar, incluyendo desmontaje puntual de tejas, colocación de ganchos, reposición de tejas y ajuste final. - Garantía de estanqueidad mediante soluciones certificadas por el fabricante del sistema. - Compatibilidad total con la instalación eléctrica. - Medios auxiliares, elevación de materiales y herramientas específicas. - Coordinación con el resto de trabajos fotovoltaicos. - Revisión final y verificación de aprietes. - Estructura totalmente montada, alineada y preparada para la colocación de módulos.			
		Total ud :	1,000	1.043,61 €	1.043,61 €
3.3.3	03.03.03	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM72D30-550/MB, bifacial de cristal tipo n de 550 Wp (144 células) con una eficiencia ?21,3%, unas dimensiones de 2278×1134×35 mm y un peso de ?31,8 kg. Con una tolerancia de 0...+5 W, una bifacialidad del 70% ±10%, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	32,000	183,74 €	5.879,68 €
3.3.4	03.03.04	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM66D46 LB, bifacial de cristal tipo n de 720 Wp (132 células) con una eficiencia ?21,3%, unas dimensiones de 2384×1303×33 mm y un peso de 38,2 kg. Con una tolerancia de 0...+5 W, una bifacialidad del 70% ±10%, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	14,000	216,52 €	3.031,28 €
3.3.5	03.03.05	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 30,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-30KTL M3 Trifásico o de características similares de dimensiones 640x530x 270 mm y un peso de 43 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 30.000W - 33.000VA, intensidad de salida nominal de 43,3A y una máxima intensidad de salida de 47,9A, dotado de 4 MPPT que permiten la instalación de los paneles en seis grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	3.822,52 €	3.822,52 €
3.3.6	03.03.06	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
		Total ud :	1,000	1.445,71 €	1.445,71 €
3.3.7	03.03.07	Ud Suministro, instalación, conexionado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
Total ud :			1,000	662,96 €	662,96 €
3.4.- Tierras y Canalizaciones					
3.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm ² de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
Total ud :			6,000	62,76 €	376,56 €
3.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
Total m :			36,000	70,72 €	2.545,92 €
3.5.- Legalización					
3.5.1	LEG.01.1b	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación. El proyecto de ejecución únicamente servirá de base para la ejecución de la instalación y no se considerará válido para su legalización.			
Total ud :			1,000	2.705,30 €	2.705,30 €
3.6.- Seguridad y Salud					
3.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
Total ud :			1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 3 CIME :					35.045,44 €
4.- Frontón Municipal					
4.1.- Actuaciones Previas					
4.1.1	04.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en Frontón Municipal, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos. Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud. La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
Total ud :			1,000	2.506,19 €	2.506,19 €
4.2.- Instalación de Baja Tensión					
4.2.1	04.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor magnetotérmico-diferencial tetrapolar de corte omnipolar de 100 A de intensidad nominal, 10 kA de poder de corte y 0,3 A, selectivo con las protecciones que le suceden en tiempo y sensibilidad, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
Total ud :			1,000	2.133,55 €	2.133,55 €
4.2.2	04.02.02	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x35) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
Total ud :			1,000	1.122,78 €	1.122,78 €
4.3.- Instalación solar Fotovoltaica					
4.3.1	04.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca K2 Systems o similar, modelo específico para montaje coplanar sobre cubierta de montaje coplanar sobre cubierta de panel sándwich, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, carriles, grapas intermedias y finales, anclajes específicos a greca, tornillería autotaladrante con arandela estanca y elementos de unión en acero inoxidable, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, ejecutada sobre la cubierta del Frontón Municipal, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema coplanar anclado a la estructura resistente de cubierta, adaptado a la geometría, pendiente y tipología de la teja existente, garantizando la correcta transmisión de cargas a la estructura portante del edificio sin comprometer su integridad ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo verificación de la estructura de cubierta existente. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, pendientes y distribución de módulos, coordinado con la disposición de strings y recorridos de cableado. • Suministro de todos los elementos estructurales, ganchos para teja, perfiles, carriles, grapas, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa. • Montaje mecánico completo de la estructura coplanar, incluyendo desmontaje puntual de tejas, colocación de ganchos, reposición de tejas y ajuste final. • Garantía de estanqueidad mediante soluciones certificadas por el fabricante del sistema. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica. • Medios auxiliares, elevación de materiales y herramientas específicas. • Coordinación con el resto de trabajos fotovoltaicos. • Revisión final y verificación de aprietes. • Estructura totalmente montada, alineada y preparada para la colocación de módulos.			
Total ud :			1,000	3.784,17 €	3.784,17 €
4.3.2	04.03.02	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM72D30-550/MB, bifacial de cristal tipo n de 550 Wp (144 células) con una eficiencia $\geq 21,3\%$, unas dimensiones de $2278 \times 1134 \times 35$ mm y un peso de $\geq 31,8$ kg. Con una tolerancia de $0...+5$ W, una bifacialidad del $70\% \pm 10\%$, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte Medida la unidad instalada.			
Total ud :			116,000	183,74 €	21.313,84 €

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.3.3	04.03.03	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 60,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-65KTL M0 Trifásico o de características similares de dimensiones 1075x555x300 mm y un peso de 74 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 65.000W - 69.000VA, intensidad de salida nominal de 91,2A y una máxima intensidad de salida de 100A, dotado de 6 MPPT que permiten la instalación de los paneles en seis grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	9.504,70 €	9.504,70 €
4.3.4	04.03.04	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
		Total ud :	8,000	3.594,79 €	28.758,32 €
4.3.5	04.03.05	Ud Suministro, instalación, conexionado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			
		Total ud :	1,000	662,96 €	662,96 €
4.4.- Tierras y Canalizaciones					
4.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm2 de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
		Total ud :	8,000	62,76 €	502,08 €
4.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
		Total m :	44,000	70,72 €	3.111,68 €
4.5.- Legalización					
4.5.1	LEG.01.1b	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación. El proyecto de ejecución únicamente servirá de base para la ejecución de la instalación y no se considerará válido para su legalización.			
		Total ud :	1,000	2.705,30 €	2.705,30 €

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.6.- Seguridad y Salud					
4.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
Total ud :			1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 4 Frontón Municipal :					76.646,63 €
5.- Haurreskola Bekosolo					
5.1.- Actuaciones Previas					
5.1.1	05.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en Haurreskola Bekosolo, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos. Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud. La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
Total ud :			1,000	2.455,32 €	2.455,32 €
5.2.- Instalación de Baja Tensión					
5.2.1	04.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor magnetotérmico-diferencial tetrapolar de corte omnipolar de 100 A de intensidad nominal, 10 kA de poder de corte y 0,3 A, selectivo con las protecciones que le suceden en tiempo y sensibilidad, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
Total ud :			1,000	2.133,55 €	2.133,55 €
5.2.2	04.02.02	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x35) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
Total ud :			1,000	1.122,78 €	1.122,78 €
5.3.- Instalación solar Fotovoltaica					
5.3.1	05.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca Solar Bloc o similar, modelo específico para montaje lastrado sobre cubierta plana, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, pórticos, triángulos estructurales, carriles, grapas intermedias y finales, elementos de unión, tornillería y lastres de hormigón prefabricado, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del Haurreskola Bekosolo, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema lastrado sin perforación de cubierta, adaptada a la geometría y características resistentes del soporte existente,			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		garantizando la correcta transmisión de cargas por reparto superficial, sin comprometer la integridad estructural ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo cálculo específico de lastres, coeficientes de succión y verificación de la sobrecarga admisible de la cubierta existente. • Definición del número aproximado de lastres por estructura y fila de módulos, optimizando pesos y distribución para minimizar cargas permanentes. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, inclinación, orientación y separación entre filas para evitar sombras propias. • Suministro de todos los elementos estructurales, perfiles, triángulos, carriles, grapas, lastres, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa, sin partidas alzadas ni elementos fuera de medición. • Montaje mecánico completo de la estructura lastrada sobre cubierta, incluyendo posicionamiento, nivelación, alineación y ajuste final de todos los elementos. • Protección de la impermeabilización existente mediante láminas separadoras, apoyos técnicos y sistemas certificados por el fabricante. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica, respetando distancias, radios de curvatura, pasos de cableado y puntos de sujeción de conductores. • Medios auxiliares necesarios, elevación de materiales, manipulación de lastres y herramientas específicas de montaje. • Coordinación con el resto de trabajos de la instalación fotovoltaica, evitando interferencias y asegurando una ejecución ordenada. • Montaje conforme a instrucciones del fabricante, buenas prácticas del sector y normativa de seguridad y salud. • Revisión final, comprobación mecánica y verificación de estabilidad, dejando la estructura completamente instalada y lista para la colocación de módulos. • Estructura totalmente montada, alineada, probada y preparada para su explotación, sin necesidad de trabajos adicionales.			
		Total ud :	1,000	4.188,04 €	4.188,04 €
5.3.2	05.03.02	Ud Suministro e Instalación de panel solar fotovoltaico marca JA Solar modelo JAM72D30-550/MB, bifacial de cristal tipo n de 550 Wp (144 células) con una eficiencia $\geq 21,3\%$, unas dimensiones de $2278 \times 1134 \times 35$ mm y un peso de $\geq 31,8$ kg. Con una tolerancia de $0...+5$ W, una bifacialidad del $70\% \pm 10\%$, componentes IP68 y compatibilidad con sistemas de 1500 V, Incluida la p/p de cableado solar y conectores. Incluida la p/p de conductores de tierra (750 V - H07Z1 // verde-amarillo). Incluida p/p de estructura de soporte. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	96,000	183,74 €	17.639,04 €
5.3.3	05.03.03	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 50,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-50KTL-M3 o de características similares de dimensiones $640 \times 530 \times 270$ mm y un peso de 49 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del $98,5\%$ y potencia de 50.000W - 55.000VA, dotado de 4 MPPT que permiten la instalación de los paneles en seis grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	5.570,88 €	5.570,88 €
5.3.4	05.03.04	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmittancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
		Total ud :	8,000	4.222,42 €	33.779,36 €
5.3.5	05.03.05	Ud Suministro, instalación, conexonado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			
		Total ud :	1,000	662,96 €	662,96 €
5.4.- Tierras y Canalizaciones					
5.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm2 de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
		Total ud :	8,000	62,76 €	502,08 €
5.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
		Total m :	60,000	70,72 €	4.243,20 €
5.5.- Legalización					
5.5.1	LEG.01.1b	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación. El proyecto de ejecución únicamente servirá de base para la ejecución de la instalación y no se considerará válido para su legalización.			
		Total ud :	1,000	2.705,30 €	2.705,30 €
5.6.- Seguridad y Salud					
5.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
		Total ud :	1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 5 Haurreskola Bekosolo :					75.543,57 €
6.- CEIP San Antonio					
6.1.- Actuaciones Previas					
6.1.1	06.01.01	Ud Trabajos previos necesarios para la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en CEIP San Antonio, incluyendo todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajos en un entorno docente. La partida incluye: Implantación de obra y replanteo inicial de la instalación. Comprobación del estado de la cubierta y accesos existentes. Aporte e instalación de medios auxiliares para trabajos en altura. Instalación de línea de vida homologada, cuando proceda. Señalización, balizamiento y delimitación estricta de las zonas de trabajo, con especial atención a la seguridad del entorno escolar. Medidas de protección colectiva e individual para los operarios. Acondicionamiento previo de la cubierta y retirada puntual de obstáculos.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		Gestión de residuos derivados de esta fase. Coordinación de seguridad y salud. La partida se considera totalmente terminada, sin medición adicional por número de operarios o medios auxiliares empleados.			
		Total ud :	1,000	2.584,09 €	2.584,09 €
6.2.- Instalación de Baja Tensión					
6.2.1	06.02.01	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor magnetotérmico-diferencial tetrapolar de corte omnipolar de 100 A de intensidad nominal, 10 kA de poder de corte y 0,03 A, selectivo con las protecciones que le suceden en tiempo y sensibilidad, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
		Total ud :	1,000	2.133,55 €	2.133,55 €
6.2.2	06.02.02	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor diferencial tetrapolar de 40 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad "A" instantáneo así como interruptor magnetotérmico tetrapolar de corte omnipolar de 25 A de intensidad nominal y 6 kA de poder de corte, incluso limitador contra sobre tensiones permanentes y transitorias, según esquema unifilar adjunto, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
		Total ud :	1,000	1.665,94 €	1.665,94 €
6.2.3	06.02.03	Ud Modificación de Cuadro General de Baja Tensión existente mediante la incorporación de interruptor diferencial tetrapolar de 40 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad "A" c así como interruptor magnetotérmico tetrapolar de corte omnipolar de 40 A de intensidad nominal y 6 kA de poder de corte, incluso limitador contra sobre tensiones permanentes y transitorias, según esquema unifilar adjunto, marca HAGER o de similares características. Incluso p/p de cableado interior, ferrules y baderolas, incluido armario de superficie de PVC. Incluida puesta en servicio y conexión. Totalmente montado y puesto en servicio. Medida la unidad ejecutada y terminada.			
		Total ud :	1,000	1.698,73 €	1.698,73 €
6.2.4	06.02.04	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor unipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 4(1x35) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
		Total ud :	1,000	1.204,74 €	1.204,74 €
6.2.5	06.02.05	Ud Circuito de Alimentación de abastecimiento eléctrico, en sistema trifásico, formado por conductor multipolar de cobre aislado para una tensión nominal de 0,6/1kV de tipo RZ1-K (AS) B2ca-s1b,d1,a1, CPR de 5x10) mm2 de sección, no propagador de la llama ni del incendio, con baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de la combustión; instalado sobre canalización (no incluida). Totalmente realizado, i/p.p. de conexiones y canalizaciones bajo canaleta de PVC o tubo. Conforme a REBT, ITC-BT-14, NTE-IEB, UNE-HD 60364-1:2009 y UNE-HD 60364-1:2009/A11:2018. Cableado conforme UNE-EN 60332-1-2-3 y UNE 21123-4:2017. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.			
		Total ud :	1,000	833,21 €	833,21 €
6.3.- Instalación solar Fotovoltaica					
6.3.1	06.03.01	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca Solar Bloc o similar, modelo específico para montaje lastrado sobre cubierta plana, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, pórticos, triángulos estructurales, carriles, grapas intermedias y finales, elementos de unión, tornillería y lastres de hormigón prefabricado, compatible con			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del CEIP San Antonio, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema lastrado sin perforación de cubierta, adaptada a la geometría y características resistentes del soporte existente, garantizando la correcta transmisión de cargas por reparto superficial, sin comprometer la integridad estructural ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo cálculo específico de lastres, coeficientes de succión y verificación de la sobrecarga admisible de la cubierta existente. • Definición del número aproximado de lastres por estructura y fila de módulos, optimizando pesos y distribución para minimizar cargas permanentes. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, inclinación, orientación y separación entre filas para evitar sombras propias. • Suministro de todos los elementos estructurales, perfiles, triángulos, carriles, grapas, lastres, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa, sin partidas alzadas ni elementos fuera de medición. • Montaje mecánico completo de la estructura lastrada sobre cubierta, incluyendo posicionamiento, nivelación, alineación y ajuste final de todos los elementos. • Protección de la impermeabilización existente mediante láminas separadoras, apoyos técnicos y sistemas certificados por el fabricante. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica, respetando distancias, radios de curvatura, pasos de cableado y puntos de sujeción de conductores. • Medios auxiliares necesarios, elevación de materiales, manipulación de lastres y herramientas específicas de montaje. • Coordinación con el resto de trabajos de la instalación fotovoltaica, evitando interferencias y asegurando una ejecución ordenada. • Montaje conforme a instrucciones del fabricante, buenas prácticas del sector y normativa de seguridad y salud. • Revisión final, comprobación mecánica y verificación de estabilidad, dejando la estructura completamente instalada y lista para la colocación de módulos. • Estructura totalmente montada, alineada, probada y preparada para su explotación, sin necesidad de trabajos adicionales.			
		Total ud :	1,000	1.375,36 €	1.375,36 €
6.3.2	06.03.02	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca K2 Systems o similar, modelo específico para montaje coplanar sobre cubierta de teja, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, carriles, grapas intermedias y finales, ganchos específicos para teja cerámica u hormigón, elementos de unión, tornillería y anclajes en acero inoxidable A2/A4, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, totalmente compatible con módulos de gran formato y preparado para condiciones ambientales exteriores, con certificación del fabricante y cumplimiento de normativa europea aplicable, ejecutada sobre la cubierta del CEIP San Antonio, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema coplanar anclado a la estructura resistente de cubierta, adaptado a la geometría, pendiente y tipología de la teja existente, garantizando la correcta transmisión de cargas a la estructura portante del edificio sin comprometer su integridad ni la estanqueidad de la cubierta.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo verificación de la estructura de cubierta existente. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, pendientes y distribución de módulos, coordinado con la disposición de strings y recorridos de cableado. • Suministro de todos los elementos estructurales, ganchos para teja, perfiles, carriles, grapas, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa. • Montaje mecánico completo de la estructura coplanar, incluyendo desmontaje puntual de tejas, colocación de ganchos, reposición de tejas y ajuste final. • Garantía de estanqueidad mediante soluciones certificadas por el fabricante del sistema. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica. • Medios auxiliares, elevación de materiales y herramientas específicas. • Coordinación con el resto de trabajos fotovoltaicos. • Revisión final y verificación de aprietes. • Estructura totalmente montada, alineada y preparada para la colocación de módulos.			
		Total ud :	1,000	1.495,74 €	1.495,74 €
6.3.3	06.03.03	Ud Suministro, transporte (carga y descarga), montaje y puesta en servicio de la estructura de soporte para módulos fotovoltaicos marca K2 Systems o similar, modelo específico para montaje coplanar sobre cubierta de montaje coplanar sobre cubierta de panel sándwich, o de similares características técnicas, formada por perfiles portantes, carriles, grapas intermedias y finales, anclajes específicos a greca, tornillería autotaladrante con arandela estanca y elementos de unión en acero inoxidable, compatible con los módulos fotovoltaicos definidos en proyecto, asegurando una fijación continua, uniforme y resistente frente a acciones de viento, nieve y dilataciones térmicas, ejecutada sobre la cubierta del CEIP San Antonio, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares y elementos necesarios para su correcta instalación, alineación, fijación y funcionamiento conforme a proyecto y normativa vigente. La estructura será metálica de aluminio extrusionado y acero inoxidable, específicamente diseñada para instalaciones fotovoltaicas en edificación, sistema coplanar anclado a la estructura resistente de cubierta, adaptado a la geometría, pendiente y tipología de la teja existente, garantizando la correcta transmisión de cargas a la estructura portante del edificio sin comprometer su integridad ni la estanqueidad de la cubierta. La partida incluye todos los costes directos e indirectos, mano de obra especializada, materiales, transporte, medios auxiliares, replanteos, ajustes, comprobaciones y cualquier otro elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos, considerándose la unidad totalmente terminada, montada y operativa. La partida contempla expresamente: • Estudio previo de cargas y acciones (viento, nieve y peso propio), conforme a CTE DB-SE-AE y normativa de aplicación, incluyendo verificación de la estructura de cubierta existente. • Replanteo completo de la estructura, definición de alineaciones, cotas, pendientes y distribución de módulos, coordinado con la disposición de strings y recorridos de cableado. • Suministro de todos los elementos estructurales, ganchos para teja, perfiles, carriles, grapas, anclajes, tornillería, piezas especiales y accesorios necesarios para una instalación completa. • Montaje mecánico completo de la estructura coplanar, incluyendo desmontaje puntual de tejas, colocación de ganchos, reposición de tejas y ajuste final. • Garantía de estanqueidad mediante soluciones certificadas por el fabricante del sistema. • Compatibilidad total con la instalación eléctrica. • Medios auxiliares, elevación de materiales y herramientas específicas. • Coordinación con el resto de trabajos fotovoltaicos.			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		- Revisión final y verificación de aprietes. - Estructura totalmente montada, alineada y preparada para la colocación de módulos.			
		Total ud :	1,000	3.629,10 €	3.629,10 €
6.3.4	06.03.04	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 60,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-65KTL M0 Trifásico o de características similares de dimensiones 1075x555x300 mm y un peso de 74 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 65.000W - 69.000VA, intensidad de salida nominal de 91,2A y una máxima intensidad de salida de 100A, dotado de 6 MPPT que permiten la instalación de los paneles en seis grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	9.504,70 €	9.504,70 €
6.3.5	06.03.05	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 12,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-20KTL-M5 20kW Trifásico o de características similares de dimensiones 546x460x228 mm y un peso de 21 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 20.000W - 22.000VA, intensidad de salida nominal de 33,5 A, dotado de 2 MPPT que permiten la instalación de los paneles en cuatro grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	2.948,33 €	2.948,33 €
6.3.6	06.03.06	Ud Suministro, instalación y configuración de inversor solar fotovoltaico de 12,00 kW marca HUAWEI modelo SUN2000-12KTL Trifásico o de características similares de dimensiones 546x460x 228 mm y un peso de 21 kg con conexión a red de corriente trifásica, con una eficiencia del 98,7% y potencia de 12.000W - 13.000VA, intensidad de salida nominal de 20 A, dotado de 2 MPPT que permiten la instalación de los paneles en cuatro grupos de forma que cada uno de los grupos se pueden instalar con diferente inclinación, con seccionador de corriente continua, protección anti-isla, contra sobreintensidad de corriente alterna y contra polaridad inversa de corriente continua, así como monitorización de strings incluido detector de aislamiento de corriente continua y unidad de monitorización de la intensidad residual, capaz de trabajar entre -25°C y 60°C y cuenta con protección IP65. Incluida p/p de cableado de control y conexión. Incluye instalación puesta en servicio y programación. Incluido sistema antivertido a red smart logger.			
		Total ud :	1,000	2.511,24 €	2.511,24 €
6.3.7	06.03.07	Ud Conjunto Cable Rojo y Negro para conectar panel solar con conectores para conexionado de placas, Paneles fotovoltaicos y entre Paneles al inversor de corriente continua DC incluso conector solar MC4 marca eleksol o de similares características. De Alta Seguridad (AS) RESISTENTES AL Ozono del ya los rayos ultravioletas, no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libre de halógenos. Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 y IEC 60754-2. Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%. Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 y IEC 60754-1. No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1. Características eléctricas CA: 0,6/1kV · CC: 1,8 kV. Totalmente montado y en completo funcionamiento. Incluida p/p de canalización sobre bandeja metálica perforada y canalización entubada o canaleta de PVC. Totalmente montado y en completo funcionamiento.			
		Total ud :	1,000	5.401,94 €	5.401,94 €
6.3.8	06.03.08	Ud Suministro, instalación, conexionado, pruebas de montaje e instalación de Cuadro eléctrico para protección en instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con protección frente a			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		sobrecargas y sobretensiones en el área de corriente continua para la protección, permitiendo proteger el inversor. En el área de corriente alterna. Incluso conexiones MC4. Montado en caja IP65, cableado rotulado y en funcionamiento.			
		Total ud :	3,000	662,96 €	1.988,88 €
6.4.- Tierras y Canalizaciones					
6.4.1	EIEP18a	Ud Suministro e Instalación de Red equipotencial Instalación Fotovoltaica realizada mediante conductor de Cu de 6 mm2 de sección verde amarillo, tipo H07Z1, incluso elementos de conexión y anclaje. Totalmente instalado y montado.			
		Total ud :	17,000	62,76 €	1.066,92 €
6.4.2	m23E17CDV060 M	Suministro y colocación de canaleta tapa exterior de PVC color blanco con dos separadores, canal de dimensiones 60x200 mm, con p.p. de accesorios y montada directamente sobre paramentos verticales. Con protección contra penetración de cuerpos sólidos IP4X, de material aislante y de reacción al fuego M1. Conforme a REBT, ITC-BT-21 y NTE-IEB. Sistema de canales conforme a los requisitos generales de las UNE-EN 50085-1:2006 y UNE-EN 50085-1:2006/A1:2013 y requisitos particulares conforme a UNE-EN 50085-2-1:2008 y UNE-EN 50085-2-1:2008/A1:2012. Materiales con marcado CE y Declaración de Prestaciones (CPR) según Reglamento Europeo.			
		Total m :	70,000	70,72 €	4.950,40 €
6.5.- Legalización					
6.5.1	LEG.01.1b	Ud Redacción de Proyecto de Legalización de Instalación eléctrica de baja tensión para sistema solar fotovoltaico para autoconsumo con compensación de excedentes. Incluye Certificado de Dirección de Obra y control por parte de Organismo de Control. Ingeniería de replanteo incluida. Incluye confección de planimetría AS-BUILT. Incluso inspección por parte de OCA y tramitación de la instalación eléctrica de baja tensión en la Delegación territorial de Industria (BT-A / GE-A). Incluidas aperturas de expedientes ante la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica y asistencia técnica a la contratación. El proyecto de ejecución únicamente servirá de base para la ejecución de la instalación y no se considerará válido para su legalización.			
		Total ud :	1,000	2.705,30 €	2.705,30 €
6.6.- Seguridad y Salud					
6.6.1	SS.01.1	Ud Redacción de plan de seguridad y salud.			
		Total ud :	1,000	541,06 €	541,06 €
Parcial nº 6 CEIP San Antonio :					48.239,23 €
7.- Gestión de Residuos					
7.1.- Gestión de Residuos en Obra					
1.1.1	01.01.01	Ud Gestión integral de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados durante la ejecución de las obras correspondientes a la implantación de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo sobre edificios existentes, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, y el Decreto 112/2012, de 26 de junio, del País Vasco.			
		La partida incluye todas las operaciones necesarias para la correcta gestión ambiental de los residuos generados, comprendiendo la planificación, separación en origen, acopio temporal, transporte, tratamiento, valorización o eliminación final de los mismos, mediante gestores y transportistas de residuos debidamente autorizados, así como la gestión documental completa exigida por la normativa vigente.			
		Se consideran incluidos en esta partida, sin carácter limitativo: Identificación, clasificación y codificación de los residuos generados conforme a la Lista Europea de Residuos (Decisión 2014/955/UE). Separación selectiva en obra de las distintas fracciones de residuos (papel y cartón, plásticos, madera, metales, residuos eléctricos y electrónicos), siempre que sea técnicamente viable. Suministro, colocación y retirada de contenedores, sacas o envases adecuados para el almacenamiento temporal de residuos, debidamente señalizados. Manipulación, carga, transporte y entrega de los residuos a gestor autorizado para su reciclaje, valorización o eliminación en instalaciones legalmente habilitadas. Gestión específica de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), conforme a la			

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
		normativa de aplicación. Emisión y recopilación de la documentación justificativa de la correcta gestión de los residuos: contratos con gestor autorizado, documentos de traslado, certificados de tratamiento y valorización o eliminación. Cumplimiento de las prescripciones ambientales, municipales y autonómicas aplicables en la provincia de Bizkaia. Medios humanos, materiales y auxiliares necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Cualesquiera otros costes directos o indirectos necesarios para la completa y correcta gestión de los residuos generados en la obra.			
		La unidad se considera totalmente terminada, incluyendo todos los trabajos, medios auxiliares, transporte, tasas, cánones y gestión administrativa necesaria, sin que proceda medición adicional por separado.			
		Total ud :	1,000	1.200,00 €	1.200,00 €

27.2 Resumen del Presupuesto

Resumen de presupuesto		Importe (€)
Capítulo		
1 CEIP Kukullaga		
1.1 Actuaciones Previas.		2.409,88
1.2 Instalación de Baja Tensión.		8.970,84
1.3 Instalación Solar Fotovoltaica.		48.783,06
1.4 Tierras y Canalizaciones.		3.998,28
1.5 Legalización.		2.705,30
1.6 Seguridad y Salud.		541,06
	Total 1 CEIP Kukullaga	67.408,42
2 Ayuntamiento		
2.1 Actuaciones Previas.		2.377,42
2.2 Instalación de Baja Tensión.		2.171,33
2.3 Instalación Solar Fotovoltaica.		18.484,90
2.4 Tierras y Canalizaciones.		2.435,40
2.5 Legalización.		2.705,30
2.6 Seguridad y Salud.		541,06
	Total 2 Ayuntamiento	28.715,41
3 CIME		
3.1 Actuaciones Previas.		2.428,28
3.2 Instalación de Baja Tensión.		8.970,84
3.3 Instalación solar Fotovoltaica.		17.477,48
3.4 Tierras y Canalizaciones.		2.922,48
3.5 Legalización.		2.705,30
3.6 Seguridad y Salud.		541,06
	Total 3 CIME	35.045,44
4 Frontón Municipal		
4.1 Actuaciones Previas.		2.506,19
4.2 Instalación de Baja Tensión.		3.256,33
4.3 Instalación solar Fotovoltaica.		64.023,99
4.4 Tierras y Canalizaciones.		3.613,76

Resumen de presupuesto	
Capítulo	Importe (€)
4.5 Legalización.	2.705,30
4.6 Seguridad y Salud.	541,06
Total 4 Frontón Municipal	76.646,63
5 Haurreskola Bekosolo	
5.1 Actuaciones Previas.	2.455,32
5.2 Instalación de Baja Tensión.	3.256,33
5.3 Instalación solar Fotovoltaica.	61.840,28
5.4 Tierras y Canalizaciones.	4.745,28
5.5 Legalización.	2.705,30
5.6 Seguridad y Salud.	541,06
Total 5 Haurreskola Bekosolo	75.543,57
6 CEIP San Antonio	
6.1 Actuaciones Previas.	2.584,09
6.2 Instalación de Baja Tensión.	7.536,17
6.3 Instalación solar Fotovoltaica.	28.855,29
6.4 Tierras y Canalizaciones.	6.017,32
6.5 Legalización.	2.705,30
6.6 Seguridad y Salud.	541,06
Total 6 CEIP San Antonio	48.239,23
7 Gestión de Residuos	
Total 7 Gestión de Residuos	1.200,00
Presupuesto de ejecución material (PEM)	332.798,70
19% de gastos generales y Beneficio Industrial	63.231,76
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	396.030,46
21% IVA	83.116,40
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	479.196,86

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL CIENTO NOVENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO.

27.3 Plazo de ejecución

Teniendo en cuenta la naturaleza y alcance de las actuaciones proyectadas, las características técnicas de las instalaciones de autoconsumo fotovoltaico previstas, la dispersión de los emplazamientos, la necesidad de coordinación con la propiedad y con las actividades habituales de los edificios, así como los condicionantes derivados de la normativa de seguridad y salud y de la correcta ejecución de los trabajos, se ha previsto un programa de trabajos global para la ejecución de las obras con una duración total estimada de seis (6) meses.

El plazo de ejecución comenzará a computarse a partir de la fecha de firma del Acta de Comprobación de Replanteo, momento a partir del cual se considerará autorizada la ejecución material de las obras conforme al

proyecto aprobado. Dicho plazo incluye la totalidad de las fases necesarias para la correcta implantación de las instalaciones, tales como trabajos previos, replanteos, suministro de materiales, ejecución de estructuras de soporte, montaje de módulos fotovoltaicos, tendido y conexionado de cableado en corriente continua y alterna, instalación de inversores y cuadros eléctricos, integración con las instalaciones existentes, pruebas, verificaciones, puesta en servicio y entrega de la documentación final.

El plazo previsto contempla igualmente los tiempos necesarios para la planificación y coordinación de los trabajos, la adopción de medidas de seguridad y salud, la utilización de medios auxiliares adecuados, así como las posibles interferencias con el uso normal de los edificios, garantizando en todo momento la continuidad de la actividad y la minimización de afecciones a los usuarios.

Asimismo, el programa de trabajos se ha definido considerando un desarrollo ordenado y racional de las distintas unidades de obra, permitiendo la ejecución simultánea o escalonada de las actuaciones en los diferentes edificios, en función de su complejidad, accesibilidad y condicionantes particulares, sin comprometer la calidad de la ejecución ni el cumplimiento de la normativa técnica y reglamentaria de aplicación.

El plazo indicado se entiende como suficiente y adecuado para la correcta ejecución de las obras proyectadas, siempre que no concurran causas de fuerza mayor, modificaciones sustanciales del proyecto, retrasos imputables a terceros, o incidencias ajenas a la dirección facultativa y a la empresa adjudicataria, que pudieran justificar, en su caso, la correspondiente revisión del mismo conforme a la legislación vigente.

27.4 Programa de trabajos

Plazo total de ejecución: seis (6) meses, contados desde la fecha del Acta de Comprobación de Replanteo.

Los trabajos podrán solaparse entre edificios, manteniendo siempre la secuencia lógica de ejecución y garantizando la compatibilidad con el uso habitual de los centros.

Edificio	Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6
TODOS	Replanteo general, coordinación con propiedad y planificación detallada	•					
TODOS	Implantación de obra, medios auxiliares y seguridad	•	•				
Ayuntamiento de Etxebarri	Actuaciones previas en cubiertas y sistemas de seguridad	•	•				
	Replanteo específico de estructuras FV		•				
	Montaje de estructuras (coplanar panel sándwich / teja / lastrada)		•	•			
	Montaje de módulos fotovoltaicos			•			
	Canalizaciones y cableado CC			•	•		
	Instalación de inversores y cuadros				•		
	Conexionado CA, tierras y protecciones				•		
	Pruebas, puesta en servicio y legalización					•	
CEIP Kukullaga	Actuaciones previas y seguridad en cubierta	•	•				
	Replanteo de estructura		•				
	Montaje estructura coplanar		•	•			
	Montaje de módulos			•			

Edificio	Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6
CIME	Canalizaciones y cableado CC			•	•		
	Instalación de inversor y cuadro				•		
	Pruebas y legalización					•	
	Actuaciones previas y seguridad	•	•				
	Replanteo estructuras		•				
	Montaje estructura coplanar en teja y lastrada		•	•			
	Montaje de módulos			•			
Frontón Municipal	Canalizaciones y cableado CC			•	•		
	Instalación de inversores y cuadros				•		
	Pruebas y legalización					•	
	Actuaciones previas y seguridad	•					
	Replanteo estructura		•				
	Montaje estructura coplanar panel sándwich		•	•			
	Montaje de módulos			•			
Bekosolo	Canalizaciones y cableado			•			
	Instalación inversor y pruebas				•		
	Legalización					•	
	Actuaciones previas y seguridad	•	•				
	Replanteo estructura lastrada		•				
	Montaje estructura lastrada		•	•			
	Montaje de módulos			•			
CEIP San Antonio	Canalizaciones y cableado			•	•		
	Instalación inversor y cuadro				•		
	Pruebas y legalización					•	
	Actuaciones previas y seguridad		•				
	Replanteo estructuras		•				
	Montaje estructuras (coplanar y lastrada)			•	•		
	Montaje de módulos				•		
	Canalizaciones y cableado CC				•	•	
	Instalación inversores (65 kW, 20 kW y 12 kW)					•	
	Pruebas, puesta en servicio y legalización						•

• Leyenda

- M1 a M6: Meses de ejecución
- •: Actividad en ejecución

Nota técnica final

El programa podrá ajustarse durante la ejecución por causas técnicas, climatológicas o de coordinación con los centros, sin que ello suponga modificación del plazo total, al permitir el solape de actividades entre edificios y la ejecución simultánea por equipos independientes.

27.5 Revisión de precios

A los efectos previstos en los artículos 103 a 105 del texto de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, y de conformidad con el régimen jurídico aplicable a los contratos de obras del sector público, se hace constar expresamente que no procede la revisión de precios en el presente contrato.

Esta decisión se fundamenta en que el plazo total de ejecución de las obras previsto en el proyecto es inferior a un (1) año, contado desde la fecha de formalización del acta de comprobación de replanteo, no cumpliéndose, por tanto, los requisitos temporales mínimos exigidos legalmente para la aplicación de fórmulas de revisión de precios.

En consecuencia, los precios unitarios y el presupuesto de ejecución material ofertados por el contratista se considerarán firmes e invariables durante toda la vigencia del contrato, sin que proceda revisión alguna, cualquiera que sea la evolución de los costes derivados de la mano de obra, materiales, maquinaria, medios auxiliares, transporte, energía, costes indirectos, gastos generales, beneficios industriales o variaciones en las cotizaciones en materia de Seguridad Social.

Asimismo, se entiende que el licitador, con la presentación de su oferta, asume expresamente el riesgo y ventura derivados de posibles fluctuaciones económicas que pudieran producirse durante la ejecución de las obras, de conformidad con el principio general establecido en la normativa de contratación pública.

No procederá, por tanto, ningún tipo de actualización, compensación o reequilibrio económico por incremento de costes, salvo en los supuestos legalmente tasados y expresamente previstos en la legislación vigente, que resulten de aplicación obligatoria y directa, y siempre previa tramitación del correspondiente expediente administrativo conforme a la normativa aplicable.

27.6 Propuesta de clasificación del contratista

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 77.1 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, relativo a las exigencias y efectos de la clasificación empresarial, y teniendo en cuenta que el valor estimado del contrato es inferior a 500.000,00 euros, no resulta obligatoria la exigencia de clasificación del contratista para poder concurrir a la licitación.

No obstante lo anterior, la clasificación empresarial, en el grupo y subgrupo que resulte procedente en función del objeto del contrato, podrá servir como medio válido de acreditación de la solvencia económica y financiera y de la solvencia técnica o profesional, en los términos previstos en la citada Ley y en los pliegos que rijan el procedimiento de contratación.

En consecuencia, el empresario podrá acreditar su solvencia de forma indistinta, bien mediante su clasificación como contratista de obras en el grupo o subgrupo correspondiente al objeto del contrato, bien mediante la acreditación del cumplimiento de los requisitos específicos de solvencia económica, financiera, técnica o profesional que se establezcan en el anuncio de licitación, en la invitación a participar en el procedimiento o en

los pliegos de cláusulas administrativas particulares.

En el supuesto de que los pliegos no concretasen de forma expresa los requisitos mínimos de solvencia exigibles, la acreditación de la solvencia se realizará conforme a los criterios, requisitos y medios establecidos con carácter supletorio en el segundo inciso del apartado 3 del artículo 87 de la Ley 9/2017, sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 86 a 91 del citado texto legal.

La solvencia exigida deberá ser adecuada y proporcionada al objeto del contrato, garantizando que el contratista dispone de la capacidad técnica, experiencia y medios suficientes para ejecutar correctamente las obras proyectadas, sin que en ningún caso puedan establecerse requisitos discriminatorios o desproporcionados que limiten indebidamente la concurrencia.

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado 6677 (COIIBI)

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

Ibon
Pérez
Ramos

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxinge
neria.com, c=ES

28 PLAN DE GESTION DE RESIDUOS

28.1 Objeto y alcance del documento

El presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se redacta en cumplimiento de lo dispuesto en 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, así como del Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El documento tiene por objeto identificar, cuantificar, clasificar y definir la correcta gestión de los residuos que se generarán durante la ejecución de las obras correspondientes a la implantación de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo sobre edificios existentes, estableciendo las medidas necesarias para garantizar su correcta separación, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación conforme a la normativa vigente.

La obra objeto del presente proyecto no contempla trabajos de demolición ni movimientos de tierras, tratándose exclusivamente de actuaciones de carácter técnico e instalativo sobre edificaciones existentes, por lo que los residuos generados serán fundamentalmente residuos de instalación y embalaje, sin generación de residuos estructurales ni pétreos de obra civil.

28.2 Marco normativo aplicable

Para la elaboración del presente Plan de Gestión de Residuos se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Artículo 45 de la Constitución Española.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Decisión 2014/955/UE, por la que se establece la Lista Europea de Residuos (LER).
- Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases.
- Normativa autonómica y ordenanzas municipales aplicables en la provincia de Bizkaia.

28.3 Identificación de los agentes intervinientes

28.3.1 Promotor / Productor de residuos

- Titular y Promotor: Ayuntamiento de Etxebarri

El promotor ostenta la condición de productor inicial de los residuos, al ser el titular de la actuación y responsable último de garantizar su correcta gestión conforme a la normativa vigente.

28.3.2 Poseedor de los residuos

La persona física o jurídica adjudicataria de las obras, en su condición de contratista, asumirá la condición de poseedor de los residuos, siendo responsable de su correcta separación, almacenamiento temporal y entrega a gestor autorizado.

28.3.3 Gestor de residuos

La gestión final de los residuos se realizará a través de gestores de residuos debidamente autorizados por el órgano ambiental competente del Gobierno Vasco, los cuales serán designados con carácter previo al inicio de las obras.

28.4 Naturaleza de la obra y tipología de residuos generados

La actuación proyectada consiste en la ejecución de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo sobre cubiertas de edificios existentes, sin ejecución de obras de demolición, excavación, cimentación ni movimientos de tierras.

En consecuencia:

- No se generarán RCD de Nivel I (tierras y pétreos de excavación).
- No se generarán residuos estructurales de hormigón, cerámica ni áridos.
- Los residuos generados corresponderán mayoritariamente a RCD de Nivel II, derivados de actividades de montaje, instalación eléctrica y embalajes.

28.5 Identificación y clasificación de los residuos generados

Los residuos previstos durante la ejecución de las obras se clasifican conforme a la Lista Europea de Residuos (Decisión 2014/955/UE)

28.5.1 Residuos no peligrosos

- Envases de papel y cartón (LER 15 01 01)
 - Procedentes del embalaje de módulos fotovoltaicos, inversores, estructuras y material eléctrico.
- Envases de plástico (LER 15 01 02)
 - Film protector, flejes, envoltorios y protecciones de equipos.
- Madera (LER 17 02 01)
 - Palets y embalajes de transporte.
- Metales (LER 17 04 05 / 17 04 11)
 - Restos de perfilería, tornillería, retales de cableado y pequeños sobrantes metálicos.

28.5.2 Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Equipos eléctricos fuera de uso (LER 16 02 14)

Derivados de sustituciones puntuales, pruebas o incidencias durante el montaje.

28.6 Estimación de las cantidades de residuos

Dadas las características de la actuación, se estima una generación reducida de residuos, acorde con una obra de instalación técnica sin demolición.

Tipo de residuo	Código LER	Peso estimado (t)	Volumen estimado (m³)
Papel y cartón	15 01 01	0,30	0,40
Plásticos	15 01 02	0,05	0,08
Madera	17 02 01	0,05	0,05
Metales	17 04 05 / 17 04 11	0,05	0,03
RAEE	16 02 14	0,02	0,02

28.7 Medidas de prevención y minimización de residuos

Desde la fase de proyecto se han adoptado criterios orientados a la minimización de la generación de residuos, entre los que destacan:

- Diseño optimizado de la instalación fotovoltaica para reducir mermas de cableado y estructuras.
- Uso de sistemas prefabricados y kits normalizados.
- Planificación de suministros ajustada a necesidades reales.
- Coordinación con proveedores para reducir embalajes innecesarios.
- Acopio ordenado y protegido del material para evitar deterioros.

28.8 Separación de residuos en obra

La separación de residuos se realizará en origen, siempre que sea técnicamente viable, distinguiendo al menos las siguientes fracciones:

- Papel y cartón.
- Plásticos.
- Metales.
- Madera.
- RAEE.

En caso de limitaciones de espacio en cubierta o zonas de acopio, la separación podrá realizarse en instalaciones externas mediante gestor autorizado, conservando la correspondiente documentación acreditativa.

28.9 Almacenamiento, manejo y transporte

- Los residuos se almacenarán en contenedores o sacas debidamente identificados.
- Se evitará la mezcla de fracciones que dificulte su valorización.
- Los contenedores permanecerán cerrados fuera del horario de trabajo.
- El transporte se realizará por transportistas autorizados, con la correspondiente documentación de traslado.

28.10 Destino de los residuos

Los residuos se destinarán preferentemente a:

- Reciclaje y valorización, cuando sea técnicamente posible.
- Eliminación en vertedero autorizado, únicamente para las fracciones no valorizables.

28.11 Coste previsto de la gestión de residuos

El coste estimado de la gestión de residuos, incluyendo transporte, tratamiento y tasas, se valora en:

- Coste estimado de gestión: 1.200,00 € (IVA no incluido)
 - Gestión y tratamiento de RCD: 1.200,00 €
 - Gastos generales y beneficio industrial ($\approx 19\%$): 228,00 €
 - Total PEM: 1.428,00 €
 - IVA (21%): 299,88 €
 - Total con IVA: 1.727,88 €

28.12 Determinación del importe de la fianza

De acuerdo con el Decreto 112/2012, y considerando exclusivamente RCD de Nivel II, el importe de la fianza se calculará en función del volumen estimado de residuos y los criterios municipales aplicables, resultando una fianza reducida y proporcionada, acorde con la escasa entidad de los residuos generados.

Ibon Pérez Ramos

78949808P

Ingeniero Industrial

Colegiado 6677 (COIIBI)

Bilbao, 15 de Noviembre de 2025

Ibon
Pérez
Ramos

Firmado digitalmente
por Ibon Pérez Ramos
Nombre de
reconocimiento (DN):
cn=Ibon Pérez Ramos,
email=info@onyxingeniería.com, c=ES

29 NOTAS TÉCNICAS Y CRITERIOS GENERALES DEL PROYECTO

29.1 Objeto del capítulo

El presente capítulo tiene por objeto recopilar y desarrollar de forma sistemática las notas técnicas, criterios de diseño, hipótesis de cálculo y condiciones generales que han sido adoptadas para la redacción del presente proyecto de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo sobre edificios existentes.

Estas notas técnicas son de aplicación a todas las instalaciones incluidas en el proyecto, salvo indicación expresa en contrario en apartados específicos, y constituyen la base técnica común para el dimensionado, ejecución, verificación y puesta en servicio de las instalaciones proyectadas.

29.2 Normativa técnica de referencia

Las instalaciones proyectadas han sido definidas y justificadas conforme a la normativa vigente, destacando, sin carácter limitativo:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), aprobado por Real Decreto 842/2002.
- Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT aplicables, en especial ITC-BT-18, ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-21, ITC-BT-23, ITC-BT-40.
- Norma UNE-HD 60364 (instalaciones eléctricas de baja tensión).
- Norma UNE-HD 60364-5-52:2014 (selección y montaje de canalizaciones eléctricas).
- Norma UNE-HD 60364-5-54 (puestas a tierra y conductores de protección).
- Código Técnico de la Edificación (CTE), en especial DB-SE y DB-SE-AE.
- Reglamentos y normativa específica en materia de seguridad y salud, medio ambiente y gestión de residuos.
- Normativa autonómica del País Vasco y ordenanzas municipales aplicables.

29.3 Condiciones ambientales y de instalación

Para el dimensionado de conductores, protecciones y equipos se han adoptado las siguientes condiciones generales:

- Temperatura ambiente de cálculo: 40 °C.
- Temperatura mínima considerada: -5 °C.
- Sistema de instalación de conductores: canaleta o tubo sobre superficie, asimilable a métodos de referencia B1 / B2, según UNE-HD 60364-5-52.
- Tipo de aislamiento de conductores de potencia: XLPE (RZ1-K AS 0,6/1 kV en corriente alterna y cable solar específico en corriente continua).
- Sistema de puesta a tierra: TT.
- Altura y exposición: cubiertas de edificios existentes, con exposición directa a condiciones exteriores.

Estos valores han sido considerados de forma conservadora con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la instalación en condiciones reales de servicio.

29.4 Criterios generales de diseño eléctrico en corriente alterna (CA)

29.4.1 Selección de conductores

La selección de la sección de los conductores en corriente alterna se ha realizado teniendo en cuenta simultáneamente:

- Intensidad máxima admisible del conductor.
- Condiciones de instalación y factores de corrección por temperatura.
- Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos.
- Caída de tensión máxima admisible.
- Coordinación con las protecciones magnetotérmicas y diferenciales.

Los conductores seleccionados cumplen lo indicado en la tabla C.52-1 BIS de la UNE-HD 60364-5-52:2014, que sustituye a la tabla A.52-1 BIS de la UNE 20460-5-523:2004 y a la tabla 1 de la ITC-BT-19.

29.4.2 Protección contra sobreintensidades y cortocircuitos

Todas las líneas en corriente alternan se encuentran protegidas mediante interruptores automáticos magnetotérmicos adecuadamente dimensionados, con poder de corte suficiente frente a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de instalación.

Se ha verificado expresamente:

- La intensidad de cortocircuito máxima en el origen de cada línea.
- La intensidad de cortocircuito mínima en el extremo de cada línea, garantizando la actuación de las protecciones.

29.4.3 Caída de tensión

La caída de tensión en corriente alterna ha sido verificada en todos los tramos críticos, empleando la expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot p \cdot (L \cdot I) / S$$

Garantizando que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites recomendados por el REBT y la normativa técnica aplicable para instalaciones de generación y autoconsumo.

29.5 Criterios generales de diseño eléctrico en corriente continua (CC)

29.5.1 Strings fotovoltaicos

Los strings fotovoltaicos han sido configurados teniendo en cuenta:

- Tensión máxima en circuito abierto a temperatura mínima.
- Tensión de trabajo del inversor.
- Intensidad máxima del string.
- Compatibilidad eléctrica entre módulos e inversor.

Se ha comprobado la tensión máxima de cada string en condiciones de -5°C , garantizando que no se superan los límites admisibles del inversor ni de los conductores.

29.5.2 Conductores en corriente continua

Los conductores en CC son cables solares específicos, de sección mínima 6 mm^2 , resistentes a radiación UV, intemperie y condiciones ambientales severas.

Se ha verificado:

- Intensidad admisible del conductor.
- Caída de tensión individual por string.
- Coordinación con fusibles de protección de 32 A.

29.6 Puesta a tierra y equipotencialidad

Todas las masas metálicas de la instalación (estructuras, marcos de módulos, bandejas, canalizaciones metálicas y equipos) se encuentran unidas al sistema general de puesta a tierra del edificio, garantizando la equipotencialidad y la seguridad frente a contactos indirectos.

La sección de los conductores de protección y de equipotencialidad ha sido definida conforme a la ITC-BT-18 y la UNE-HD 60364-5-54.

29.7 Criterios de ejecución y montaje

La ejecución de la instalación se realizará conforme a:

- Instrucciones del fabricante de los equipos.
- Buenas prácticas del sector fotovoltaico.
- Normativa de seguridad y salud en el trabajo.
- Coordinación con el resto de instalaciones existentes.

Se prestará especial atención a:

- Estanqueidad de cubiertas.
- Protección mecánica de conductores.
- Orden y limpieza de canalizaciones.
- Identificación y señalización de circuitos.

29.8 Verificación, pruebas y puesta en servicio

Antes de la puesta en servicio se realizarán, como mínimo:

- Verificación de continuidad de conductores de protección.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Comprobación de disparo de protecciones.

- Verificación de tensiones y polaridades.
- Pruebas funcionales de inversores y sistema de monitorización.

29.9 Alcance y validez de las notas técnicas

Las presentes notas técnicas tienen carácter general y vinculante para todas las instalaciones incluidas en el proyecto y deberán ser tenidas en cuenta durante la ejecución, control y recepción de las obras.

Cualquier modificación sustancial deberá ser previamente aprobada por la Dirección Facultativa.

30 ANEXOS II. FICHAS TECNICAS

SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5 Smart PV Controller



Active Safety

AI Powered Arcing Protection



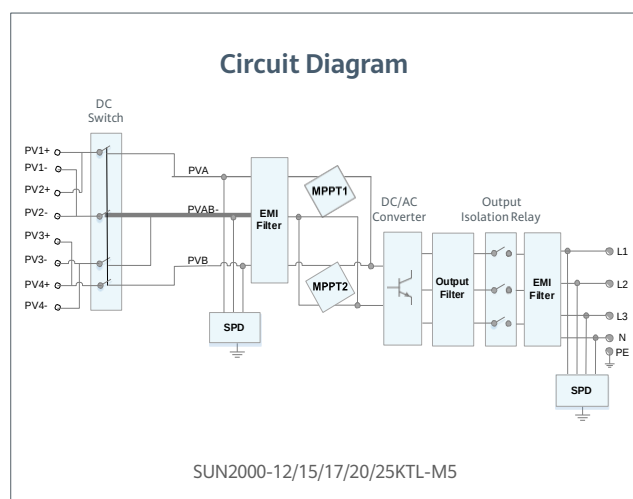
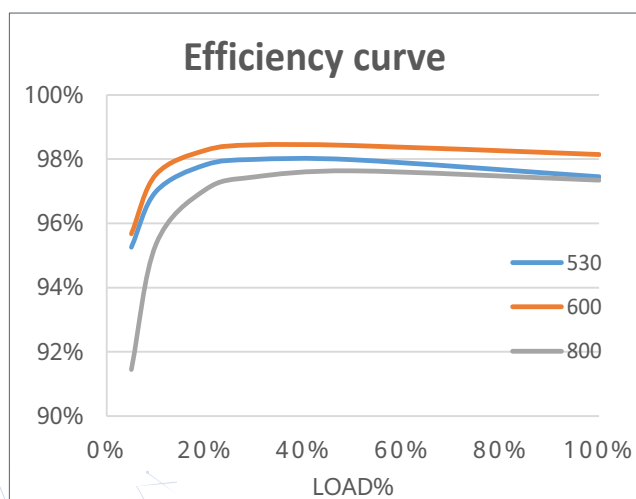
Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M5	SUN2000 -15KTL-M5	SUN2000 -17KTL-M5	SUN2000 -20KTL-M5	SUN2000 -25KTL-M5
-------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Efficiency

Max. efficiency	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
European weighted efficiency	97.9%	98.0%	98.1%	98.1%	98.2%

Input

Recommended max. PV power ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp	37,500 Wp
Max. input voltage ²	1100 V				
Full-load MPPT voltage range	370V~800V	410V~800V	440V~800V	480V~800V	530~800V
MPPT Operating voltage range ³	200 V ~ 1000 V				
Start-up voltage	200 V				
Rated input voltage	600 V				
Max. input current per MPPT	30 A (two string) / 20 A (single string)				
Max. short-circuit current	40 A				
Number of MPP trackers	2				
Max. number of inputs	4				

Output

Grid connection	Three phase				
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W	25,000 W
Max. apparent power	13,200 W	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA	27,500 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 239.6 Vac / 415Vac, 3W + N + PE				
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz				
Max. output current	18.2A/380Vac 17.3A/400Vac 16.7A/415Vac	25.2A/380Vac 23.9A/400Vac 23.1A/415Vac	28.6A/380Vac 27.1A/400Vac 26.1A/415Vac	33.6A/380Vac 31.9A/400Vac 30.8A/415Vac	42.0A/380Vac 39.9A/400Vac 38.5A/415Vac
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging				
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %				

Features & Protections

Overvoltage Category	PV II/AC III
Input-side disconnection device	Yes
Anti-islanding protection	Yes
AC over-current protection	Yes
DC reverse-polarity protection	Yes
String fault detection	Yes
DC surge protection	TYPE II
AC surge protection	CLASS II
Residual current monitoring unit	Yes
Arc fault protection	Yes
Ripple control ripple control	Yes
Integrated PID recovery ⁴	Yes

General Data

Operation temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Relative humidity	0 % RH ~ 100% RH
Max. operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Cooling	Smart air cooling
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Weight (with mounting plate)	21kg (46.4 lb)
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	546 x 460 x 228mm (21.5 x 18.1 x 9.0 inch)
Degree of protection	IP66

Optimizer Compatibility

DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P, SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P, SUN2000-1300W-P, SUN2000-1100W-P
------------------------------	---

Standard Compliance (more available upon request)

Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2
Grid connection standards	G99, EN 50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, C10/11, ABNT, VFR 2019, UNE 217001, UNE 217002, RD 244, TOR D4, IEC61727, IEC62116

^{*1} Inverter max input PV power is 40,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

^{*2} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

^{*3} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

^{*4} SUN2000-12~20KTL-M2 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly)

SUN2000-30/36/40KTL-M3 Smart PV Controller



Inteligente

Monitorización a nivel de string



Eficiente

Eficiencia máxima del
98.7%



Seguro

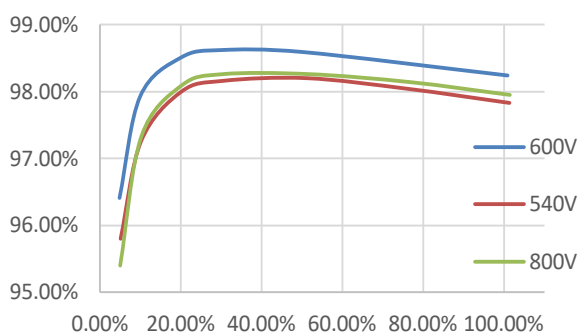
Diseño sin fusibles



Confiable

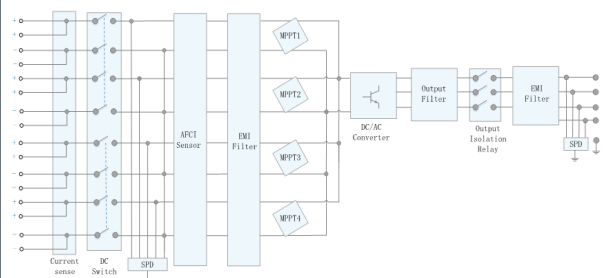
Descargadores de sobretensión
tipo II de CC y CA

Curva de eficiencia



SUN2000-30/36/40KTL-M3

Diagrama de circuito



Especificaciones técnicas		SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Eficiencia				
Máxima eficiencia	98.7%			
Eficiencia europea ponderada	98.4%			
Entrada				
Tensión máxima de entrada ¹	1,100 V			
Intensidad de entrada máxima por MPPT	26 A			
Intensidad de cortocircuito máxima	40 A			
Tensión de arranque	200 V			
Rango de tensión de operación ²	200 V ~ 1000 V			
Tensión nominal de entrada	600 V			
Cantidad de entradas	8			
Cantidad de MPPTs	4			
Salida				
Potencia nominal activa de CA	30,000 W	36,000 W	40,000 W	
Máx. potencia aparente de CA	33,000 VA	40,000 VA	44,000 VA	
Tensión nominal de Salida	230 Vac / 400 Vac, 3W/N+PE			
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz			
Intensidad nominal de salida	43.3 A	52.0 A	57.8 A	
Máx. intensidad de salida	47.9 A	58.0 A	63.8 A	
Factor de potencia ajustable	0.8 LG ... 0.8 LD			
Máx. distorsión armónica total	< 3%			
Características y protecciones				
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí			
Protección anti-isla	Sí			
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí			
Protección contra polaridad inversa CC	Sí			
Monitorización a nivel de string	Sí			
Descargador de sobretensiones de CC	Sí			
Descargador de sobretensiones de CA	Sí			
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí			
Monitorización de corriente residual	Sí			
Protección ante fallo por arco eléctrico	Sí			
Control del receptor Ripple	Sí			
Recuperación PID integrada3	Sí			
Comunicación				
Display	Indicadores LED, WLAN Integrado + FusionSolar APP			
RS485	Sí			
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Opcional)			
Monitoring BUS (MBUS)	Sí (transformador de aislamiento requerido)			
Especificaciones generales				
Dimensiones (Ancho x Profundo x Alto)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)			
Peso (Kit de herramientas para soporte de suelo incluido)	43 kg (94.8 lb)			
Nivel de Ruido	< 46 dB			
Rango de temperaturas en operación	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)			
Ventilación	Convección natural			
Max. Altitud de operación	0 - 4,000 m (13,123 ft.)			
Humedad relativa	0% RH ~ 100% RH			
Conector de CC	Staubli MC4			
Conector de CA	Terminal PG impermeable + conector OT/DT			
Grado de Protección	IP 66			
Tipología	Sin transformador			
Consumo de energía durante la noche	≤ 5.5W			
Compatibilidad con optimizador				
Optimizador compatible con DC MBUS	SUN2000-450W-P			
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)				
Seguridad	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683			
Estándares de conexión a red eléctrica	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3,RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA			

1. El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.
2. Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.
3. SUN2000-30~40KTL-M3 aumenta por encima de cero la tensión entre la FV- y tierra a través de la función de recuperación PID, con el fin de recuperar la degradación del módulo debido al efecto PID. Compatible con módulos tipo-P (mono, poli), tipo-N (nPERT, HIT)

SUN2000-50KTL-M3 Smart PV Controller



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer



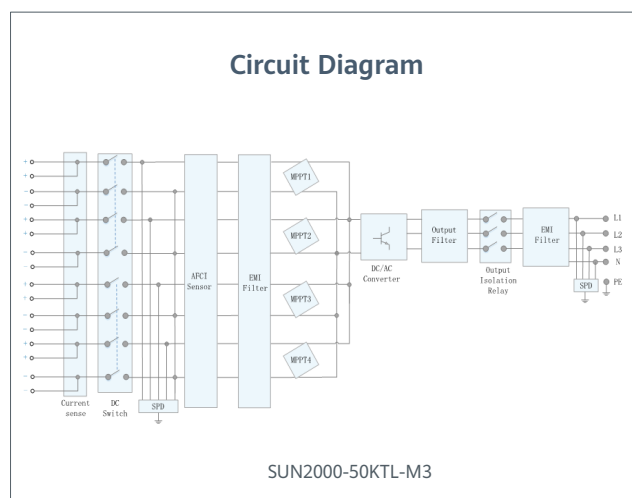
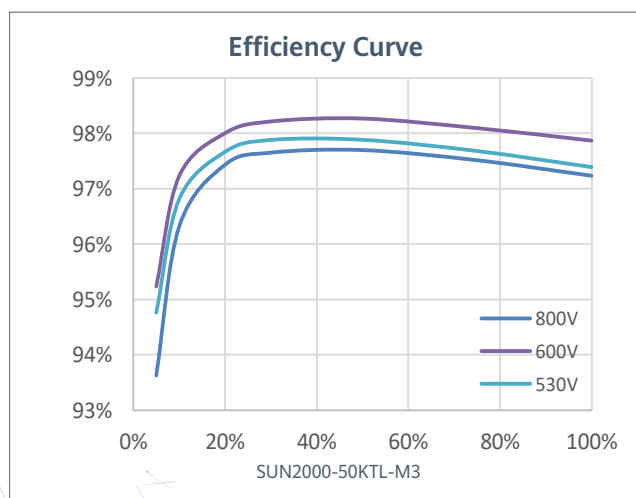
Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



SUN2000-50KTL-M3

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
-------------------------	------------------

Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%

Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4

Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes

Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)

Optimizer Compatibility	
DC MBUS Compatible Optimizer	MERC-1100/1300W-P

General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	49 kg (108.1 lb)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH
DC Connector	Amphenol HH4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W

Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

- The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
- Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
- SUN2000-30~50KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPERT, HIT)
- 50KTL Platform only supports C&I Optimizer(MERC-1100/1300W-P). The current version does not support this function and it can be upgraded to optimizer version via new inverter software version(Dec 30th, 2022)
Refer to [HTTP://solar.huawei.com/](http://solar.huawei.com/)

Inversor de String Inteligente

SUN2000-60KTL-M0



! Inteligente

- monitorización inteligente de 12 strings y resolución rápida de problemas.
- Soporte de comunicaciones por línea de alimentación eléctrica (PLC).
- Soporte de diagnóstico inteligente de curvas I-V.

👍 Eficiente

- Máxima eficiencia del 98,9%, eficiencia europea del 98,7% (@480Vac)
- Máxima eficiencia del 98,9%, eficiencia europea del 98,7% (@380Vac / 400Vac)
- 6 MPPT para adaptarse de manera versátil a distintas disposiciones

🛡️ Seguro

- Desconexión de CC integrada; mantenimiento seguro y práctico.
- Unidad de monitorización de la intensidad Residual (RCMU) integrada.
- Diseño sin fusibles.

🛡️ Confiable

- Tecnología de enfriamiento natural.
- Clase de protección IP65.
- Protectores de sobreintensidad tipo II tanto para CC como para CA.

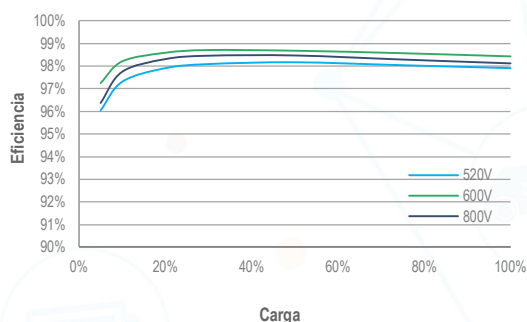
Inversor de String Inteligente (SUN2000-60KTL-M0)



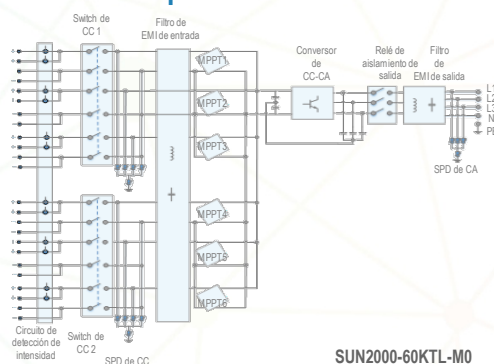
Especificaciones técnicas		SUN2000-60KTL-M0
Eficiencia		
Eficiencia máxima		98.9% @480 Vac; 98.7% @380 Vac / 400 Vac
Eficiencia europea		98.7% @480 Vac; 98.5% @380 Vac / 400 Vac
Entrada		
Máx. tensión de entrada		1,100 V
Máx. intensidad por MPPT		22 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT		30 A
tensión de entrada inicial		200 V
Rango de tensión de operación de MPPT		200 V~1,000 V
tensión nominal de entrada		600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Máx. cantidad de entradas		12
Cantidad de MPPT		6
Salida		
Potencia nominal activa de CA		60,000 W
Máx. potencia aparente de CA		66,000 VA
Máx. potencia activa de CA (cosφ=1)		66,000 W
tensión nominal de salida		220V / 380V, 230V / 400V, default 3W+N+PE; 3W+PE optional in settings 277V / 480V, 3W+PE
Frecuencia nominal de red de CA		50 Hz / 60 Hz
intensidad de salida nominal		91.2 A @380 Vac, 86.7 A @400 Vac, 72.2 A @480 Vac
Máx. intensidad de salida		100 A @380 Vac, 95.3 A @400 Vac, 79.4 A @480 Vac
Factor de potencia ajustable		0.8 LG ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total		< 3%
Protección		
Dispositivo de desconexión del lado de entrada		Sí
Protección contra funcionamiento en isla		Sí
Protección contra sobreintensidad de CA		Sí
Protección contra polaridad inversa de CC		Sí
monitorización de fallas en strings de sistemas fotovoltaicos		Sí
Protector contra sobreintensidad de CC		Tipo II
Protector contra sobreintensidad de CA		Tipo II
Detección de aislamiento de CC		Sí
Unidad de monitorización de la intensidad Residual		Sí
Comunicación		
Visualización		Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485		Sí
USB		Sí
Comunicación por línea de alimentación eléctrica (PLC)		Sí
General		
Dimensiones (ancho x altura x profundidad)		1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 pulgadas)
Peso (con soporte de montaje)		74 kg (163.1 lb.)
Rango de temperatura de operación		-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Enfriamiento		Convección natural
Altitud de operación		4,000 m (13,123 ft.)
Humedad relativa		0 ~ 100%
Conector de CC		Amphenol Helios H4
Conector de CA		Terminal de PG resistente al agua + Arandela
Clase de protección		IP65
Topología		Sin transformador
Cumplimiento de normas (Más información disponible a pedido)		
Certificado		EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 62910, IEC 60068, IEC 61683
Código de red		IEC 61727, VDE 4105/0126, UTE C 15-712-1, EN 50438, CLC/TS 50549-1, CEI 0-16/21, C10/11, RD 1699, PO 12.9

Curva de eficiencia

SUN2000-60KTL-M0@400V



Esquema eléctrico



Smart String Inverter

SUN2000-65KTL-M0



Smart

- 12 strings intelligent monitoring and fast trouble-shooting
- Power Line Communication (PLC) supported
- Smart I-V Curve Diagnosis supported

Efficient

- Max. efficiency 98.9%
- European efficiency 98.7%
- 6 MPPT per unit, effectively reducing string mismatch

Safe

- DC switch integrated, safe and convenient for maintenance
- Residual Current Monitoring Unit (RCMU) integrated
- Fuse free design

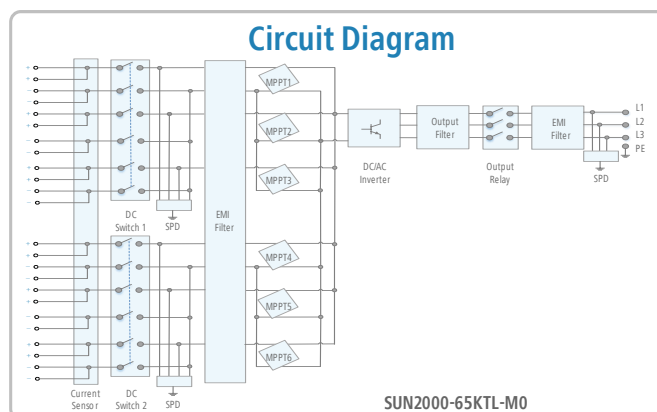
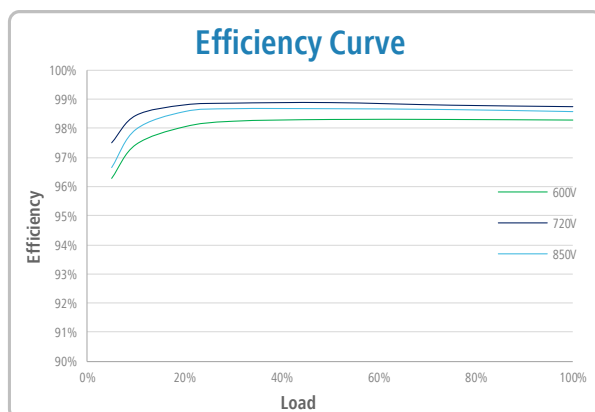
Reliable

- Natural cooling technology
- Protection degree of IP65
- Type II surge arresters for both DC and AC

Smart String Inverter (SUN2000-65KTL-M0)



Technical Specifications	SUN2000-65KTL-M0
	Efficiency
Max. Efficiency	98.9%
European Efficiency	98.7%
	Input
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	720 V
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
	Output
AC Active Power	65,000 W@50°C, 70,000 W@45°C, 72,000 W@40°C
Max. AC Apparent Power	72,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	72,000 W
Rated Output Voltage	480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	78.2 A
Max. Output Current	86.7 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
	Protection
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
	Communication
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Power Line Communication (PLC)	Yes
	General
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	72 kg (158.7 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + OT Connector
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
	Standard Compliance (more available upon request)
Certificate	EN 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Code	IEC 61727, G59/3, MEA, PEA, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, ABNT NBR IEC 62116, AS/NZS 4777.2, DEWA, Resolution No.7



Always Available for Highest Yields

solar.huawei.com

Harvest the Sunshine

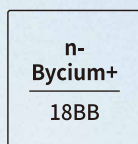
JA SOLAR

740W



JAM66D46 LB n-type Double Glass Bifacial Modules

Premium Cells



MBB Half-Cell
Technology

26%



Cell Conversion
Efficiency

Premium Modules



Higher power
generation better LCOE



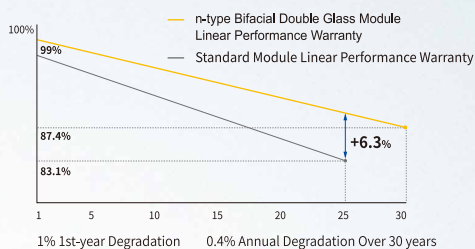
n-type with very
Lower LID



Better Temperature
Coefficient



Better low irradiance
response



12-year product
warranty



30-year linear power
output warranty

Comprehensive Certificates

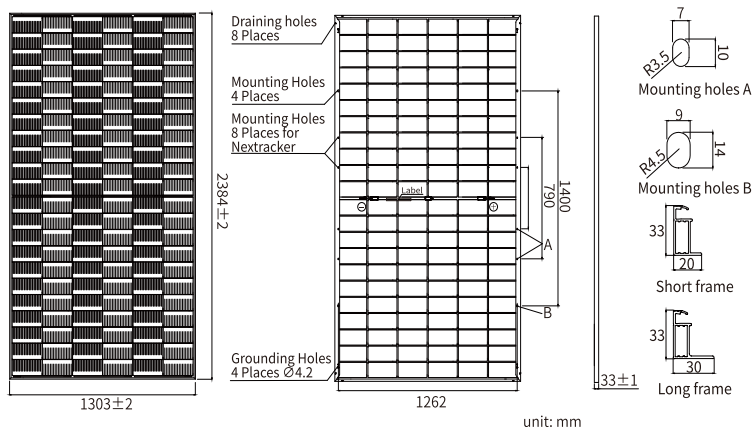
- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



DEEP BLUE 4.0 Pro

JAM66D46 LB

n-type Double Glass Bifacial Modules



MECHANICAL PARAMETERS

Cell	Mono
Weight	38.2kg
Dimensions	2384±2mm×1303±2mm×33±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3diodes
Connector	QC 4.10-351/ MC4-EVO2A
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 400mm(+)/200mm(-) Landscape: 1400mm(+)/1400mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	33pcs/Pallet, 594pcs/40HQ Container

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66D46 -715/LB	JAM66D46 -720/LB	JAM66D46 -725/LB	JAM66D46 -730/LB	JAM66D46 -735/LB	JAM66D46 -740/LB
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	715	720	725	730	735	740
Open Circuit Voltage (V _{oc}) [V]	48.80	49.00	49.20	49.40	49.60	49.80
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	41.00	41.19	41.39	41.58	41.77	41.96
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	18.55	18.59	18.63	18.67	18.70	18.73
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	17.44	17.48	17.52	17.56	17.60	17.64
Module Efficiency [%]	23.0	23.2	23.3	23.5	23.7	23.8
Power Tolerance	0~+3%					
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0.250%/°C					
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0.290%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

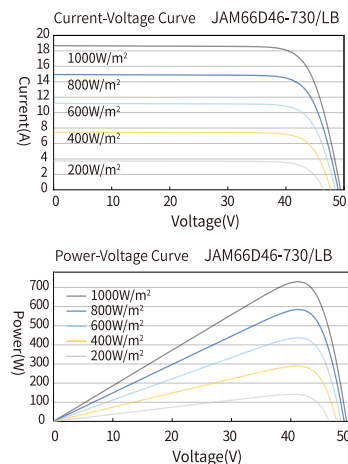
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

TYPE	JAM66D46 -715/LB	JAM66D46 -720/LB	JAM66D46 -725/LB	JAM66D46 -730/LB	JAM66D46 -735/LB	JAM66D46 -740/LB
Rated Max Power(P _{max}) [W]	772	778	783	788	794	799
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	48.80	49.00	49.20	49.40	49.60	49.80
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	41.00	41.19	41.39	41.58	41.77	41.96
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	20.03	20.08	20.12	20.16	20.20	20.23
Max Power Current(I _{mp}) [A]	18.84	18.88	18.92	18.96	19.01	19.05
Irradiation Ratio (rear/front)	10%					

* For NextTracker installations, maximum static load please take compatibility approve letter between JA Solar and NextTracker for reference.

CHARACTERISTICS



OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse Rating	35A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Bifaciality	80%±5%
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 29/Class C



Headquarters

No. 8 Building, Nuode Center, No.1 Courtyard, East Auto Museum Road,
Fengtai District, Beijing
Tel: +86 10 6361 1888 Fax: +86 10 6361 9999
E-mail: sales@jasolar.com marketing@jasolar.com www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.

Version No.: Global-EN-20250709C

DEEP BLUE 3.0

Mono

550W MBB Bifacial Mono PERC
Half-cell Double Glass Module
JAM72D30 525-550/MB Series

Introduction

Assembled with 11BB bifacial PERC cells and half-cell configuration, these double glass modules have the capability of converting the incident light from the rear side together with the front side into electricity, providing higher output power, lower temperature coefficient, less shading loss, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



More reliable, more stable
power generation



Less shading effect

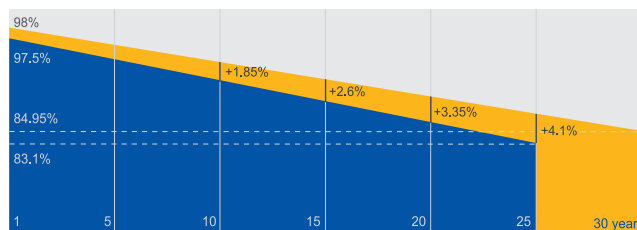


Lower temperature coefficient

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 30-year linear power output warranty

0.45% Annual Degradation
Over 30 years



■ Bifacial double glass module linear power warranty

■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



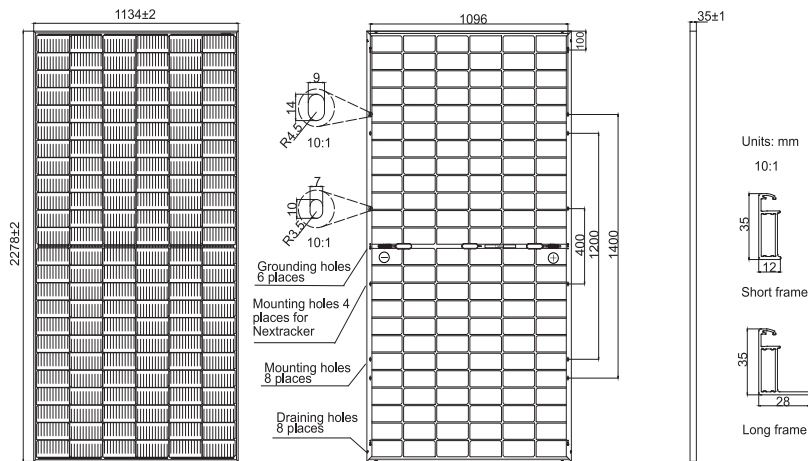
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	31.8kg±3%
Dimensions	2278±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC), 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1300mm(+)/1300mm(-)
Front Glass/Back Glass	2.0mm/2.0mm
Packaging Configuration	31pcs/Pallet 620pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72D30 -525/MB	JAM72D30 -530/MB	JAM72D30 -535/MB	JAM72D30 -540/MB	JAM72D30 -545/MB	JAM72D30 -550/MB
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

TYPE	JAM72D30 -525/MB	JAM72D30 -530/MB	JAM72D30 -535/MB	JAM72D30 -540/MB	JAM72D30 -545/MB	JAM72D30 -550/MB
Rated Max Power(Pmax) [W]	562	567	572	578	583	589
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.54	49.67	49.80	49.93	50.03	50.21
Max Power Voltage(Vmp) [V]	41.14	41.31	41.47	41.65	41.78	41.95
Short Circuit Current(Isc) [A]	14.61	14.68	14.76	14.83	14.91	14.98
Max Power Current(Imp) [A]	13.65	13.73	13.80	13.88	13.95	14.03
Irradiation Ratio(rear/front)	10%					

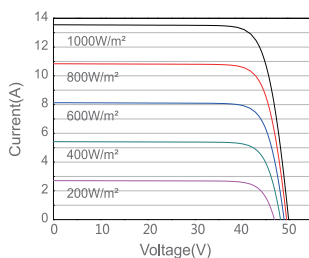
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.
**Bifaciality=Pmax,rear/Rated Pmax,front

OPERATING CONDITIONS

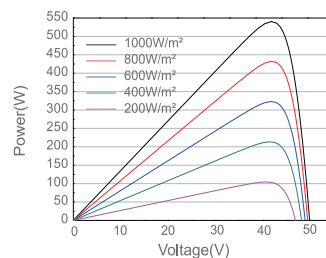
Maximum System Voltage	1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse Rating	30A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112 lb/ft ²)
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Bifaciality**	70%±10%
Fire Performance	UL Type 29

CHARACTERISTICS

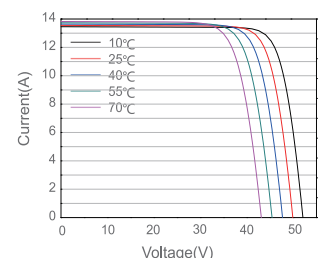
Current-Voltage Curve JAM72D30-540/MB



Power-Voltage Curve JAM72D30-540/MB



Current-Voltage Curve JAM72D30-540/MB



Mono

390W Bifacial Mono PERC Double Glass Module

JAM72D09 370-390/BP Series

Introduction

These double-glass modules assembled with bifacial PERCUM cells have the capability of converting lights incident on their rear side into electricity on top of what is being generated by the front side, making them the best-performed and the most cost-effective modules in terms of solar energy generation as well as tolerance for harsh environment and extreme weather conditions.



3%~15% more
energy generation



framed design, ease of
transportation and installation



Superior low
irradiance performance

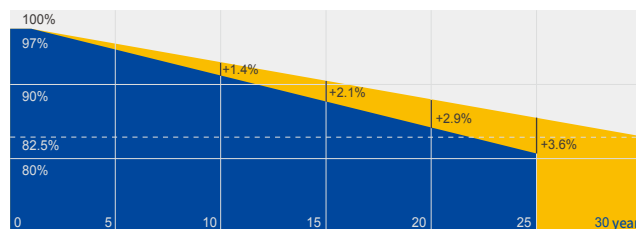


Excellent temperature
dependent performance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 30-year linear power output warranty

0.5% Annual Degradation
Over 30 years



■ Additional Value From 30-Year Warranty ■ JA Standard

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



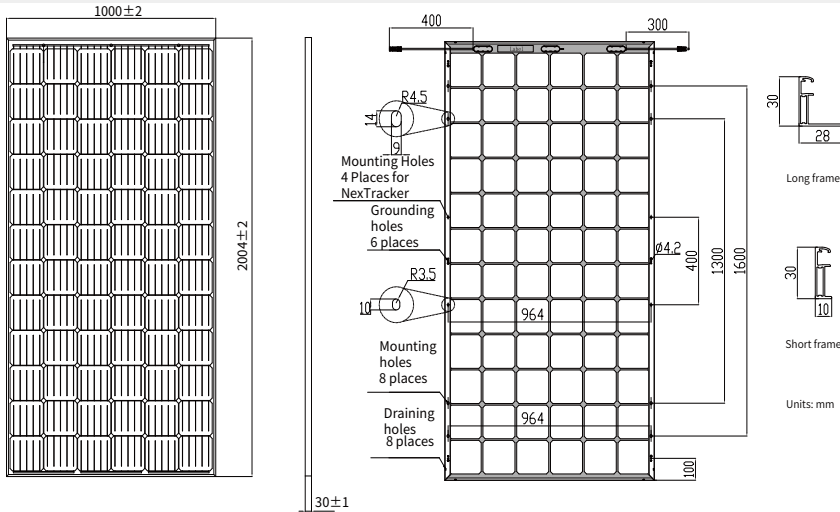
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	29.8kg±3%
Dimensions	2004±2mm×1000±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	72(6x12)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35
Packaging Configuration	34 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72D09 -370/BP	JAM72D09 -375/BP	JAM72D09 -380/BP	JAM72D09 -385/BP	JAM72D09 -390/BP
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	370	375	380	385	390
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	48.20	48.51	48.81	49.11	49.42
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	39.41	39.73	40.02	40.33	40.63
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.91	9.97	10.03	10.09	10.14
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.39	9.44	9.50	9.55	9.60
Module Efficiency [%]	18.5	18.7	19.0	19.2	19.5
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.060%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.370%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

The efficiency of the bifacial PERC glass-glass modules at 200W/m² to that at 1000W/m² is 98%.

*Bifaciality=Pmax,rear/Rated Pmax,front

ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH DIFFERENT REAR SIDE POWER GAIN(REFERENCE TO 385W FRONT)

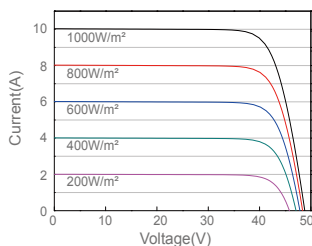
Backside Power Gain	5%	10%	15%	20%	25%	Maximum System Voltage	1500V DC(IEC)
Rated Max Power(Pmax) [W]	404	424	443	462	481	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.11	49.11	49.11	49.21	49.21	Maximum Series Fuse	20A
Max Power Voltage(Vmp) [V]	40.33	40.33	40.33	40.43	40.43	Maximum Static Load, Front*	5400Pa
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.59	11.10	11.60	12.11	12.61	Maximum Static Load, Back*	2400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	10.02	10.51	10.98	11.43	11.90	NOCT	45±2°C
						Bifaciality*	70%±5%

*For NexTracker installations static loading performance: front load measure 2400Pa, while back load measures 2400Pa.

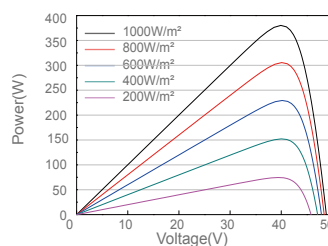
OPERATING CONDITIONS

CHARACTERISTICS

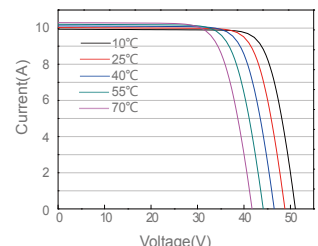
Current-Voltage Curve JAM72D09-380/BP



Power-Voltage Curve JAM72D09-380/BP



Current-Voltage Curve JAM72D09-380/BP



31 ANEXOS III. ESTUDIOS PVGIS-5

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

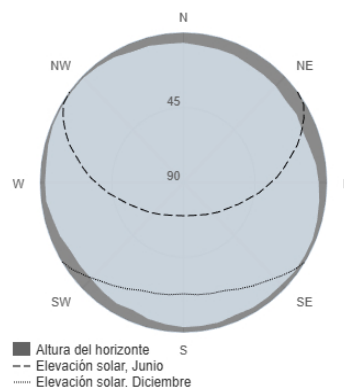
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.246,-2.892
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 12.48 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

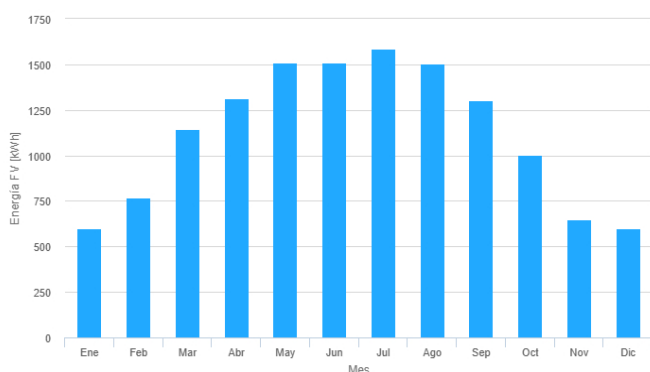
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 15 °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 13496.57 kWh
Irradiación anual: 1370.85 kWh/m²
Variación interanual: 522.34 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -3.33 %
Efectos espectrales: 1.5 %
Temperatura y baja irradiancia: -6.52 %
Pérdidas totales: -21.11 %

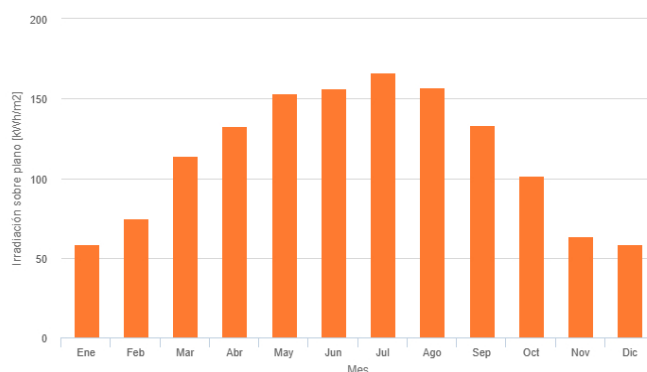
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	599.9	58.8	84.8
Febrero	768.6	75.0	164.2
Marzo	1146.7	113.8	193.8
Abril	1315.4	132.6	169.1
Mayo	1510.0	153.6	185.7
Junio	1507.7	156.6	129.2
Julio	1586.1	166.3	129.8
Agosto	1506.3	156.9	104.7
Septiembre	1301.5	133.6	88.0
Octubre	1005.5	101.3	108.3
Noviembre	650.7	63.7	135.8
Diciembre	598.3	58.7	106.8

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

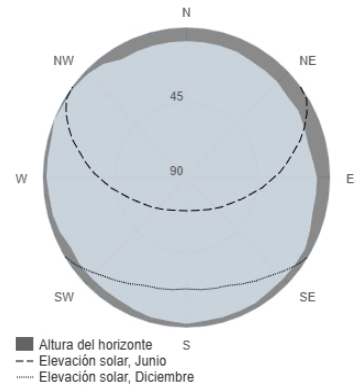
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.249,-2.887
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 60.5 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

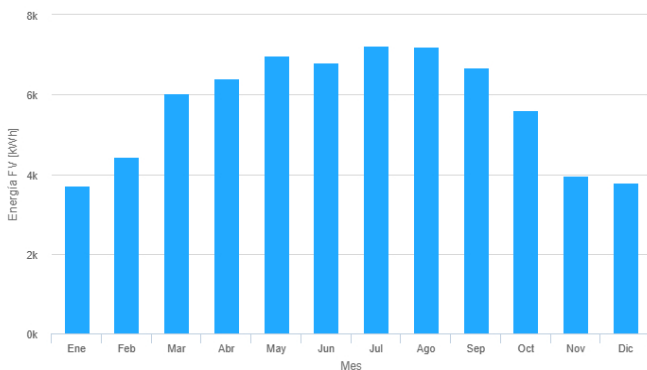
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 36 (opt) °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 68848.13 kWh
Irradiación anual: 1436.93 kWh/m²
Variación interanual: 2886.01 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -2.86 %
Efectos espectrales: 1.59 %
Temperatura y baja irradiancia: -6.68 %
Pérdidas totales: -20.8 %

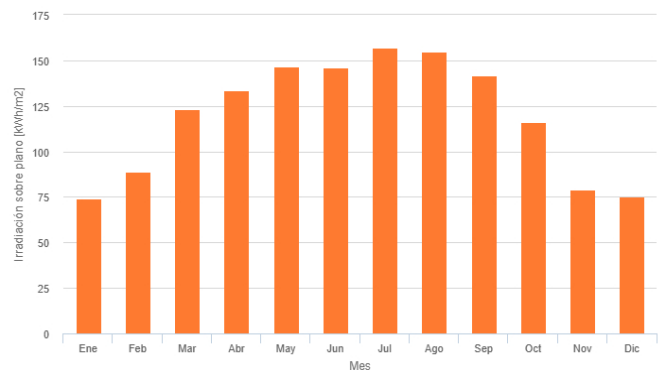
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	3721.4	73.9	587.9
Febrero	4432.8	88.7	1062.8
Marzo	6021.4	123.3	1101.0
Abril	6406.2	133.5	869.8
Mayo	6975.6	146.8	870.7
Junio	6804.7	146.4	594.2
Julio	7236.7	157.1	600.2
Agosto	7190.7	155.0	511.0
Septiembre	6684.5	141.9	485.0
Octubre	5615.3	116.4	676.1
Noviembre	3959.6	78.8	914.8
Diciembre	3799.3	75.2	772.3

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

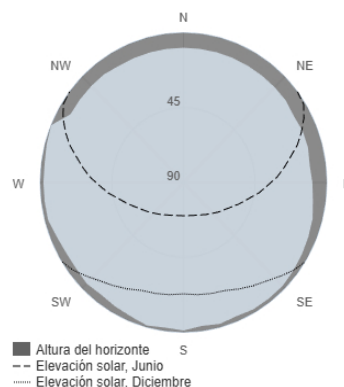
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.252,-2.886
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 99 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

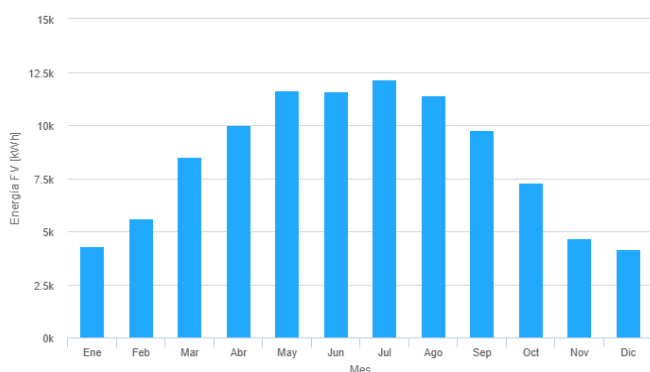
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 10 °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 101059.8 kWh
Irradiación anual: 1337.39 kWh/m²
Variación interanual: 3638.48 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -3.49 %
Efectos espectrales: 1.48 %
Temperatura y baja irradiancia: -9.38 %
Pérdidas totales: -23.67 %

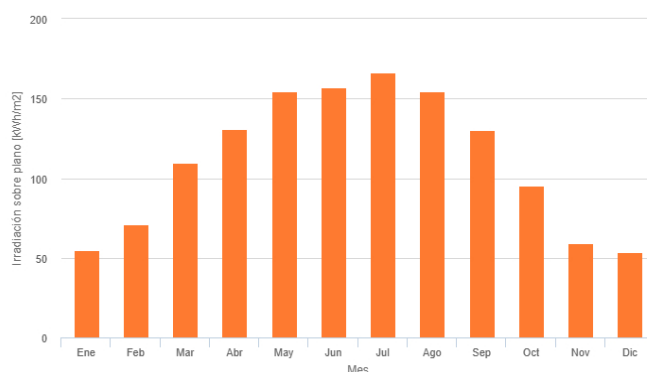
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	4296.0	54.8	549.9
Febrero	5628.1	71.3	1092.2
Marzo	8504.0	109.5	1401.0
Abril	9994.8	131.0	1217.7
Mayo	11640.5	154.3	1337.3
Junio	11597.7	157.2	930.3
Julio	12138.0	166.1	906.7
Agosto	11381.0	154.5	736.6
Septiembre	9748.2	130.2	597.9
Octubre	7297.0	95.6	739.0
Noviembre	4667.1	59.4	918.1
Diciembre	4167.4	53.3	678.4

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

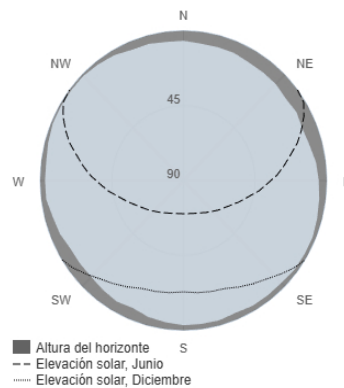
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.246,-2.892
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 27.68 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

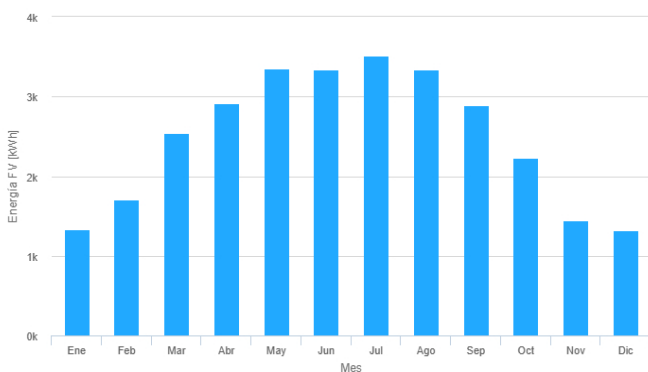
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 15 °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 29934.7 kWh
Irradiación anual: 1370.85 kWh/m²
Variación interanual: 1158.51 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -3.33 %
Efectos espectrales: 1.5 %
Temperatura y baja irradiancia: -6.52 %
Pérdidas totales: -21.11 %

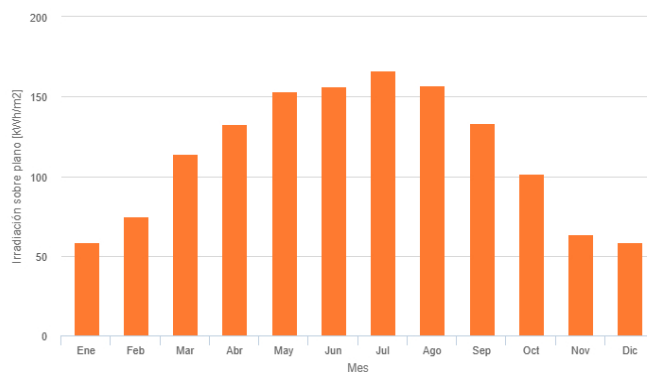
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	1330.5	58.8	188.1
Febrero	1704.8	75.0	364.1
Marzo	2543.2	113.8	429.9
Abril	2917.4	132.6	375.1
Mayo	3349.2	153.6	411.9
Junio	3344.1	156.6	286.5
Julio	3517.9	166.3	288.0
Agosto	3340.8	156.9	232.3
Septiembre	2886.7	133.6	195.1
Octubre	2230.1	101.3	240.1
Noviembre	1443.2	63.7	301.1
Diciembre	1327.0	58.7	236.8

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

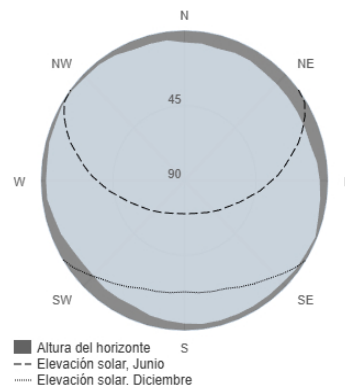
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.246,-2.893
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 66.55 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

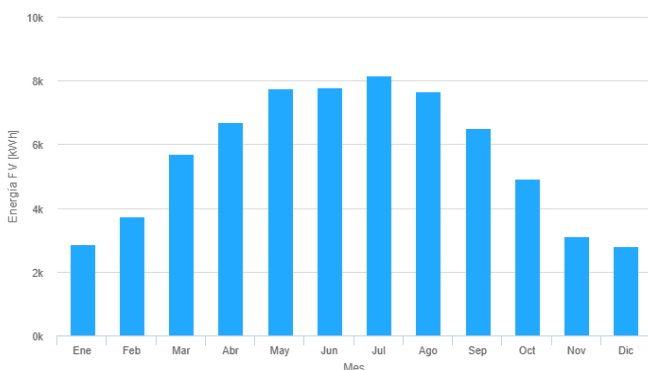
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 10 °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 67737.86 kWh
Irradiación anual: 1335.8 kWh/m²
Variación interanual: 2505.57 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -3.52 %
Efectos espectrales: 1.48 %
Temperatura y baja irradiancia: -9.51 %
Pérdidas totales: -23.8 %

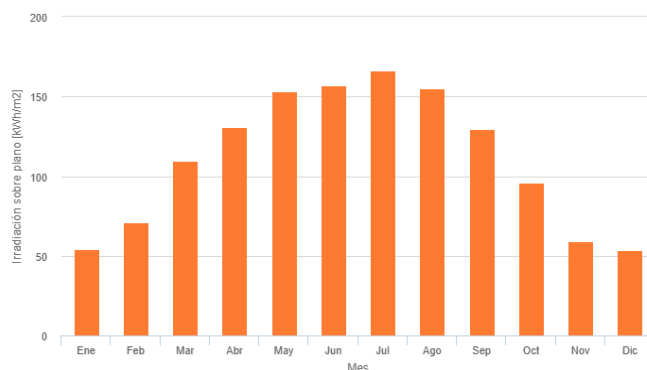
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	2863.7	54.4	379.0
Febrero	3750.6	70.8	755.0
Marzo	5716.1	109.8	922.8
Abril	6682.8	130.6	826.2
Mayo	7751.7	153.2	926.3
Junio	7773.0	157.0	649.1
Julio	8153.5	166.3	645.5
Agosto	7669.3	155.3	519.9
Septiembre	6512.6	129.7	420.4
Octubre	4922.6	96.0	499.9
Noviembre	3128.3	59.2	617.3
Diciembre	2813.8	53.6	470.1

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

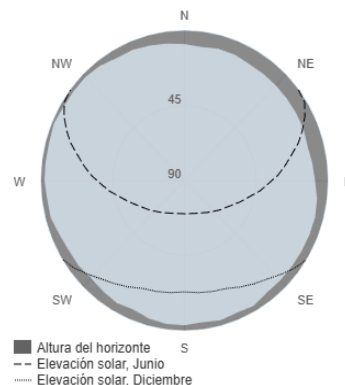
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 43.248,-2.890
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Cryst Sil Original
FV instalado: 52.8 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

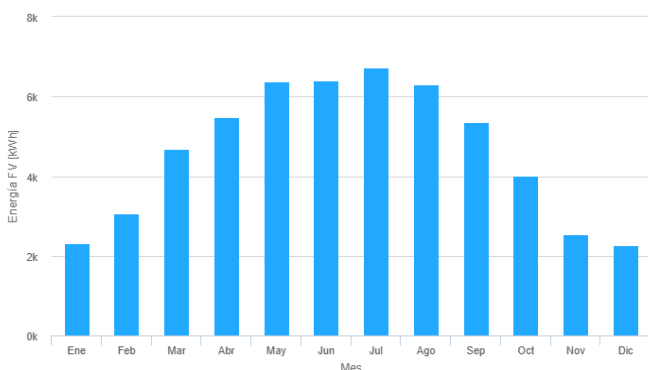
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 10 °
Ángulo de azimut: 0 °
Producción anual FV: 55531.52 kWh
Irradiación anual: 1335.14 kWh/m²
Variación interanual: 2115.27 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -3.49 %
Efectos espectrales: 1.48 %
Temperatura y baja irradiancia: -6.48 %
Pérdidas totales: -21.23 %

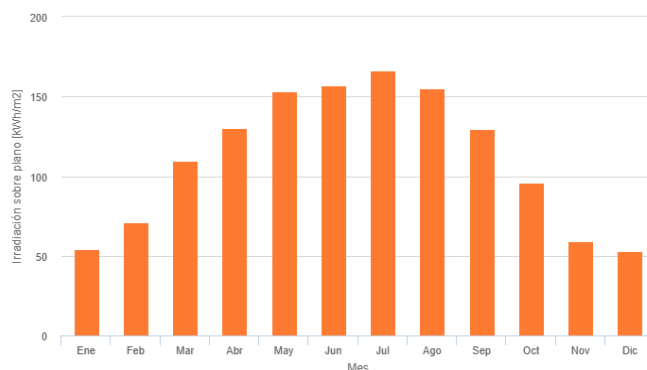
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	2327.7	54.5	308.4
Febrero	3054.6	70.8	624.3
Marzo	4677.4	109.7	770.4
Abril	5481.9	130.4	691.8
Mayo	6383.1	153.2	779.6
Junio	6405.7	157.0	544.5
Julio	6720.9	166.3	545.3
Agosto	6307.5	154.9	435.2
Septiembre	5347.8	129.7	353.2
Octubre	4017.7	96.0	415.7
Noviembre	2545.7	59.5	505.4
Diciembre	2261.6	53.1	379.4

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].



C/Novia Salcedo, 9 – Dpto. 3A (48012) Bilbao - Bizkaia // T: 944 109 781

// info@onyxingenieria.com // www.onyxingenieria.com //