

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA NAVE
INDUSTRIAL DE PRODUCCIÓN DE CARRETILLAS
ELEVADORAS ELÉCTRICAS CON AUTOCONSUMO***

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021



AGRADECIMIENTOS

“A Ana, por acompañarme en este camino y darme fuerzas cada día.
A mi familia, por todo el esfuerzo para que hoy pueda ser como soy y estar donde estoy.
A Felipe, por enseñarme tanto durante la carrera y mostrarme lo que es tener vocación.
A Cristina y Javier, de Mitsubishi Logisnext Europe, por abrirme las puertas a este proyecto.
A Miguel, de IDOM, por mostrarme todas las claves que rodean a los proyectos de instalaciones.”

RESUMEN

Se propone el diseño y dimensionamiento de una instalación industrial eléctrica compleja, para la producción de carretillas elevadoras eléctricas, alimentada simultáneamente por un generador fotovoltaico de autoconsumo. Para ello, primeramente, se aborda la modelización de toda la aparamenta eléctrica a instalar en media y baja tensión, así como del generador fotovoltaico, mediante criterios convencionales y, posteriormente, se ratifican los resultados a través de los programas especializados de ingeniería de uso profesional. Finalmente, se detallan todas las condiciones a tener en cuenta en la ejecución en obra de la instalación.

Palabras clave: Instalación eléctrica, Baja Tensión, Media Tensión, Generador fotovoltaico, autoconsumo, Energía renovable.

LABURPENA

Eskorga jasotzaile elektrikoak ekoizteko instalazio industrial elektriko konplexu baten diseinu eta dimentsionamendua proposatzen da, non autokontsumoko sorgailu fotovoltaiko batek aldi berean elikatzen duen. Horretarako, lehenik eta behin, erdi-tentsioan eta behe-tentsioan instalatu beharreko tresna elektriko guztiak modelizatzen dira, baita sorgailu fotovoltaikoa ere, ohiko irizpideen bitartez eta, ondoren, emaitzak berresten dira erabilera profesionaleko ingeniari-tza-programa espezializatuei esker. Azkenik, obran instalazioa egiterakoan kontuan hartu beharreko baldintza guztiak zehazten dira.

Hitz gakoak: Instalazio elektrikoa, Behe-tentsio, Erdi-tentsio, Sorgailu fotovoltaikoa, Autokontsumo, Energia berriztagarria.

ABSTRACT

The design and sizing of a complex electrical industrial installation to produce electric forklift trucks is proposed, powered simultaneously by a self-consumption photovoltaic generator. To accomplish this goal, firstly, the modelling of all the electrical switchgear to be installed at medium and low voltage, as well as the photovoltaic generator, is addressed using conventional criteria. Next, the results are ratified by means of specialized engineering softwares for professional use. Finally, all the conditions to be considered in the on-site execution of the installation are detailed.

Key words: Electrical installation, Low voltaje, Medium voltaje, Photovoltaic generator, Self-consumption, Renewable energy.

ÍNDICE DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

MEMORIA

INTRODUCCIÓN	19
1. CONTEXTO	21
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	22
3. BENEFICIOS	24
4. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	25
4.1 Emplazamiento de las instalaciones	25
4.2 Descripción del proceso industrial [4]	25
4.2.1 Área de soldadura	26
4.2.2 Área de pintado.....	31
4.2.3 Área de ensamblaje.....	34
4.2.4 Equipamiento auxiliar	37
4.3 Disposición superficial	38
4.3.1 Área productiva.....	38
4.3.2 Área de oficinas y servicios	39
4.4 Requerimiento maquinaria instalada	40
4.5 Descripción del proceso de generación eléctrica para autoconsumo	41
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	46
5.1 Suministro de energía	46
5.2 Previsión de cargas	46
5.3 Esquema de distribución [13]	47
5.3.1 Generalidades	47
5.3.2 Tipos de esquemas de distribución.....	48
5.3.3 Esquema de distribución escogido.....	50
5.4. Descripción de la instalación	51
5.4.1 Acometida	51
5.4.2 Instalación industrial.....	52
5.4.3 Instalación del generador fotovoltaico	56
5.5 Dimensionado de la instalación industrial [13]	63
5.5.1 Dimensionado de los conductores.....	63
5.5.2 Dimensionamiento de los equipos de protección.....	76
5.5.2 Dimensionamiento mediante CANECO	97
5.6 Dimensionado de la instalación fotovoltaica	97
5.6.1 Superficie útil	97
5.6.2 Previsión de condiciones de generación	97

5.7 Compensación del factor de potencia	103
5.8 Centro de transformación	104
5.8.1. Centro de Seccionamiento PFU-4	105
5.8.2. Centro de Transformación PFU-7	106
5.9 Puesta a Tierra.....	111
5.10 Protección Frente a Descargas Atmosféricas	112
6. PLAN DEL PROYECTO.....	113
6.1 Fases del proyecto	113
6.2 Duración Total	114
6.3 Hitos del Proyecto	114
6.4 Diagrama de Gantt	114
7. ASPECTOS ECONÓMICOS.....	118
7.1. Presupuesto	118
7.2. Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica.....	119
7.2.1 Rentabilidad: Hipótesis más desfavorable	119
8. GESTIÓN DEL PROYECTO	124
8.1 Organigrama	124
8.2 Matriz de responsabilidades	125
8.3 Análisis de Stakeholders	127
8.4 Análisis de Riesgos.....	130
8.4.1 Identificación de los riesgos	130
8.4.2 Análisis de los riesgos.....	131
8.4.3 Planificación de las respuestas.....	133
CONCLUSIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	136
REFERENCIAS	136
CATÁLOGOS	139

ANEXO I: PLIEGO DE CONDICIONES

1. REGLAMENTACIÓN, DISPOSICIONES Y NORMATIVA.....	147
1.1. Reglamentación estatal	147
1.2. Disposición municipal	148
1.3. Normativa UNE/IEC	148
1.4. Disposiciones adicionales.....	149



2.	<i>Requerimientos básicos de electricidad</i>	150
2.1.	Alcance del trabajo	150
2.2.	Coordinación del trabajo con otros oficios.....	150
2.3.	Interpretación de planos y especificación de instalaciones eléctrica	151
2.4.	Aceptación de planos de montaje	152
2.5.	Planos durante la construcción	153
2.6.	Control de calidad.....	153
2.7.	Transporte, almacenamiento y manejo	154
2.8.	Identificación y señalización de alumbrado y fuerza	155
2.9.	Limitación de ruidos	155
2.10.	Limpieza.....	156
2.11.	Protección	156
3.	<i>Materiales y métodos básicos de electricidad</i>	156
3.1.	Celdas de Media Tensión prefabricadas.....	157
3.2.	Transformadores de tensión	157
3.3.	Cables de alimentación a transformador	157
3.4.	Equipamiento de seguridad	157
3.5.	Canalizaciones	158
3.6.	Canal de cables.....	159
3.7.	Bandejas de cables	160
3.8.	Tubos de PVC flexible	161
3.9.	Cajas de registro o derivación	161
3.10.	Conductores	161
3.11.	Prensaestopas para cables	162
3.12.	Interruptores diferenciales.....	163
3.13.	Interruptores Automáticos.....	163
	Interruptores automáticos modulares.....	163
	Interruptores automáticos de caja moldeada.....	163
	Interruptores automáticos de bastidor abierto	163
3.14.	Interruptores de alumbrado.....	164
3.15.	Bases de tomas de corriente	164
3.16.	Luminarias.....	164
	Luminarias de emergencia	164
	Luminarias de uso común	164



Balastos electrónicos	164
3.17. Red de tierras	165
Sistema principal	165
4. Instalación eléctrica de Media Tensión	166
4.1. Distribución de Media Tensión	166
4.2. Centro de Transformación.....	166
4.3. Aparamenta en cabinas metálicas a 13,2 kV	166
4.4. Instalación de celdas.....	168
4.5. Barras de Media Tensión.....	168
4.6. Componentes de Baja Tensión	168
4.7. Interruptores automáticos	168
4.8. Interruptor de corte (SF6)	169
4.9. Transformadores de medida, protección y control.....	169
4.10. Celda de medida.....	170
4.11. Transformadores de potencia	170
Núcleo del transformador	171
Devanados.....	171
Terminaciones.....	171
4.12. Colocación de Trafos.....	171
4.13. Puentes de MT de alimentación a los trafos	171
4.14. Cables de Media Tensión	172
Conductores eléctricos.....	172
Testeo de cables de Media Tensión	172
4.15. Puesta a tierra	173
Conexión a tierra.....	173
Circuitos de puesta a tierra	173
5. Instalaciones eléctricas de Baja Tensión	174
5.1. Cuadro General de Baja Tensión.....	174
5.2. Cuadros de Distribución	175
5.3. Canalizaciones	176
5.4. Cables eléctricos de Baja Tensión	176
5.5. Identificación de equipos	177
6. Instalaciones eléctricas del generador fotovoltaico	177
6.1. Sistemas de Generación Fotovoltaica	177
6.2. Soporte	178



6.3.	StringBox.....	178
6.4.	Inversores	178
6.5.	Cables eléctricos de Corriente Continua	178
6.6.	Conexión a red	179
7.	Canalizaciones enterradas	179
7.1.	Arquetas de paso y de derivación.....	179
8.	Elementos de puesta a tierra.....	180
8.1.	Conductor de cobre	180
8.2.	Picas.....	180
8.3.	Arqueta registrable.....	180
9.	Batería de condensadores.....	180
10.	Protección frente a descargas atmosféricas.....	181
11.	Ensayos y puesta en marcha de servicios eléctricos.....	181

ANEXO II: PLANOS

1.	EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	185
2.	DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN INDUSTRIAL.....	190
3.	DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	216
4.	LAYOUT DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	219
5.	ILUMINACIÓN: EMERGENCIA	221
6.	DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y FUERZA.....	224
7.	ILUMINACIÓN: LUMINARIAS NORMALES.....	227
8.	ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN DE CUADROS.....	231
9.	ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN A RECEPTORES	234
10.	DISTRIBUCIÓN DE CANALIZACIONES.....	236
11.	PUESTA A TIERRA.....	241
12.	ESQUEMÁTICO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	242
13.	SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	246
14.	PLANOS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO [29-C]....	248
15.	PLANOS CONSTRUCTIVOS DE CUADROS ELÉCTRICOS	250

ANEXO III: CÁLCULOS

1.	<i>CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN LUMÍNICA</i>	278
2.	<i>CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA</i>	281
3.	<i>CÁLCULO DE BANDEJAS</i>	306
4.	<i>CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]</i>	309
4.1	Instalación industrial	309
4.1.1	Criterio térmico	309
4.1.2	Criterio de caída de tensión	310
4.1.3	Cálculo de conductores:.....	312
4.2	Instalación fotovoltaica	325
4.2.1	Criterio térmico	326
4.2.2	Criterio de caída de tensión	326
4.2.3	Cálculo de conductores	327
5.	<i>CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO [13]</i>	334
5.1	Impedancia interna de la aparamenta eléctrica	334
5.1.1	Red de alimentación	334
5.1.2	Transformador	335
5.1.3	Conductores	336
5.1.4	Motores.....	343
5.2	Cálculo de la componente inicial simétrica I_k''	343
6.	<i>CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]</i>	357
6.1.	Protección frente a sobrecargas	357
6.2.	Protección frente a cortocircuitos	357
6.3.	Selección de interruptores automáticos	358
6.4.	Selectividad entre protecciones	370
6.5.	Selección de Interruptores Diferenciales	370
7.	<i>CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA</i>	371
7.1.	Cálculo de la corriente de cortocircuito monofásica	371
7.2.	Cálculo de Puesta a Tierra Global	373
7.3.	Cálculo de la Sección Mínima del Conductor	373
7.4.	Cálculo de tensiones de paso y de contacto admisibles	374
7.5.	Verificación del cumplimiento de la PAT	375
8.	<i>CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS</i>	377
8.1.	Procedimiento de verificación	377
8.2.	Instalación exigida	378



8.3.	Protección mediante dispositivo de cebado.....	379
9.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN: CANECO.....	380
10.	CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	382
10.1.	Previsión de condiciones de generación	382
10.2.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	387
10.3.	Modelización en MATLAB/SIMULINK [29]	391

ANEXO IV: PRESUPUESTO

1.-	PRESUPUESTO TOTAL	397
2.-	RECURSOS MATERIALES	398
3.-	RECURSOS HUMANOS	472
4.-	RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	477

ANEXO V: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.	Justificación	482
2.	Normativa aplicable	482
3.	Datos del proyecto.....	483
4.	Objetivos	484
5.	Datos de interés.....	484
5.	Plazo de ejecución y Recursos Humanos	486
6.	Instalaciones provisionales y áreas auxiliares	486
7.	Normas preventivas.....	486
7.1.	Sistema de protección frente a contactos indirectos	486
7.2.	Cableado	486
7.3.	Interruptores Automáticos.....	486
7.4.	Cuadros Eléctricos	487
7.5.	Toma de Fuerza	487
7.6.	Alumbrado	487
7.7.	Tomas de tierra	487
7.8.	Mantenimiento y reparación de la instalación durante la ejecución	487
8.	Prevención de daños a terceros	488



9. Análisis y evaluación de riesgos.....	488
9.1. Metodología de evaluación de riesgos.....	488
9.1.1. Gravedad.....	488
9.1.2. Probabilidad.....	489
9.1.3. Evaluación de riesgos.....	489
10. Protecciones.....	490
10.1. Protecciones colectivas.....	490
10.2. Equipos de Protección Individual.....	490
10.2. Señalización.....	491
11. Medidas de emergencia en caso de accidente.....	491
11.1. Pequeño corte o magulladura.....	492
11.2. Objetos.....	492
11.3. Lesiones óseas o articulares.....	492
11.4. Quemaduras.....	493
11.5. Electrocuci3n.....	493
11.6. Reanimaci3n cardiopulmonar.....	493
11.7. Botiqu3n.....	494
11.8. Evacuaci3n de pacientes.....	494
12. Nombramientos.....	494
13. Formaci3n en Prevenci3n de Riesgos Laborales.....	495
14. Trabajo posterior.....	495
14.1. Niveles de riesgo.....	495
14.2. Normas preventivas.....	495
15. Comunicaci3n de actuaciones complementarias.....	496
16. RESUMEN DE CONSIDERACIONES EN OBRA.....	497
17.1. Durante toda la obra.....	497
17.2. Ejecuci3n Instalaciones el3ctricas.....	497
17.3. Fase de instalaci3n el3ctrica de baja tensi3n.....	498
17.3. Fase de prueba y puesta en servicio.....	498
17.4. Protecci3n frente a contactos.....	499



ANEXO VI: MEMORIAS JUSTIFICATIVAS SOFTWARE

1.	<i>ILUMINACIÓN: DIALUX</i>	502
2.	<i>ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA: DAISALUX</i>	502
3.	<i>CÁLCULOS DE APARAMENTA: CANECO</i>	502
4.	<i>SELECTIVIDAD ENTRE PROTECCIONES: SCHNEIDER TOOL</i>	502
5.	<i>INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: PVSYST</i>	502



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1- ALCANCE DEL PROYECTO.....	23
ILUSTRACIÓN 2 - DIAGRAMA DE FLUJO: MANUFACTURA DE CARRETILLAS ELEVADORAS.....	26
ILUSTRACIÓN 3 - CORTADORA LÁSER [2-C]	26
ILUSTRACIÓN 4 - CENTRO DE MECANIZADO [1-C]	27
ILUSTRACIÓN 5 - ROBOTS INDUSTRIALES DE SOLDADURA Y MECANIZADO [4-C]	28
ILUSTRACIÓN 6 - SOLDADOR Y EXTRACTOR [5-C],[6-C]	28
ILUSTRACIÓN 7 - PUNZONADORA Y DOBLADORA [7-C],[8-C]	29
ILUSTRACIÓN 8 - POLIPASTO ELÉCTRICO 5000 KG [3-C]	30
ILUSTRACIÓN 9 - ELEVADOR Y POSICIONADOR [9-C],[10-C].....	31
ILUSTRACIÓN 10 – GRANALLADORA [11-C]	32
ILUSTRACIÓN 11 - TÚNEL DE TRATAMIENTO DE VARIAS ETAPAS [15-C].....	33
ILUSTRACIÓN 12 - DIAGRAMA DE FLUJO COMPLETO: CARRETILLAS ELEVADORAS [4]	36
ILUSTRACIÓN 13 - CARRETILLAS ELEVADORAS HYSTER [22-C], [23-C]	37
ILUSTRACIÓN 14 – BOMBA DE CALOR Y REFRIGERADOR [26-C],[27-C]	38
ILUSTRACIÓN 15 - ESQUEMA GENERADOR FOTOVOLTAICO DE AUTOCONSUMO SIN ALMACENAMIENTO [7]	42
ILUSTRACIÓN 16 – ESQUEMA UNIFILAR DE PROTECCIONES I-DE [3]	43
ILUSTRACIÓN 17 - ESQUEMA UNIFILAR DE AUTOCONSUMO I I-DE [3]	44
ILUSTRACIÓN 18 - ESQUEMA UNIFILAR DE AUTOCONSUMO II I-DE [3]	45
ILUSTRACIÓN 19 - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN TT [13]	49
ILUSTRACIÓN 20 - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN TN [13].....	49
ILUSTRACIÓN 21 - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN IT [13]	50
ILUSTRACIÓN 22 – ESQUEMA UNIFILAR DEL INVERSOR [36-C]	58
ILUSTRACIÓN 23 – STRINGBOX [37-C]	59
ILUSTRACIÓN 24 - CONFIGURACIÓN DE MEDIDA PARA MODALIDAD DE AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES [3]	62
ILUSTRACIÓN 25 - DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA [18]	98
ILUSTRACIÓN 26 - UNIFILAR DE MEDIA TENSIÓN [29-C]	105
ILUSTRACIÓN 27 - CELDA DE MT DE LÍNEA (BIM Y ESQUEMA) [44-C]	106
ILUSTRACIÓN 28 - CELDA DE MT DE REMONTE (BIM Y ESQUEMA) [44-C].....	107
ILUSTRACIÓN 29 - CELDA DE MT DE PROTECCIÓN (BIM Y UNIFILAR) [44-C]	108
ILUSTRACIÓN 30 - CELDA MT DE MEDIDA (BIM Y UNIFILAR) [44-C].....	109
ILUSTRACIÓN 31 - TRANSFORMADOR DE POTENCIA SECO DE 24kV [30-C]	110
ILUSTRACIÓN 32 - PLANIFICACIÓN: DIAGRAMA DE GANTT.....	117
ILUSTRACIÓN 33 - ORGANIGRAMA	124
ILUSTRACIÓN 34 - ORGANIZATIONAL BREAKDOWN STRUCTURE (OBS).....	125
ILUSTRACIÓN 35 - RISK BREAKDOWN STRUCTURE	131
ILUSTRACIÓN 36 - DIAGRAMA UNIFILAR MARCO DE CORTOCIRCUITO	345
ILUSTRACIÓN 37 - TENSIÓN DE CONTACTO APLICADA ADMISIBLE U_{ca} [37].....	375
ILUSTRACIÓN 38 - VOLUMEN DE CAPTACIÓN DEL PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO	379
ILUSTRACIÓN 39 - ORIENTACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO [18].....	383
ILUSTRACIÓN 40 - SOMBRAS CERCANAS [18]	385
ILUSTRACIÓN 41 - RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN [18].....	386
ILUSTRACIÓN 42 - DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA [18]	386
ILUSTRACIÓN 43 - MODELIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN MATLAB [29]	391
ILUSTRACIÓN 44 - SUBSISTEMA ILUSTRATIVO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO [29].....	392
ILUSTRACIÓN 45 - SUBSISTEMA DE OBTENCIÓN DE LAS CORRIENTES DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO [29]	392



ILUSTRACIÓN 46 - VALORES DE TENSIÓN, CORRIENTE Y POTENCIA OBTENIDOS RESPECTIVAMENTE EN LA SIMULACIÓN DEL IFV [29]392

ILUSTRACIÓN 47 - RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN EN MATLAB DEL IFV [29].....393

ILUSTRACIÓN 48 - CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO INSTALADO [29]393

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - DISTRIBUCIÓN ÁREAS: PRODUCCIÓN..... 38

TABLA 2 - DISTRIBUCIÓN ÁREAS: OFICINAS Y SERVICIOS..... 39

TABLA 3 - REQUERIMIENTOS MAQUINARIA INSTALADA 40

TABLA 4 - PREVISIÓN DE CARGAS..... 46

TABLA 5 - TIEMPO DE INTERRUPCIÓN MÁXIMO ANTE CONTACTO DIRECTO: ESQUEMA TN..... 51

TABLA 6 - ESPECIFICACIONES MÓDULO FOTOVOLTAICO -STANDARD TEST CONDITIONS- [35-C] 57

TABLA 7 – ESPECIFICACIONES INVERSOR [36-C]..... 58

TABLA 8 - ESPECIFICACIONES STRING BOX [37-C] 59

TABLA 9 - SECCIONES MÍNIMAS: CONDUCTORES DE PROTECCIÓN [10] 63

TABLA 10 - SECCIONES MÍNIMAS CONDUCTOR NEUTRO [10] 64

TABLA 11- SECCIÓN DE CONDUCTORES: INSTALACIÓN INDUSTRIAL 64

TABLA 12 - INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS: INSTALACIÓN INDUSTRIAL..... 82

TABLA 13 - DISPOSITIVOS DIFERENCIALES RESIDUALES: INSTALACIÓN INDUSTRIAL 94

TABLA 14 - PROPIEDADES GENERADOR FOTOVOLTAICO 99

TABLA 15 - SECCIÓN DE CONDUCTORES: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 99

TABLA 16 - INTERRUPTOR AUTOMÁTICO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 103

TABLA 17 - CELDA DE LÍNEA CGCOSMOS-3L..... 106

TABLA 18 - CELDA DE REMONTE CGCOSMOS-RC..... 107

TABLA 19 - CELDA DE PROTECCIÓN CGCOSMOS-V 108

TABLA 20 - CELDA DE MEDIDA CGCOSMOS-M 109

TABLA 21 - TRANSFORMADOR DE POTENCIA 110

TABLA 22 - FASES DEL PROYECTO..... 113

TABLA 23 - HITOS DEL PROYECTO 114

TABLA 24 - PRESUPUESTO RRHH Y MATERIALES: RESUMEN..... 118

TABLA 25 - COSTE FIJO Y VARIABLE: FACTURACIÓN ELÉCTRICA..... 119

TABLA 26 - FACTURA ELÉCTRICA SIN IFV..... 120

TABLA 27 - FACTURA ELÉCTRICA CON IFV 120

TABLA 28 - MATRIZ DE RESPONSABILIDADES (RASCI) 126

TABLA 29 - PLAN DE COMUNICACIÓN DE STAKEHOLDERS 129

TABLA 30 - IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS 131

TABLA 31 - MATRIZ PROBABILIDAD-IMPACTO 132

TABLA 32 - CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS..... 132

TABLA 33 -PLIEGO DE CONDICIONES: CELDAS DE MT 167

TABLA 34 - PLIEGO DE CONDICIONES: TRANSFORMADOR DE POTENCIA 170

TABLA 35 - PLIEGO DE CONDICIONES: CGBT 175

TABLA 36 - CÁLCULO: REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS 278

TABLA 37 - CÁLCULO: LUMINARIAS EMERGENCIA 279

TABLA 38 - CÁLCULO: PREVISIÓN DE CARGAS..... 284

TABLA 39 - DATOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS [41-C]..... 306

TABLA 40 - DATOS CANALIZACIONES ELÉCTRICAS [43-C]..... 306

TABLA 41 - CÁLCULO DE BANDEJAS..... 308



TABLA 42 - CÁLCULO: SECCIÓN DE CONDUCTOR CT-CGBT	313
TABLA 43 - CÁLCULO: SECCIÓN DE CONDUCTORES.....	313
TABLA 44 - CÁLCULO: SECCIÓN CONDUCTORES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AC.....	328
TABLA 45 - CÁLCULO: SECCIÓN CONDUCTORES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DC	328
TABLA 46 - CÁLCULO: FACTORES DE CORRECCIÓN DE TENSIÓN [13],[16]	334
TABLA 47 - CÁLCULO: IMPEDANCIA INTERNA DE LA RED.....	335
TABLA 48 - CÁLCULO: IMPEDANCIA INTERNA DEL TRANSFORMADOR [13]	336
TABLA 49 CÁLCULO: IMPEDANCIA INTERNA DE CONDUCTORES	336
TABLA 50 - CÁLCULO: CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	346
TABLA 51 - CÁLCULO: INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	359
TABLA 52 - CARACTERÍSTICAS PAT DE PROTECCIÓN	371
TABLA 53 - CARACTERÍSTICAS PUESTA A TIERRA BT.....	373
TABLA 54 - VALORES CARACTERÍSTICOS DEL CONDUCTOR DE TIERRA [38]	374
TABLA 55 - COEFICIENTES DE CÁLCULO DE PROBABILIDAD DE CAÍDA DE RAYO	378
TABLA 56 - DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	382
TABLA 57 - PÉRDIDAS POR TEMPERATURA	384
TABLA 58 - PRECIOS MÍNIMOS DEL MERCADO ELÉCTRICO	477
TABLA 59 - PRECIOS DEL TÉRMINO DE POTENCIA	477
TABLA 60 - DATOS DE GENERACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	478
TABLA 61 - DATOS DEL PROYECTO.....	483
TABLA 62 - EVALUACIÓN DE LA GRAVEDAD	488
TABLA 63 - EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.....	489
TABLA 64 - EVALUACIÓN DE RIESGOS	489
TABLA 65 - CONTROL DE RIESGOS	489
TABLA 66 - RIESGO EN TRABAJO POSTERIOR	495
TABLA 67 - RESUMEN MEDIDAS PREVENTIVAS: GENERAL.....	497
TABLA 68 - RESUMEN MEDIDAS PREVENTIVAS: INSTALACIONES ELÉCTRICAS	498
TABLA 69 - RESUMEN EPI INSTALACIONES ELÉCTRICAS	498
TABLA 70 - ACCIONES CORRECTIVAS EN FASE DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	498
TABLA 71 - ACCIONES CORRECTIVAS EN FASE DE PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	498

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEMORIA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA NAVE INDUSTRIAL DE PRODUCCIÓN DE CARRETILLAS ELEVADORAS ELÉCTRICAS CON AUTOCONSUMO

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021

ÍNDICE DE LA MEMORIA

INTRODUCCIÓN	19
1. CONTEXTO	21
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	22
3. BENEFICIOS	24
4. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS	25
4.1 Emplazamiento de las instalaciones	25
4.2 Descripción del proceso industrial [4]	25
4.2.1 Área de soldadura	26
4.2.2 Área de pintado.....	31
4.2.3 Área de ensamblaje	34
4.2.4 Equipamiento auxiliar	37
4.3 Disposición superficial	38
4.3.1 Área productiva.....	38
4.3.2 Área de oficinas y servicios	39
4.4 Requerimiento maquinaria instalada	40
4.5 Descripción del proceso de generación eléctrica para autoconsumo	41
5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	46
5.1 Suministro de energía	46
5.2 Previsión de cargas	46
5.3 Esquema de distribución [13]	47
5.3.1 Generalidades	47
5.3.2 Tipos de esquemas de distribución.....	48
5.3.3 Esquema de distribución escogido.....	50
5.4. Descripción de la instalación	51
5.4.1 Acometida	51
5.4.2 Instalación industrial.....	52
5.4.3 Instalación del generador fotovoltaico	56
5.5 Dimensionado de la instalación industrial [13]	63
5.5.1 Dimensionado de los conductores	63
5.5.2 Dimensionamiento de los equipos de protección.....	76
5.5.2 Dimensionamiento mediante CANECO	97
5.6 Dimensionado de la instalación fotovoltaica	97
5.6.1 Superficie útil	97
5.6.2 Previsión de condiciones de generación	97
5.7 Compensación del factor de potencia	103
5.8 Centro de transformación	104



5.8.1. Centro de Seccionamiento PFU-4	105
5.8.2. Centro de Transformación PFU-7	106
5.9 Puesta a Tierra.....	111
5.10 Protección Frente a Descargas Atmosféricas	112
6. PLAN DEL PROYECTO.....	113
6.1 Fases del proyecto	113
6.2 Duración Total	114
6.3 Hitos del Proyecto	114
6.4 Diagrama de Gantt	114
7. ASPECTOS ECONÓMICOS.....	118
7.1. Presupuesto	118
7.2. Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica.....	119
7.2.1 Rentabilidad: Hipótesis más desfavorable	119
8. GESTIÓN DEL PROYECTO	124
8.1 Organigrama	124
8.2 Matriz de responsabilidades	125
8.3 Análisis de Stakeholders	127
8.4 Análisis de Riesgos.....	130
8.4.1 Identificación de los riesgos	130
8.4.2 Análisis de los riesgos.....	131
8.4.3 Planificación de las respuestas.....	133
CONCLUSIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA	136
REFERENCIAS	136
CATÁLOGOS.....	139

INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como finalidad la redacción del Trabajo Fin de Máster: *Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo*.

Este trabajo es un informe de un proyecto aplicado, realizado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela de Ingeniería de Bilbao por el estudiante del Máster en Ingeniería Industrial Yeray Rodríguez Rincón y dirigido por el Dr. Felipe Uriondo Arrue, en el cual se pretenden poner en práctica los conceptos adquiridos a lo largo del Máster, en relación con todos los aspectos que engloban a las instalaciones eléctrica, así como lo aprendido en el ámbito profesional relacionado con el trabajo propuesto. Por lo tanto, esta memoria incluirá una aplicación de diseño de una instalación de distribución a receptores en baja tensión, así como una aplicación de diseño y modelado de una instalación fotovoltaica generadora de autoconsumo.

Primeramente, se realizará una contextualización del enfoque del Trabajo Fin de Máster para exponer los objetivos, el alcance -apoyado por el *Work Breakdown Structure*- y los beneficios, con el fin de argumentar las motivaciones que subyacen al trabajo.

Realizada la parte introductoria, se describirán los requerimientos relacionados con la aplicación propuesta; esto es, se citarán los aspectos relacionados con el emplazamiento de las instalaciones, el proceso industrial en cuestión y el proceso de generación eléctrica de autoconsumo con las particularidades que lo caracterizan.

En tercer lugar, se detallarán todos los aspectos relacionados con la solución propuesta. En este sentido, se trabajarán los puntos relacionados con ambas instalaciones; es decir, se introducirán los conceptos más básicos de la solución, como las necesidades de suministro o el tipo de instalación según esquema de distribución, y se irá desarrollando el trabajo hasta concluir con los detalles en materia de dimensionamiento de conductores y protecciones.

Con respecto a la instalación industrial, con el objetivo de corroborar la solución propuesta, se compararán los resultados obtenidos en el cálculo teórico con los extraídos del software de diseño de instalaciones eléctricas *CANECO* de *ALPI* [20]. En adición, se ilustrará de forma gráfica la selectividad existente entre protecciones, mediante los informes obtenidos de la herramienta *Electrical Calculation Tool* [17] de *Schneider Electric*.

Con respecto a la instalación fotovoltaica de autoconsumo, los cálculos realizados se apoyarán en las conclusiones extraídas del modelado de esta en el software *PVSYST* [18]. Posteriormente, se parametrizará la instalación generadora en *Matlab/Simulink* [29].

Finalizado el grueso del trabajo en materia eléctrica, se expondrá el plan del proyecto, en el cual se detallarán las fases y el cronograma requeridos para la materialización satisfactoria del presente Trabajo Fin de Máster, realizado mediante *MS Project* [28].

Tras el detalle de la planificación, se adjuntan los aspectos económicos vinculados al proyecto. En una primera instancia, los conceptos se desglosarán debidamente en función del tipo de gasto y, posteriormente, se realizará un análisis de rentabilidad de la instalación, con el fin de cerciorar que la implementación del sistema de autoconsumo está debidamente fundamentada.



A continuación, se detallarán todos los aspectos relacionados con la gestión del proyecto; es decir, se trabajarán aspectos a tener en cuenta en la puesta a punto del proyecto, desde el organigrama -apoyado por el *Organizational Breakdown Structure* y la matriz *RASCI* - hasta el análisis correspondiente de los stakeholders y de los riesgos -detallado mediante el *Risk Breakdown Structure*-.

Finalmente, se procederá al detalle de las conclusiones generales del proyecto de aplicación *Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo*.

De forma adicional, en los anexos de este documento se detallarán los siguientes documentos: el pliego de condiciones y normativa aplicable; los planos, esquemas y los diseños en detalle; los cálculos, el presupuesto y el estudio básico de seguridad y salud a tener en cuenta en la ejecución de la obra, así como todas las memorias extraídas de los softwares utilizados.

1. CONTEXTO

En la actualidad, el uso de carretillas elevadoras contrapesadas está altamente extendido entre las empresas industriales de distinto índole: producción, almacenamiento, etc. No obstante, la gran mayoría de las empresas usan carretillas elevadoras cuya alimentación se basa en la combustión de energías fósiles como fuente de alimentación.

Por otro lado, si bien es cierto que se ha comenzado con el proceso de electrificación de este tipo de productos, la producción de carretillas elevadoras de altas cargas no está extendida en absoluto, siendo las más habituales aquellas con capacidades menores a 3 toneladas.

Teniendo en cuenta las razones expuestas y la demanda de carretillas elevadoras eléctricas de gran capacidad por parte de diversas empresas industriales navarras y aragonesas, la empresa *NavCarrEl* ha decidido realizar una apuesta en pro de liderar el cambio hacia la producción de las carretillas elevadoras contrapesadas eléctricas con capacidad de hasta 5 toneladas.

Así pues, *NavCarrEl* se ha puesto en contacto y ha solicitado la realización de un proyecto de diseño y ejecución en obra de una nave industrial que satisfaga los requerimientos de explotación del producto que quieren sacar al mercado.

Por lo tanto, recibida la demanda por parte del cliente, se va a diseñar y dimensionar la instalación eléctrica industrial que satisfaga tales condiciones de explotación. En adición, y en favor de una mayor reducción de gases contaminantes en el ciclo de vida del producto, el proyectista se encargará de dimensionar una instalación renovable, mediante energía fotovoltaica.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal del proyecto es el de diseñar y desarrollar una instalación industrial con autoconsumo, destinada a la fabricación de carretillas elevadoras eléctricas. Para ello, se detallarán todos los requerimientos que se estimen oportunos y que se considere ayuden a caracterizar la instalación industrial objeto. Además, se buscará satisfacer el siguiente listado de objetivos:

- Por un lado, se pretende realizar una instalación industrial que sea energéticamente sostenible; esto es, basando el proyecto en la búsqueda de la minimización del impacto ambiental, se pretende modelizar una instalación que no sólo sea emplazamiento de fabricación de un producto cuyo impacto medioambiental es considerablemente menor que sus homólogos de combustión, sino que, además, el impacto intrínseco de la ejecución del proceso productivo sea lo más reducido posible, gracias al aporte energético del generador fotovoltaico emplazado en la cubierta de la nave.
- En relación con lo comentado en el punto anterior acerca del generador fotovoltaico de la instalación, su implementación provocará una disminución del importe eléctrico facturado en el largo plazo, así como el impacto medioambiental derivado por la propia explotación de la instalación industrial. Además, el hecho de sustentar parte del consumo con una energía limpia mejorará la imagen pública de la empresa destinada al desarrollo del proceso productivo, debido a su compromiso con el medioambiente y la apuesta por la reducción de las emisiones de gases contaminantes.
- Por último, la instalación deberá cumplir con toda normativa vigente en relación con las instalaciones eléctricas de media y baja tensión, haciendo especial énfasis en la preservación de la seguridad eléctrica en ambientes industriales, tanto de la aparamenta como del personal que trabaje en la nave.

En definitiva, se propone el diseño e implantación de una instalación eléctrica que permita desarrollar con plena seguridad las labores de ejecución del proceso productivo de carretillas elevadoras eléctricas mediante la maximización de recursos energéticos limpios y respetuosos con el medioambiente.

En relación con el alcance del proyecto, este documento abarcará todos los pasos relacionados con el diseño e implementación de la instalación eléctrica, sin contemplar aspectos relacionados con la explotación ni la monitorización tras la ejecución correspondiente. Con ello, y con el fin de satisfacer los objetivos previamente mencionados, se propone el siguiente desglose estructural del trabajo, conocido como WBS -*Work Breakdown Structure*-:

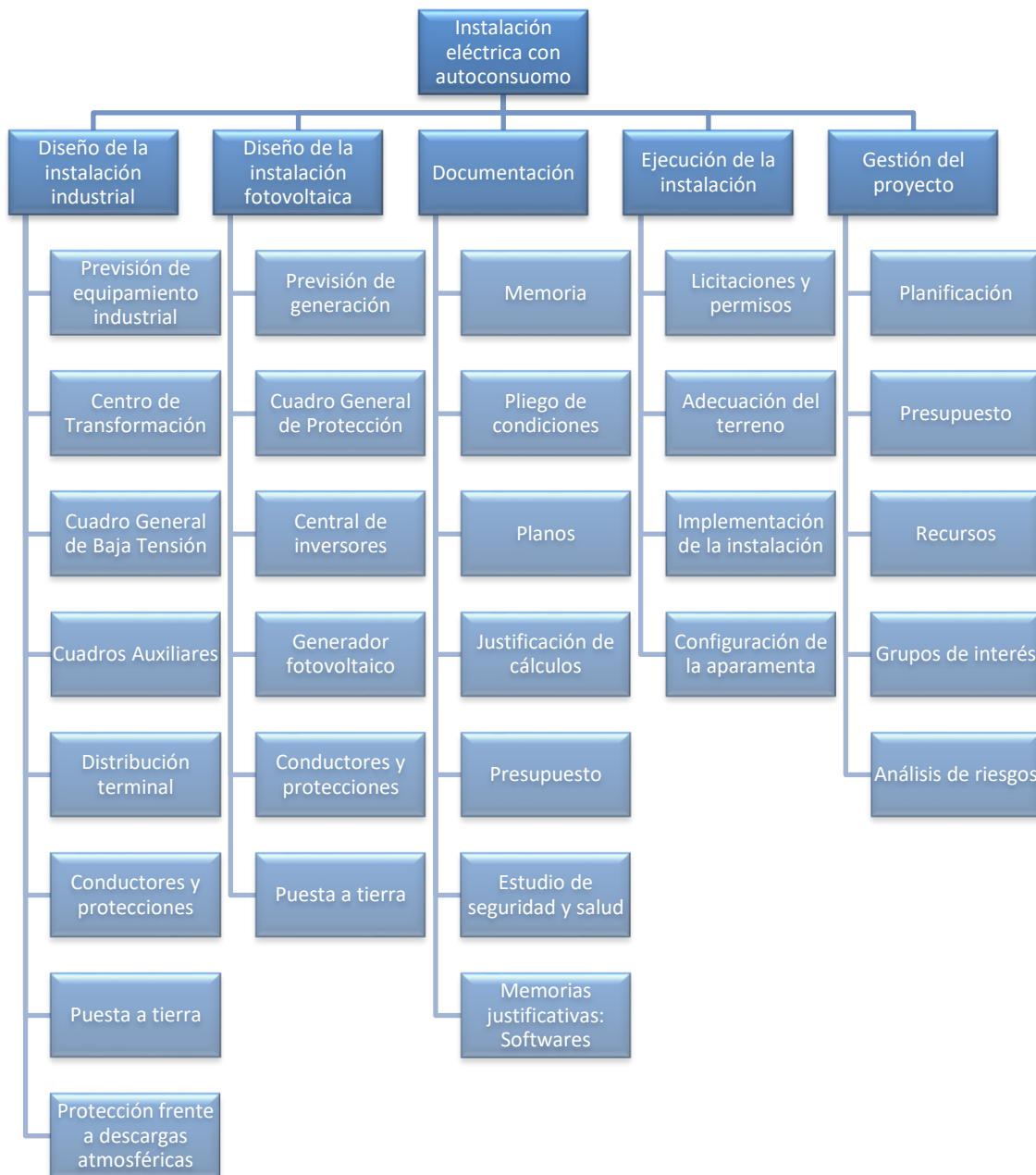


Ilustración 1- Alcance del proyecto

3. BENEFICIOS

Los beneficios que se logran a través de la realización del proyecto son los siguientes:

1. Beneficios Técnicos

La instalación industrial está implementada bajo un régimen de neutro TN. Es por ello por lo que, salvo en distribución terminal, se elimina el uso de dispositivos diferenciales. Gracias a ello, la instalación no se verá afectada por disparos intempestivos, lo que favorece una maximización productiva del proceso industrial.

2. Beneficios económicos

El trabajo planteado está fundamentado en la minimización de la aparamenta eléctrica y, por tanto, optimización económica, utilizada en la instalación industrial, siempre y cuando la seguridad tanto del personal que trabaje en la instalación como del propio equipamiento que conforme la misma no se vean comprometidas. Al hilo de lo comentado, el esquema de distribución empleado minimiza la cantidad de unidades diferenciales a utilizar, así como el número de conductores a instalar en gran parte de la instalación, lo que disminuye considerablemente la inversión en equipamiento eléctrico.

Por otro lado, la puesta en marcha de un generador fotovoltaico de autoconsumo favorece una reducción de la facturación eléctrica a largo plazo ya que, no sólo se solicita menos energía a la red, sino que, además, en los momentos donde la energía generada supere a la solicitada se podrá verter a la red dicha diferencia, descontando el importe correspondiente a lo facturado.

3. Beneficios sociales

La implementación de la mencionada instalación industrial logra servir de emplazamiento para la ejecución del proceso productivo de fabricación de carretillas elevadoras eléctricas. De acuerdo con lo comentado en la contextualización del proyecto, esta implantación dará servicio a la fabricación de un producto cuya demanda aumenta enormemente y que, por tanto, beneficiará a la sociedad proveyéndola del producto que solicita.

4. Beneficios medioambientales

Con respecto a lo que el impacto medioambiental, este proyecto está íntegramente alineado con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París, no sólo a través de la generación, y, por tanto, consumo, de una energía eléctrica limpia y no contaminante; si no que, además, sirve como emplazamiento de un proceso productivo cuyo objetivo es el de fabricar un producto medioambientalmente sostenible que desplazará el homólogo contaminante de combustión, reduciendo la emisión de gases contaminantes en todo su ciclo de vida.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

Este cuarto punto del proyecto tiene como objetivo proporcionar los aspectos relativos a los detalles de emplazamiento, proceso industrial y proceso de generación eléctrica de autoconsumo a través de la correspondiente instalación fotovoltaica, que sirvan de base para el desarrollo de la solución propuesta en el próximo apartado.

Cabe mencionar que los requerimientos dispuestos en el apartado no satisfacen la demanda particular de ninguna empresa ni instalación existente. Se han buscado todos ellos para satisfacer de forma hipotética las demandas existentes de una instalación industrial supuesta.

4.1 Emplazamiento de las instalaciones

Si bien es cierto que esta aplicación no satisface la demanda específica de ningún proyecto particular, se van a emplazar las instalaciones en Tudela, Navarra, ya que se considera un emplazamiento idóneo teniendo en cuenta la casuística empresarial que engloba al sector; esto es, debido a que es un lugar donde actualmente tiene implementado un know-how estrechamente relacionado con el proceso productivo de las carretillas elevadoras contrapesadas y que, a su vez, es nicho de clientes potenciales.

Los datos relativos al emplazamiento de la nave industrial son los siguientes: Parcela 4-5 del polígono La Serna en Tudela, Navarra, cuyas coordenadas son 42º 04' 43,2" N y 1º 39' 11,3" O. Es una parcela de 42.188 m², superficie que no sólo permite la implementación de los 23.514,5 m² de nave, sino que, además, permite ampliar la instalación en caso de que así se requiera hasta una edificabilidad total de 31.790 m² con una ocupación máxima en planta de 28.900 m² [1], [2]. Adicionalmente, se ha comprobado que la compañía distribuidora de electricidad encargada de satisfacer la demanda en dicho punto es i-DE, por lo que se deberá tener en cuenta la *Normativa particular para instalaciones de alta tensión (hasta 30 kV) y baja tensión* [1].

En este sentido, en los planos del *Emplazamiento de la nave industrial* del ANEXO II se encuentran dispuestos todos los detalles visuales relativos al emplazamiento de la instalación, con ilustraciones aéreas y el correspondiente plano catastral.

4.2 Descripción del proceso industrial [4]

La actividad a realizar en la nave industrial es la fabricación de carretillas elevadoras contrapesadas eléctricas de 5 toneladas, cuya producción ayudaría a cubrir la cuota de mercado que actualmente lideran de las homólogas de combustión.

El proceso de producción completo que se va a diseñar está dividido en tres áreas, claramente diferenciadas: área de soldadura, área de pintado y área de ensamblaje. No obstante, y con el fin de generalizar la fabricación de las carretillas elevadoras, podemos secuenciar la producción en ocho pasos de manufactura, a tenor del diagrama adjunto.

Pasos de Manufactura: Carretillas Elevadoras



Ilustración 2 - Diagrama de flujo: Manufactura de carretillas elevadoras

Por tanto, siguiendo los pasos de manufactura anteriormente descritos, se detalla el proceso productivo íntegro para la producción de las carretillas elevadoras contrapesadas eléctricas:

4.2.1 Área de soldadura

En primer lugar, los proveedores suministrarán los productos requeridos para realizar los pasos productivos del área de soldadura; esto es, corte láser, doblado, mecanizado y soldadura.

a) Corte láser

Con respecto al corte láser, la empresa proveedora enviará chapas de aluminio conformadas que se pasarán por la cortadora láser con el fin de generar la pieza metálica que cubra cada uno de los laterales de la cabina. En esta aplicación, la cortadora laser usada será la *Prima Power Optimo* [2-C], cuyas características técnicas son las siguientes: conexión a red trifásica con una potencia demandada de 3,2 kW, factor de potencia unitario y con unas dimensiones de 8,2 x 5,3 x 4,1 m.



Ilustración 3 - Cortadora láser [2-C]

b) Doblado, mecanizado y soldadura

Así mismo, se irán realizando las labores relacionadas con los procesos de doblado, mecanizado y soldadura de forma simultánea, con el objetivo de satisfacer la producción de los mástiles, bastidores y cabina:

Producción de las vigas de los mástiles

Por un lado, para la producción de mástiles se requerirán dos líneas de proceso paralelas, una para cada una de las vigas que componen el mástil. Cada línea de proceso comenzará con el corte y mecanizado de los bulones que conectarán los mástiles con el bastidor, pieza crítica para asegurar el correcto funcionamiento del mástil. Esta pieza se realizará en el centro de mecanizado IBARMIA ZVH45 STAR [1-C], cuyas características técnicas son las siguientes: consumo de potencia de 48 kW con unas dimensiones totales de 5,9 x 2,5 x 2,95 m.

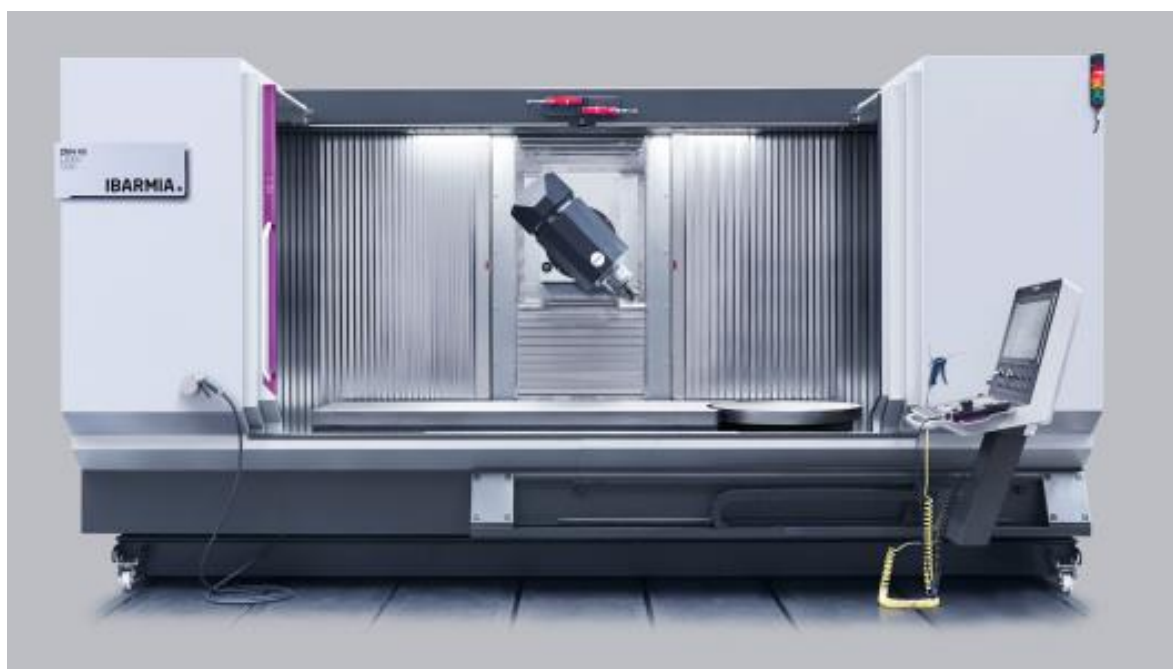


Ilustración 4 - Centro de mecanizado [1-C]

Tras la realización de los bulones, se realizarán cuatro etapas que tendrán como objetivo la obtención de las vigas y el respaldo de los mástiles de las carretillas elevadoras. En una primera instancia, las vigas metálicas se cargarán en una cinta transportadora de rodillos por gravedad y se insertarán en una estación de mecanizado y refrentado actuada por un robot industrial. Tras ella, un operario se encargará de realizar un pre-punteado con un soldador para que, posteriormente, dos robots industriales completen las piezas individuales de los mástiles, soldando así el respaldo de la carga. Finalmente, un operario comprobará las tolerancias de las piezas, acompañándose de un soldador y un martillo neumático en caso de que sea necesario.

Teniendo en cuenta lo citado previamente, en cada una de las líneas de proceso se deberán utilizar dos robots industriales de soldadura ABB IRB 1520ID [4-C] trifásicos de 0,6 kW de potencia -factor de potencia unidad- y con base cuadrada de lado 0,3 m, y un robot industrial de mecanizado ABB IRB 6660-100/3.3 [4-C] trifásico de 3,75 kW de potencia -factor de potencia unitario- y con una base de 1,206 x 0,798 m.



Ilustración 5 - Robots industriales de soldadura y mecanizado [4-C]

Así mismo, en las estaciones dos y cuatro de la línea productiva se requerirán dos soldadores Lincoln Electric Tomahawk 1538 [5-C] con un consumo de hasta 30 A de corriente. Ligado a los soldadores industriales, en dichas estaciones se deberán colocar extractores de humo de soldadura Kemper Profimaster de doble brazo [6-C], trifásicos con consumo de 0,88 kW. Cabe destacar que, debido al doble brazo del soldador, esta máquina no deberá duplicarse a la hora de tener en cuenta las dos líneas productivas en paralelo.



Ilustración 6 - Soldador y extractor [5-C],[6-C]

Adicionalmente, para la carga y descarga de las vigas metálicas de los mástiles se hará uso de dos polipastos eléctricos Jaguar ECEH4 [3-C] que estarán acoplados a columnas giratorias. Estos dispositivos cuentan con las siguientes características técnicas: conexión a red trifásica con una potencia demandada de 1,5 kW y con una capacidad de hasta 2 toneladas con carro eléctrico. Cada puesto dispondrá de una toma de corriente de 16 A, para suministrar electricidad a los equipos informáticos de monitorización del proceso.

Producción del bastidor

Por otro lado, para la producción del bastidor, se dispondrá de dos líneas productivas de medio bastidor, paralelas e idénticas, que confluirán en la última estación del proceso. Tras el correspondiente proceso de soldadura, se obtendrá el bastidor de la carretilla elevadora.

Cada una de las líneas productivas comenzará en la estación de punzonado y doblado de las chapas de acero, haciendo uso de un polipasto eléctrico para facilitar el movimiento de la pieza. Tras el conformado de la chapa, un operario introducirá la pieza en una cinta transportadora de rodillos por gravedad para realizar el pre-punteado e introducirla en la primera estación de soldadura, etapa ejecutada por un robot industrial. Tras esta primera soldadura, el operario realizará las comprobaciones y retoques pertinentes e introducirá la pieza en un segundo robot de soldadura, que será el encargado de formar la estructura completa del medio bastidor. Tras ello, otro operario realizará las acciones de comprobación y retoque encomendadas y, posteriormente, insertará la pieza junto con la otra mitad en una última estación de soldadura robotizada, que dará como producto final el bastidor. Finalmente, con la ayuda de un polipasto eléctrico, se trasladará la pieza a un banco de inspección, donde se realizarán las acciones de comprobación y retoque requeridas.

Teniendo en cuenta lo mencionado acerca del flujo productivo, cada línea deberá disponer de una punzonadora hidráulica NARGESA MX700 [7-C], trifásica de 4,4 kW de potencia y con una superficie de 0,6 x 0,35 m. Tras el punzonado, la pieza pasará por una dobladora ACEMT W62Y-4x3100D [8-C] de 4,4 kW de potencia y unas dimensiones de 4,2 x 1,06 x 1,8 m.



Ilustración 7 - Punzonadora y dobladora [7-C],[8-C]

Para poder pasar el bastidor de la estación de soldadura al banco de inspección, se deberá contar con un polipasto eléctrico Jaguar ECE4-ECTE4 [3-C] instalado en columna giratoria con capacidad de carga hasta 5000 kg y carro eléctrico, con un consumo de 2,6 kW.



Ilustración 8 - Polipasto eléctrico 5000 kg [3-C]

Adicionalmente, teniendo en cuenta ambas líneas productivas, se necesitarán cinco robots industriales de soldadura ABB IRB 1520ID [4-C], seis soldadores Lincoln Electric Tomahawk 1538 [5-C], tres extractores de humo de soldadura Kemper Profimaster de doble brazo [6-C] y dos polipastos eléctricos Jaguar ECEH4 [3-C], cuyas especificaciones han sido previamente mencionadas en el apartado Producción de las vigas de los mástiles. Cada puesto dispondrá de una toma de corriente de 16 A, para suministrar electricidad a los equipos informáticos de monitorización del proceso.

Producción de la cabina

Para finalizar con el área de soldadura tenemos la producción de la cabina que tiene como objetivo la fabricación del elemento superior de la carretilla elevadora, elemento donde no sólo va amarrada parte de la estructura de los mástiles, sino que, además, protege al operario ante cualquier impacto.

Para la producción de esta pieza se contará con un posicionador que irá abatiendo la pieza en función de las necesidades del operario. Posteriormente, se trasladará la pieza con un polipasto eléctrico a una columna elevadora donde un robot industrial soldará las piezas metálicas para crear la estructura final de la cabina. Finalmente, un operario realizará las acciones de comprobación y retoque correspondientes.

Así mismo, al final de esta línea productiva se colocarán dos puestos manuales donde se llevarán piezas que deban ser modificadas o retocadas y, para ello, el operario deberá contar con herramientas adecuadas, entre las que se incluye un soldador y un extractor de humos.

Por lo tanto, esta línea productiva deberá contar con un robot industrial de soldadura ABB IRB 1520ID [4-C], tres soldadores Lincoln Electric Tomahawk 1538 [5-C], tres extractores de humo de soldadura Kemper Profimaster de doble brazo [6-C] y dos polipastos eléctricos Jaguar ECEH4 [3-C], cuyas especificaciones han sido previamente mencionadas en el apartado: *Producción de las vigas de los mástiles*. Cada puesto dispondrá de una toma de corriente de 16 A, para suministrar electricidad a los equipos informáticos de monitorización del proceso.

Además, tal y como se ha mencionado, deberá disponerse de un elevador eléctrico MSA0127 [9-C] con capacidad de carga de 400 kg, mediante alimentación por batería 12V/60Ah -cargador monofásico de 15 A- y unas dimensiones de 0,65 x 0,6 x 1,725 y de un posicionador para soldadura Hidrogarne PV 1000 [10-C] trifásico con 1,6 kW y 0,37 kVA de potencia y dimensiones 1,815 x 1,110 x 1,450 m.



Ilustración 9 - Elevador y posicionador [9-C],[10-C]

4.2.2 Área de pintado

Finalizados los procesos productivos relativos al área de soldadura, las piezas se trasladan a los almacenes, donde se mantendrán a la espera de ser pintados. Llegado el turno, las piezas correspondientes se trasladarán mediante carretillas elevadoras al área de pintado y se introducirán en la primera etapa: granallado.

a) Granallado

Esta primera estación tendrá como objetivo realizar un tratamiento superficial por impacto para lograr el acabado superficial y limpieza requerida previa pintura. Particularmente, la aplicación del granallado favorece la eliminación de incrustaciones innecesarias en el material y prepara la superficie para que el recubrimiento de pintura permanezca el mayor tiempo posible.

Por lo tanto, esta estación estará compuesta por dos polipastos de carga y descarga Jaguar ECE4-ECTE4 [3-C], cuyas especificaciones han sido previamente mencionadas en el apartado *Producción de las vigas de los mástiles*, y dos granalladoras AGTOS HT 21-23-3-15 [11-C], una para los bastidores y otras para los mástiles y las cabinas. Cada granalladora incluye tres turbinas trifásicas con consumo de 12 kW cada una y tiene unas dimensiones totales de 2,1 x 2,1 x 2,3 m.

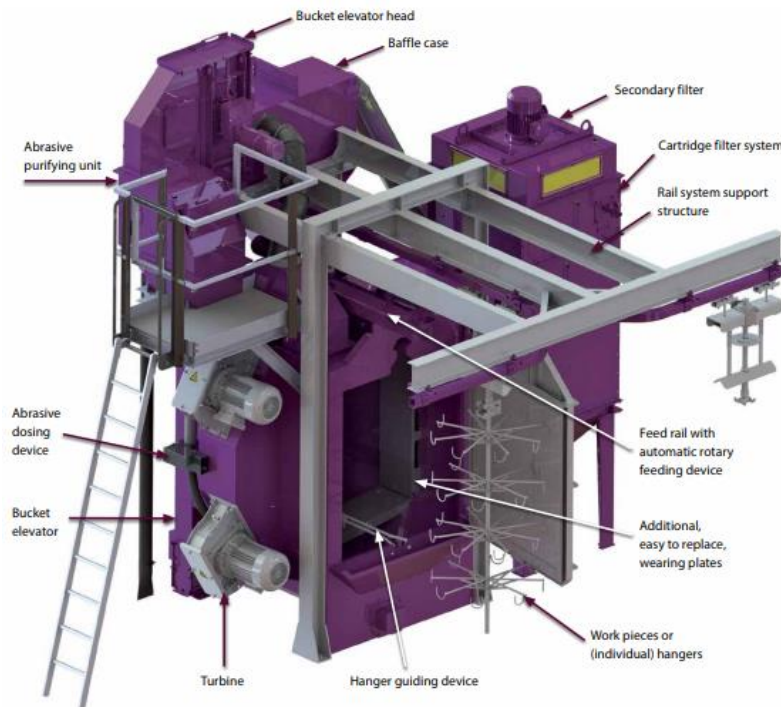


Ilustración 10 – Granalladora [11-C]

Adicionalmente, las piezas se trasladarán por un transportador aéreo de arrastre, que realizará un recorrido de, aproximadamente, 215,5 m. Para ello, las piezas serán arrastradas por un *power and free conveyor* que se estima consumirá 6 kW [13-C].

Por último, se deberá tener en cuenta que el granallado se realiza en unas cabinas estancas destinadas a tal fin, por lo que deberán contener un sistema activo de ventilación. En este caso, cada cabina dispondrá de un ventilador CVTT-22/22 [14-C], de 6 kW, que forzará la ventilación de la cabina hacia unos colectores dispuestos en el suelo del habitáculo.

b) Cataforesis

Finalizado el granallado, se trasladarán las piezas a la zona de cataforesis o KTL, método de pintura por electrodeposición catódica que permite obtener productos duraderos y con alta resistencia a la corrosión.

Previo paso por la cabina de pintura, las piezas atravesarán una subestación de lavado; esto es, iniciarán un recorrido por una zona de desengrase, pasarán por unos túneles de fosfatado microcristalino, lavado con agua osmotizada -pre y postfosfatado- e inmersión en bañera de cataforesis, para que, finalmente, se sequen en un horno. Realizado este primer recorrido, la pieza será guiada por la cabina de pintura, donde recibirá una primera pasada de imprimación automática, mediante robots industriales, y una segunda pasada de esmaltado manual. Para finalizar con el área de pintado, se realizará un post-lavado -ultrafiltrado- que elimine todas las partículas que no se hayan incrustado en el metal, se introducirá la pieza en un horno polimerizado de secado de esmalte y se trasladará al punto de descarga [12-C]. Así pues, la maquinaria requerida será la siguiente:

Primeramente, y de forma análoga al proceso de granallado, se requerirán dos polipastos eléctricos de carga y descarga Jaguar ECE4-ECTE4 [3-C], cuyas especificaciones han sido previamente mencionadas en el apartado *Producción de las vigas de los mástiles*, así como un sistema de transporte aéreo *power and free conveyor* de 461,5 m y un consumo supuesto de 8,8 kW [13-C].

Con respecto a la subestación de lavado, ésta estará secuenciada por dos líneas formadas por túneles de tratamientos en serie. La primera línea unificará las etapas de desengrasado¹ -EuroTherm Euro CLM 1 con 24 kW de potencia y dimensiones 18 x 2,3 x 2,5 m [16-C]-, prelavado -EuroTherm Euro CLM 1 con 12 kW de potencia y dimensiones 7,5 x 2,3 x 2,5 m [16-C]-, fosfatado -EuroTherm Euro CLM 1 con 12 kW de potencia y dimensiones 7,5 x 2,3 x 2,5 m [16-C]- y el postlavado -EuroTherm Euro CLM 1 con 24 kW de potencia y dimensiones 26,5 x 2,3 x 2,5 m [16-C]-.

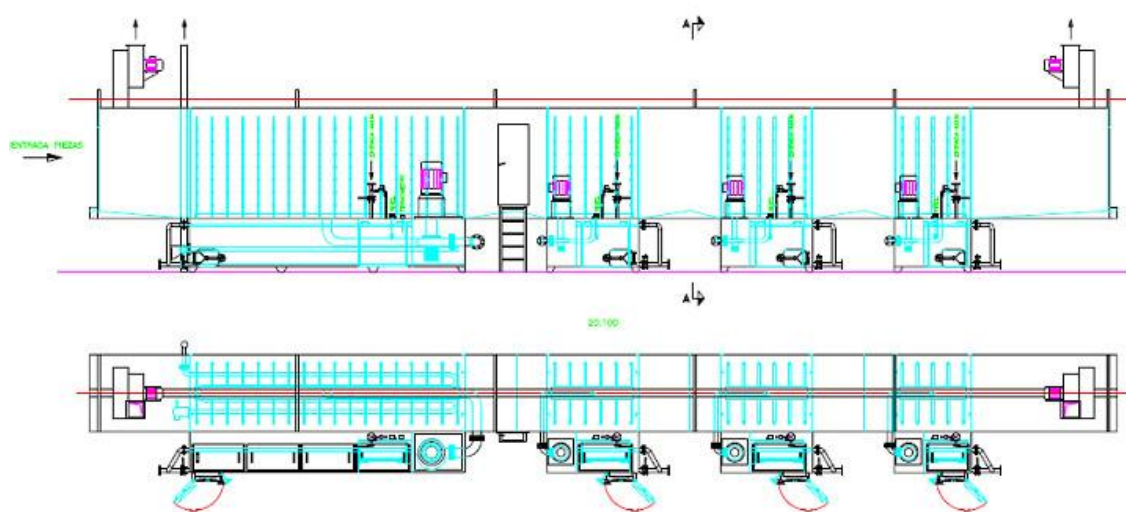


Ilustración 11 - Túnel de tratamiento de varias etapas [15-C]

Por su parte, la segunda línea de la estación estará compuesta por la bañera de cataforesis-EuroTherm Euro CLM 1 con 24 kW de potencia y dimensiones 26,5 x 2,3 x 2,5 m [16-C]- y un horno de secado continuo a 80°C -V45P de 24 kW de potencia (hasta 150°C) y de dimensiones 20 x 3,3 x 2,5 m [18-C].

Realizado el lavado, se introducen las piezas en la cabina de pintura donde se encuentran los dos robots de pintura IRB 5400 [19-C] trifásicos con consumo de 1,2 kW de potencia y una superficie de base de 0,66 x 0,75 m. Por último, las piezas se vuelven a introducir en un túnel de lavado EuroTherm Euro CLM 1 con 12 kW de potencia y dimensiones 18 x 2,3 x 2,5 m [16-C] y acaban el recorrido en un horno polimérico de secado continuo² a 180 °C -V45P de 72 kW de potencia (hasta 250°C) y de dimensiones 60 x 3,3 x 2,5 m [18-C]- durante 25 minutos.

¹ Se han considerado túneles de tratamiento de características similares para las etapas de desengrasado, lavado y fosfatado debido a que no se ha podido acceder a un catálogo de dichos productos y porque el funcionamiento teórico de las máquinas de dichos túneles es similar.

² Se han considerado hornos de características similares para las dos etapas de secado continuo debido a que no se ha podido acceder a un catálogo de dichos productos y porque el funcionamiento teórico de las máquinas de dichos túneles es similar.



Todos los túneles de tratamiento estarán ventilados con dos ventiladores CVTT-22/22 [14-C] de 6 kW de potencia cada uno y en régimen de sobrepresión, para forzar la corriente hacia unos colectores ubicados en el suelo del habitáculo.

Cabe destacar que la diferencia en las dimensiones de los túneles de tratamiento no tiene ninguna relación directa con la potencia solicitada, ya que, como se puede observar en la *Ilustración 11*, la pieza no es tratada a lo largo de toda la cabina. Las únicas excepciones son las máquinas vinculadas a los tratamientos de desengrasado, postlavado y secado polimérico, cuya demanda es el doble de la unitaria por estar compuesta por dos en serie.

4.2.3 Área de ensamblaje

Por último, realizadas todas las acciones correspondientes al área de pintado, trasladaríamos las piezas al área de ensamblaje, que está dividido en dos líneas productivas principales: ensamblado del mástil y ensamblado de la carretilla, con las estaciones de ensayo e inspección correspondientes.

a) Ensamblaje del mástil

Esta línea productiva comienza recogiendo las piezas que se crearon en las líneas productivas de soldadura del mástil, tras paso por los túneles de pintado mencionados previamente. Esta subestación consta de ocho etapas productivas, donde los operarios irán montando la estructura completa del mástil.

En este caso, la línea productiva requerirá, exclusivamente, una toma de corriente móvil y flexible de 25 A por puesto, para que el operario pueda usar las herramientas que se requieran -pistolas, medidores...-; un polipasto eléctrico Jaguar ECEH4 [3-C] de 500 kg de carga con un consumo de 0,88 kW en el puesto dos y de un transportador invertido *-inverted power and free conveyor-* de 40 m con un consumo estimado de 3,2 kW de potencia [13-C], para poder ir trasladando de forma continua y automatizada los mástiles.

Adicionalmente, cada uno de los puestos requerirá una toma de corriente de 16 A para suministrar electricidad a un equipo informático.

b) Ensamblaje de la carretilla

Finalmente, llegado a la última línea del proceso productivo, la carretilla elevadora pasará por dieciocho etapas, en las que se irán implementando todas las piezas necesarias -elementos de transmisión como motor y pedales, cableado electrónico y baterías, entre otros- y se realizarán las pruebas e inspecciones pertinentes.

Análogo a la línea de ensamblaje del mástil, esta línea requerirá una toma de corriente móvil y flexible de 25 A en las dieciséis primeras estaciones, así como una toma de corriente de 16 A para suministrar electricidad al equipamiento informático en cada una de ellas. Además, las dos últimas estaciones requerirán cuatro tomas de corriente de 16 A cada una.

Por otro lado, cabe comentar que esta línea productiva está dispuesta en forma de U, de tal forma que en el medio estará ubicada la línea de ensamblaje del mástil. Por lo tanto, y teniendo en cuenta que la carretilla es capaz de moverse de forma autónoma a partir del puesto 11, se requerirá un transportador invertido -inverted power and free conveyor- de 50 m con un consumo estimado de 4,4 kW.

Con respecto a la carga e introducción de piezas en la línea de ensamblaje, se van a requerir los siguientes polipastos acoplados a columna giratoria por puesto de estacionamiento:

- Las estaciones 1, 2, 3, 5, 7 y 8 requerirán un polipasto Jaguar ECE4-ECTE4 [3-C] con capacidad de carga hasta 5000 kg y carro eléctrico, con un consumo de 2,6 kW.
- Las estaciones 1, 4, 8, 9 y la 5, por partida doble, requerirán un polipasto Jaguar ECEH4 [3-C] con capacidad de carga hasta 500 kg y carro eléctrico, con consumo de 0,88 kW.
- Las estaciones 10 y 11 requerirán un puente grúa GH [20-C] con capacidad de carga hasta 10000 toneladas y consumo de 6,4 kW, que permita acoplar las baterías en el bastidor y facilite la colocación de los mástiles en la parte delantera.

Recorridas las estaciones de ensamblaje, las carretillas se conducirán a los puestos de prueba dinámica, donde se testearán mediante frenómetro y alineador de ruedas de rodillos SPRT 102/7PF [21-C]-trifásico con consumo de 8,8 kW de potencia-.

Tras esta prueba dinámica, se trasladarán las carretillas al puesto de rellenado de líquidos y, posteriormente, a las estaciones de prueba de baterías y cargador, así como de elevación de carga. Pasadas satisfactoriamente las pruebas de carga, las carretillas se introducen en una última cabina de pintura con el fin de realizar los retoques finales y, por último, se llevan al área de inspección, donde se comprobará que cumple con todos los requisitos normativos y requerimientos del cliente.

Teniendo en cuenta lo mencionado sobre el proceso productivo completo, en el diagrama adjunto se puede observar paso por paso un resumen de todas las etapas que se requerirían desde la adquisición de las materias primas hasta la obtención del producto final: la carretilla elevadora contrapesada.



Diagrama de Flujo completo: Carretillas Elevadoras

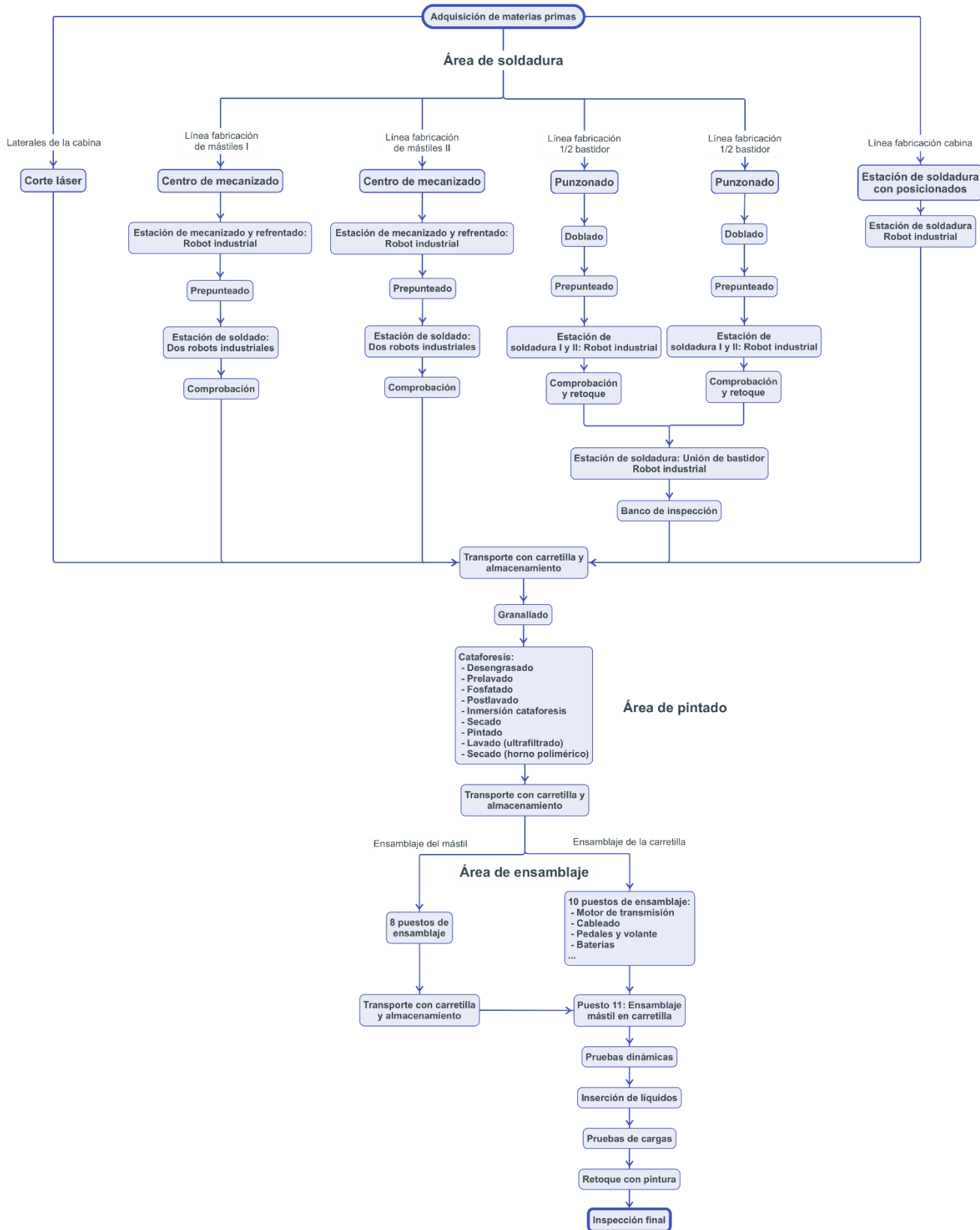


Ilustración 12 - Diagrama de flujo completo: Carretillas elevadoras [4]

4.2.4 Equipamiento auxiliar

Para la materialización del producto en el proceso productivo se requerirá de un equipamiento auxiliar que, por un lado, realice las labores de transporte entre áreas y, por otro lado, ventile y renueve el aire del interior de la nave.

1. Transporte de piezas y mercancías

Para el transporte de piezas y mercancías se usarán dos tipos de carretillas elevadoras contrapesadas: seis carretillas Hyster J4.0 XN [23-C] -capacidad de hasta 4 toneladas y batería de 80V/930Ah- y ocho carretillas Hyster J2.0 XNT [22-C] -capacidad de hasta 2 toneladas y batería de 48V/750Ah-. Por lo tanto, se requerirán seis estaciones de carga trifásicas HF 80-160T [25-C] con un consumo por cargador de 27,4 A por cada estación para las J4.0 y ocho estaciones de carga trifásicas HF 48-100T [25-C] con un consumo nominal de 13,1 A por cada estación para las J2.0.



Ilustración 13 - Carretillas elevadoras Hyster [22-C], [23-C]

2. Sistema de climatización de la nave

La nave deberá estar acondicionada con un sistema de climatización compuesto por un sistema de calefacción, mediante bomba de calor, y un sistema de enfriamiento de aire y ventilación, mediante un refrigerador.

En primer lugar, con respecto al sistema de calefacción, se usará una bomba de calor aire-agua EWYT085B-XL1 [26-C] de Daikin de 21 kW de potencia. Este dispositivo es capaz de calefactar la instalación hasta los 85 kW de potencia que se requieren y, además, tiene una capacidad de refrigeración de 80 kW y 32.540 m³/h de renovación de aire.

Por otro lado, para la refrigeración y ventilación de la nave se utilizará un refrigerador EWAH-TZXR710 [27-C] de Daikin de 210 kW de potencia absorbida. Gracias a un ESEER -Ratio de Eficiencia Energética Estacional-, el dispositivo es capaz de generar una potencia de hasta 710 kW con una

capacidad de renovación de aire de 276.541 m³/h. Para el cálculo de la capacidad de renovación de aire se han ponderado los espacios dispuestos en el siguiente apartado 4.3 *Disposición superficial* con el número de renovaciones aconsejado en la *Norma DIN 1946* [5], dando como resultado un requerimiento total de 306.158,5 m³/h.



Ilustración 14 – Bomba de calor y refrigerador [26-C],[27-C]

4.3 Disposición superficial

El espacio construido de la nave, de 23.514,5 m² con una ocupación de 21.732,5 m², está dividido en dos áreas claramente diferenciadas: un área productiva de una única planta, donde está alojada toda la maquinaria de fuerza, y un área de oficinas y servicios compuesta por dos plantas. En el *Layout de la nave industrial* del ANEXO II se encuentran en detalle los planos del emplazamiento y de la distribución en planta de los espacios que componen la nave industrial.

4.3.1 Área productiva

Adjunta se muestra la tabla que resume los espacios que componen el área productiva de la planta, cuya superficie total es de 19950,5 m²:

Tabla 1 - Distribución áreas: producción

Área productiva		
Espacio	Superficie [m ²]	DIN 1946 [m ³ /h]
Planta baja		
Almacén de recepción	1145	5
Área de soldadura	2184	
Superficie útil de soldadura	2069	20
Área de descanso soldadura	35	8
WC soldadura	80	8
Almacenes	5753,5	5
Área de pintura	4908	
Superficie útil de pintura	4759	35

Área de descanso pintura	65	8
WC pintura	84	8
Almacén de pintura	95	35
Área de ensamblaje	4543	
Superficie útil ensamblaje	4394	5
Área de descanso ensamblaje	65	8
WC ensamblaje	84	8
Sala de recarga	389	5
Sala de climatización	408	5
Sala de mantenimiento	250	5
Sala CGBT	95	5
Sala fotovoltaica	180	5
Superficie total en planta	19950,5	277646,5

4.3.2 Área de oficinas y servicios

Adjunta se muestra la tabla que resume los espacios que componen el área de oficinas y servicios de la planta. La superficie total de esta área es de 3564 m², sumando así una superficie en planta de 1.782 m²:

Tabla 2 - Distribución áreas: oficinas y servicios

Área de oficinas y servicios		
Espacio	Superficie [m ²]	DIN 1946 [m ³ /h]
Planta baja		
Recepción	131	8
Salas de reuniones	153	8
Servicios I	94	8
Oficina comercial	360	8
Servicios II	108	8
Comedor	350	8
Pasillos	172	8
Vestuarios	414	8
Superficie total en planta	1782	14256
Primera planta		
Dirección	317	8
Servicios I	43	8
Oficina técnica	550	8
Servicios II	2x43	8
Sala de reuniones I	2x90	8
Sala de reuniones II	193	8
Hall	413	8
Superficie total primera planta	1782	14256
Superficie total construida	3564	28512

4.4 Requerimiento maquinaria instalada

Teniendo en cuenta todo lo detallado en el punto 4.2 *Descripción del proceso industrial [4]* y la disposición de las áreas en la nave, adjunta se muestra una tabla que incluye toda la maquinaria instalada, así como los requerimientos de corriente y el tipo de alimentación que solicitan. En adición, en la *Distribución de maquinaria y fuerza* del ANEXO II se encuentran dispuestas las cargas según la localización requerida.

Con respecto al cálculo realizado para la cuantificación de las luminarias, se han utilizado los softwares *DIALux [12]* y *DAISALUX [30]*. El primero, es un programa de diseño de iluminación que detalla el número de unidades y su localización, previo diseño del plano con el establecimiento correspondiente de las distintas áreas que lo componen y la asignación de las luminarias que se van a utilizar en cada una de ellas. En cambio, a través del segundo se consigue obtener la ubicación necesaria de las luminarias de emergencia, en función de los recorridos de evacuación considerados. En el *CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN LUMÍNICA* del ANEXO III quedan dispuestos los requerimientos, así como la documentación que facilita el programa tras la asignación de todas las luminarias en el apartado *ILUMINACIÓN: DIALUX* del ANEXO V.

Tabla 3 - Requerimientos maquinaria instalada

Elemento	Nombre	Unidades	Tipo de alimentación	Corriente [A]	FP
1	Cortadora láser	1	Trifásica	5,77	0,9
2	Centro de mecanizado	2	Trifásica	86,60	0,9
3	Robots de soldadura	10	Trifásica	1,08	0,9
4	Robot de mecanizado	2	Trifásica	6,78	0,9
5	Punzonadora	2	Trifásica	7,94	0,9
6	Dobladora	2	Trifásica	7,94	0,9
7	Soldador industrial	13	Trifásica	30,00	0,9
8	Extractor de humos de soldadura	8	Trifásica	1,59	0,9
9	Polipasto eléctrico 500 kg	7	Trifásica	1,59	0,9
10	Polipasto eléctrico 2000 kg	9	Trifásica	2,74	0,9
11	Polipasto eléctrico 5000 kg	11	Trifásica	4,69	0,9
12	Elevador eléctrico	1	Monofásica	16,00	0,9
13	Posicionador para soldadura	1	Trifásico	2,89	0,9
14	Granalladora	2	Trifásica	64,95	0,9
15	Transportador aéreo granallado	1	Trifásica	10,83	0,9
16	Ventiladores	12	Trifásica	10,83	0,9
17	Transportador aéreo cataforesis	1	Trifásica	15,88	0,9
18	Túnel de desengrasado	1	Trifásica	43,30	0,9
19	Túnel de lavado pre fosfatado	1	Trifásica	21,65	0,9
20	Túnel de fosfatado	1	Trifásica	21,65	0,9
21	Túnel de lavado post fosfatado	1	Trifásica	43,30	0,9
22	Túnel de inmersión cataforesis	1	Trifásica	43,30	0,9



23	Horno secado cataforesis	1	Trifásica	43,30	0,9
24	Robots de pintado	2	Trifásica	2,17	0,9
25	Túnel de lavado ultrafiltrado	1	Trifásica	21,65	0,9
26	Horno polim de secado de esmalte	1	Trifásica	129,90	0,9
27	Transportador inverso mástil	1	Trifásica	5,77	0,9
28	Transportador inverso carretilla	1	Trifásica	7,94	0,9
29	Tomas de corriente de 16 A	252	Monofásica	16,00	0,8
30	Puestos de trabajo	35	Monofásica	16,00	0,8
31	Tomas de corriente de 25 A	24	Trifásica	25,00	0,8
32	Frenómetro	1	Trifásica	15,88	0,9
33	Grúa puente	1	Trifásica	11,55	0,9
34	Cargadores baterías 48/750Ah	8	Trifásica	13,10	0,9
35	Cargadores baterías 80/930Ah	6	Trifásica	27,40	0,9
36	Bomba de calor	1	Trifásica	37,96	0,9
37	Refrigerador	1	Trifásica	303,11	0,9
38	Ascensor	1	Monofásica	16,00	0,9
39	Luminaria Philips WT120 G2 PSU 1500	969	Monofásica	0,20	0,95
40	Luminaria Philips DN145B PSU D218	119	Monofásica	0,09	0,95
41	Luminaria Philips RC132V W60L60 PSD	352	Monofásica	0,16	0,95
42	Luminaria Philips BRP102	18	Monofásica	0,36	0,95
43	Luminaria NOVA LD N8	253	Monofásica	0,000174	0,95

4.5 Descripción del proceso de generación eléctrica para autoconsumo

La nave industrial va a contar con un generador fotovoltaico para autoconsumo conectado a red y con excedentes, que estará formado por módulos interconectados de tal forma que transforme la energía solar en energía eléctrica y, con ello, se alcancen los siguientes beneficios:

1. Ahorro energético y económico al ser productor de parte de la energía consumida.
2. Consumo de energía renovable e inagotable, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y ayudando a la consecución de los objetivos firmados en el Acuerdo de París.
3. Disminución de costes de transporte y distribución de la energía, aumentando así la eficiencia energética. Se logra, por tanto, reducir la dependencia en la red eléctrica.

El principio de funcionamiento del generador fotovoltaico se basa en el efecto fotovoltaico; esto es, unas células semiconductoras -de silicio, arseniuro de galio o telurio de cadmio- absorben la radiación solar incidente y generan una diferencia de potencial eléctrico que se traduce en una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica es continua, por lo que tendrá que ser transformada a

alterna mediante un inversor DC/AC para poder utilizarse en la instalación [6] o para volcar a red en caso de que exista excedente respecto de lo demandado.

Por tanto, un esquema marco del generador eléctrico a implementar sería el siguiente:

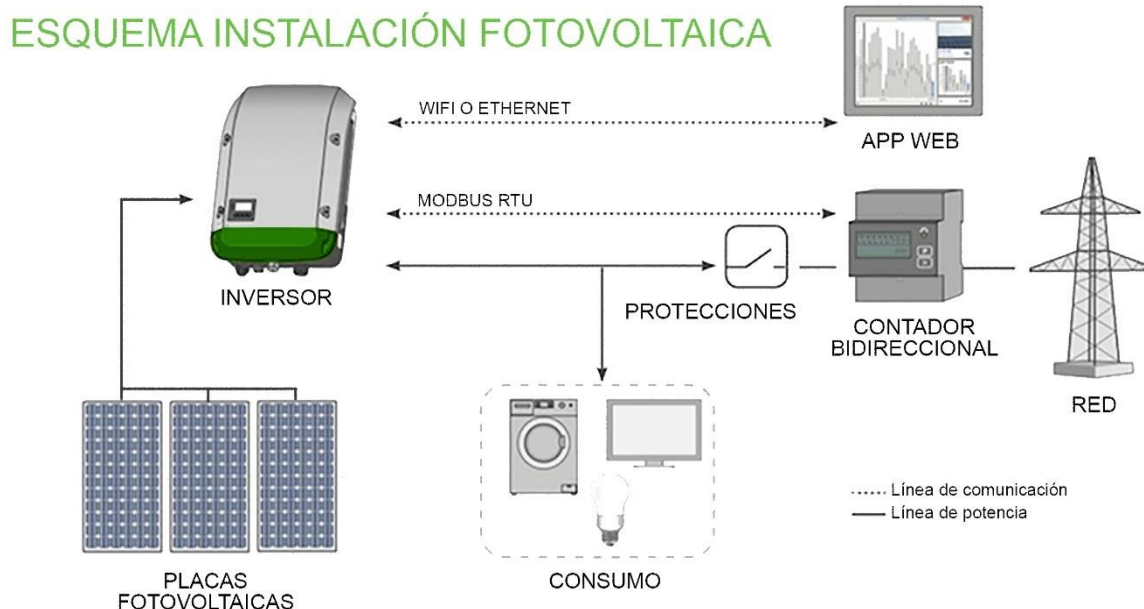


Ilustración 15 - Esquema generador fotovoltaico de autoconsumo sin almacenamiento [7]

Por último, habrá que tener en cuenta las consideraciones normativas que engloben a esta instalación. El Real Decreto 244/2019 [8] por el que quedan reguladas las condiciones económico-técnicas de modalidades de producción de energía eléctrica con autoconsumo define la instalación a diseñar como una instalación TIPO 2, obligando así a cumplir los correspondientes requisitos, entre los que destacan:

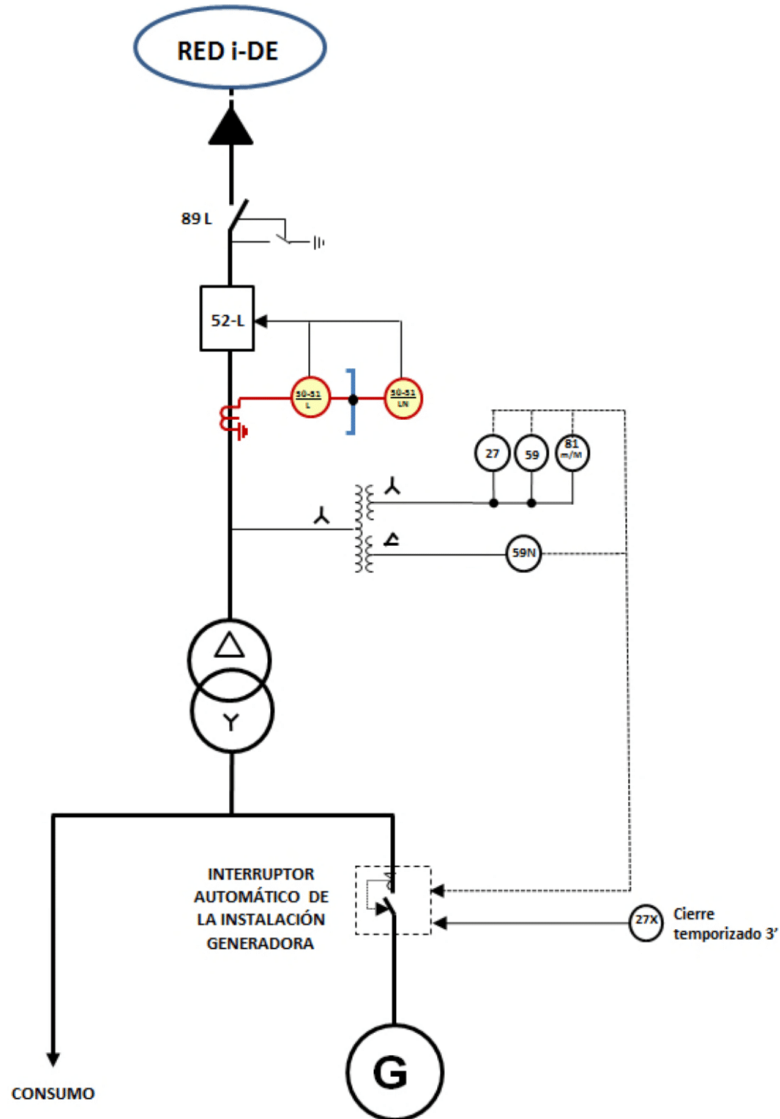
- Artículo 5.6: La empresa distribidora se guarda el derecho a la interrupción de suministro cuando existan indicios de incumplimiento de requisitos técnicos por instalación peligrosa o por manipulación del equipo de medida, según lo dispuesto en el RD 1955/2000 [27].
- Artículo 10.1: Se deben disponer de los equipos de medida necesarios para la correcta facturación de precios, tarifas, cargos, peajes de acceso y otros costes que resulten de aplicación.
- Artículo 10.2: Se deberá disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto frontera.

Es interesante destacar que, de acuerdo con el RD 244/2019 [8], este tipo de instalación de autoconsumo requerirá permiso de acceso y conexión por parte de la red distribidora en este caso i-DE [3], por lo que se deberá de tener en cuenta la disposición de la apartamentada eléctrica de acuerdo con los siguientes esquemas:

86/91

MT 3.53.01 (20-12)
 ANEXO III

Prot. 1: Esquema de protecciones para instalaciones de producción conectadas a red > 1 kV, **sin posibilidad de funcionamiento en isla** con su consumo.



NOTAS:

- Es admisible la utilización de transformadores de tensión con dos devanados en los que la tensión homopolar para la protección 59N se obtenga mediante tres transformadores auxiliares de baja tensión, de relación 1:1 y un error máximo del 1% a 110 V. Los primarios de dichos transformadores auxiliares estarán conectados en estrella al devanado de protección y los secundarios en triángulo abierto. Asimismo, es admisible la utilización de relés de protección que calculen internamente la tensión homopolar a partir de las tres tensiones de fase.

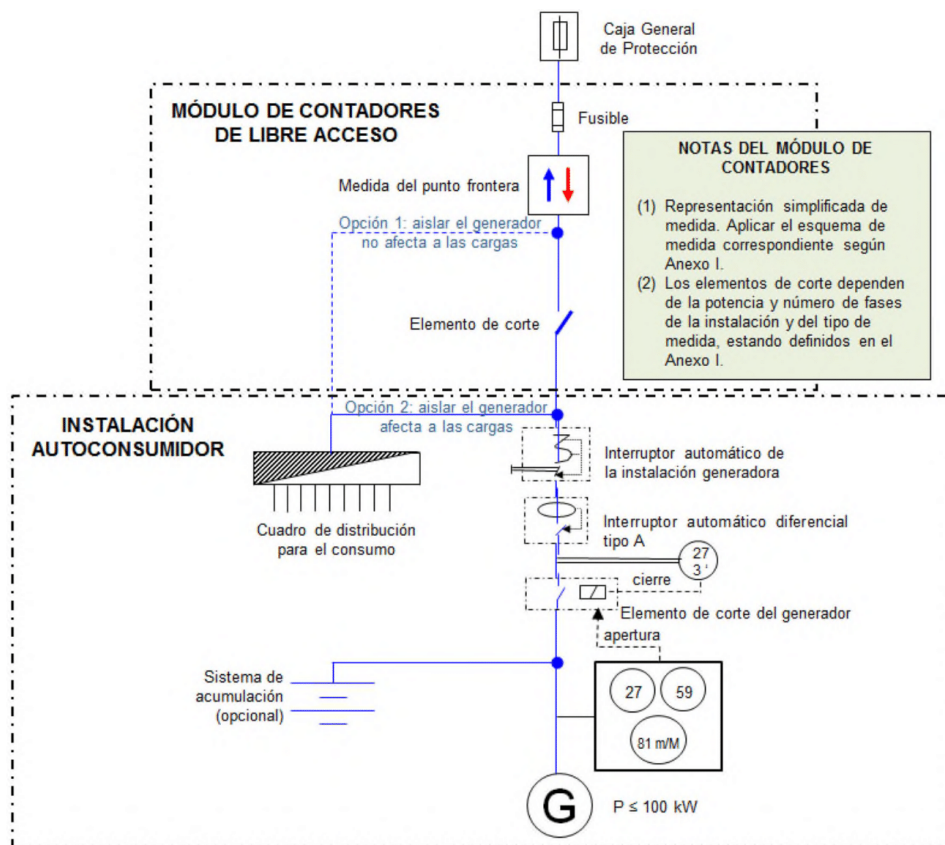
Público

Ilustración 16 – Esquema unifilar de protecciones i-DE [3]

89/91

MT 3.53.01 (20-12)
 ANEXO IV

Unifilar 1: Esquema unifilar típico para instalaciones de autoconsumo con excedentes, en un consumidor de BT.



Para la conexión de una instalación de generación a la red de Baja Tensión de i-DE se aplicará las condiciones técnicas de conexión y funcionamiento recogidas en el Real Decreto 1699/2011 que regula la conexión a red de instalaciones de producción de pequeña potencia, de acuerdo a la interpretación de la GUIA-BT-40.

Los requerimientos de protecciones serán los siguientes:

- **Un elemento de corte general**, descrito en el Anexo II, para proporcionar aislamiento y bloqueo según RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- **Interruptor automático diferencial**: De acuerdo a la modificación introducida por el RD 244/2019 en la ITC-BT-40 deber ser de tipo A. En instalaciones de viviendas, o instalaciones accesibles al público general en zonas residenciales, o análogos será de 30 mA.
- **Interruptor automático de la instalación generadora**: Para protección contra cortocircuitos y sobrecargas.
- **Elemento de corte del generador**: Para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento a la conexión a través de un relé mínima tensión (27) temporizado 3 minutos. Esta función puede ser realizada por el interruptor automático de la conexión.
- **Un Relé de máxima y mínima frecuencia (81)**: ajustado en 51 y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y mínima de 3 segundos respectivamente
- **Un Relé de máxima tensión (59)**: ajustado a 1,1 Un y 1,15 Un con una temporización máxima de 1,5 y de 0,2 segundos respectivamente.
- **Un Relé de mínima tensión (27) trifásico** ajustado al 0,85 Vn y una temporización máxima de 1,5 segundos (en instalaciones con obligación de cumplir requisitos de comportamiento ante huecos de tensión el tiempo de actuación será igual a 1,5 segundos).
- En generadores trifásicos la tensión a medir será la tensión entre fases y en monofásicos la tensión fase neutro.
- En caso que el equipo generador incorpore las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir los requisitos descritos en la Guía - BT 40, y en este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones. Si la protección se hace mediante relés externos, estos pueden situarse aguas arriba del elemento de corte del generador, integrando las funciones de relé de enclavamiento.

ⓐ Cualquier tipo de generación. Si la potencia del generador es superior a 15 kW, la conexión será trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5 kW.

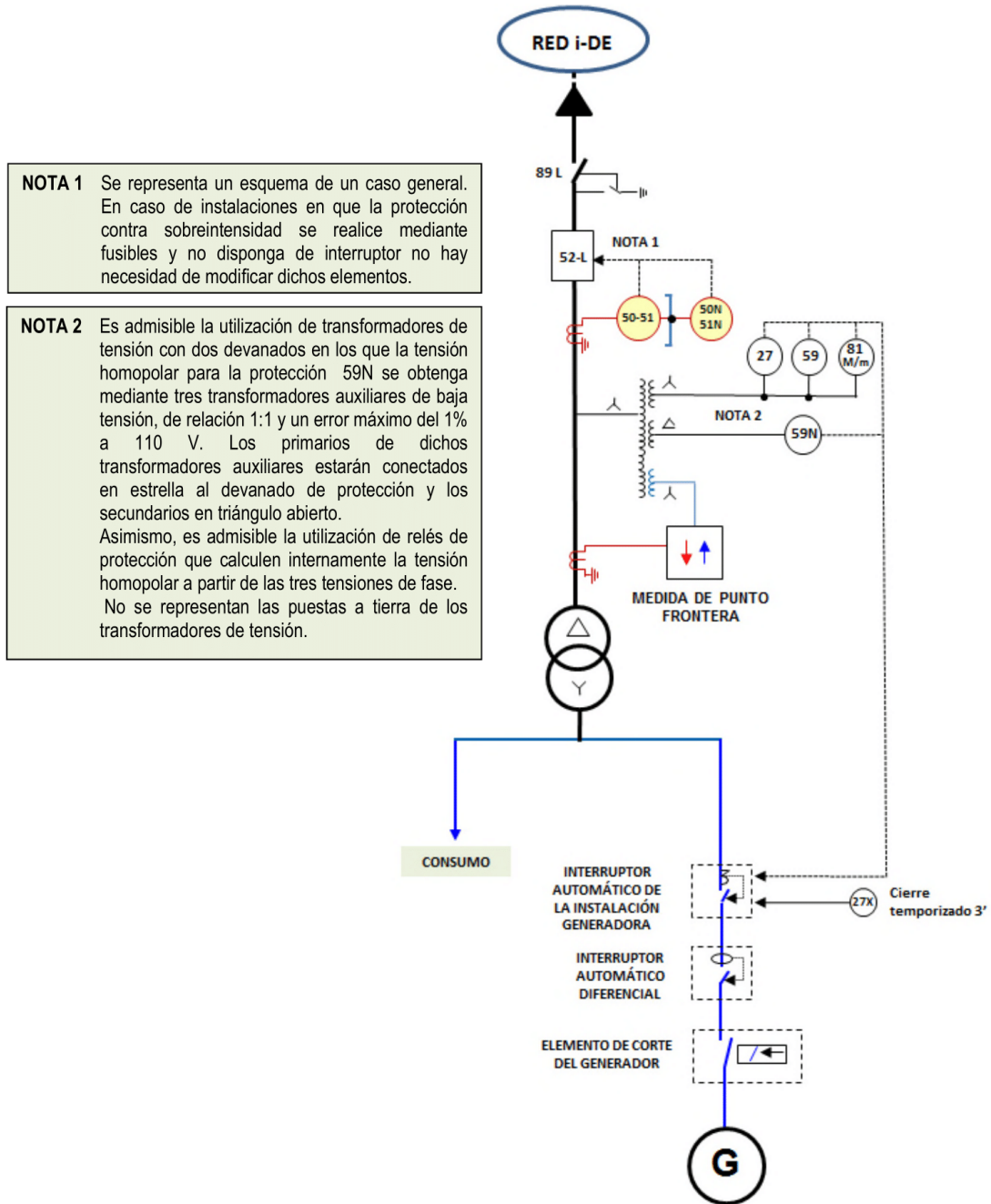
PÚBLICO

Ilustración 17 - Esquema unifilar de autoconsumo I i-DE [3]

90/91

MT 3.53.01 (20-12)
 ANEXO IV

Unifilar 2: Esquema unifilar típico para instalaciones de autoconsumo con excedentes, conectadas a red >1 kV, sin funcionamiento en isla.



Público

Ilustración 18 - Esquema unifilar de autoconsumo II i-DE [3]

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Este quinto apartado detalla todos los criterios que definen a las instalaciones generadora y de consumo de baja tensión para poder llevar a cabo la producción de carretillas elevadoras eléctricas. Primeramente, se trabajarán todos los aspectos relacionados con el dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaica e industrial y, posteriormente, se detallarán los relativos a la compensación de reactiva, centro de transformación, puesta a tierra y protección frente a descargas atmosféricas.

5.1 Suministro de energía

La nave industrial tendrá a i-DE como empresa suministradora de energía, cuya tensión nominal de la red de distribución se encuentra a 13,2 kV. La nave contará con un centro de transformación de tipo abonado instalado en la propia parcela y, así, obtener la tensión requerida de 230/400 V en bornas de carga.

En el apartado 5.8 *Centro de transformación* se detallan todas las características que definen al centro de transformación que se va a emplear en esta instalación.

5.2 Previsión de cargas

Atendiendo a las potencias demandadas, la instalación consumirá una corriente de 1992,49 A, potencia activa total de 1223,50 KW y una potencia reactiva total de 635,22 kVAr, lo que hace que se tenga un factor de potencia de 0,89, fuera de los márgenes exigidos por la compañía distribuidora. Cabe mencionar que los cálculos de demanda se encuentran detallados en el apartado *CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA* del ANEXO III de este documento.

Tabla 4 - Previsión de cargas

Cuadro	FP	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
<i>Cuadro General de Baja Tensión</i>	0,89	1992,49	1223,50	635,22	1380,44
<i>Cuadro Secundario 1</i>	0,95	5,01	3,30	1,08	3,47
<i>Cuadro Secundario 2</i>	0,90	230,52	143,10	70,92	159,71
<i>Cuadro Terciario 1</i>	0,90	44,53	27,77	13,45	30,85
<i>Cuadro Terciario 2</i>	0,90	45,90	28,62	13,86	31,80
<i>Cuadro Terciario 3</i>	0,90	58,45	36,44	17,65	40,49
<i>Cuadro Secundario 3</i>	0,89	254,05	157,21	79,14	176,01
<i>Cuadro Terciario 4</i>	0,90	128,06	79,85	38,67	88,72
<i>Cuadro Terciario 5</i>	0,90	121,46	75,74	36,68	84,15
<i>Cuadro Secundario 4</i>	0,90	143,73	89,90	42,83	99,58
<i>Cuadro Secundario 5</i>	0,92	58,95	37,50	16,18	40,84

<i>Cuadro Secundario 6</i>	0,85	17,42	10,27	6,33	12,07
<i>Cuadro Secundario 7</i>	0,90	125,59	78,00	38,57	87,01
<i>Cuadro Secundario 8</i>	0,84	208,51	121,18	78,64	144,46
<i>Cuadro Terciario 6</i>	0,83	92,67	53,42	35,15	64,21
<i>Cuadro Terciario 7</i>	0,84	43,14	25,07	15,71	29,89
<i>Cuadro Auxiliar Luminarias 1</i>	1,00	8,20	5,66	0,00	5,66
<i>Cuadro Secundario 9</i>	0,82	112,56	64,06	44,48	77,99
<i>Cuadro Terciario 8</i>	0,80	22,03	12,21	9,16	15,26
<i>Cuadro Terciario 9</i>	0,80	14,92	8,27	6,20	10,33
<i>Cuadro Secundario 10</i>	0,90	262,60	164,02	78,71	181,93
<i>Cuadro Auxiliar Luminarias 2</i>	1,00	6,84	4,72	0,00	4,72
<i>Cuadro Secundario 11</i>	0,87	144,87	87,67	48,87	100,37
<i>Cuadro Auxiliar Luminarias 3</i>	1,00	7,71	1,77	0,00	1,77
<i>Cuadro Terciario 10</i>	0,80	20,08	11,13	8,35	13,91

En este sentido, la empresa deberá disponer de un transformador de, mínimo, 1380,44 kVA para la conversión de la energía necesaria. Para ello, y teniendo en cuenta los transformadores normalizados, se propone instalar dos transformadores, de 800 kVA [30-C] cada uno, en un centro de transformación prefabricado PFU-7, de *Ormazabal* [29-C].

5.3 Esquema de distribución [13]

5.3.1 Generalidades

Para determinar las especificaciones de los elementos de protección contra sobrecargas, tanto por cortocircuitos como por sobrecargas, se requiere considerar el esquema de distribución que caracteriza a la nave industrial.

Los esquemas de distribución quedan definidos en función de las conexiones a tierra que se realizan, por un lado, en las masas de la nave y, por otro, en la alimentación a ellas, que en este caso será el transformador de potencia. Así pues, el esquema de distribución viene especificado a través del siguiente código numérico, de acuerdo con la norma *IEC 60364*, o el homólogo del REBT ITC-BT-08, e ITC-BT-24 [10]:

- Situación del transformador respecto de tierra (1ª letra):
 - T: Conexión directa a tierra.
 - I: Conexión a tierra a través de una impedancia muy elevada o, en su defecto, aislado completamente respecto de la tierra.

- Situación de las masas respecto de tierra (2ª letra):
 - T: Todas y cada una de las masas están conectadas directamente a tierra, independientemente de la conexión del equipo de alimentación.
 - N: Las masas están conectadas a tierra a través del mismo punto de conexión a tierra del equipo de alimentación.
- En caso de que la configuración sea TN, la funcionalidad de los conductores de neutro y de protección:
 - C: Las funciones de los conductores de neutro y de protección están agrupadas bajo un mismo conductor.
 - S: Las funciones de los conductores de neutro y de protección están separadas por distintos conductores.

5.3.2 Tipos de esquemas de distribución

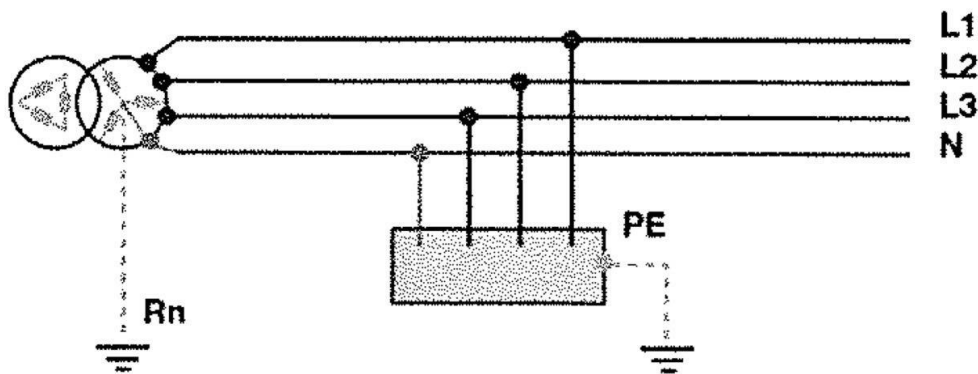
Evaluados los aspectos introductorios relativos a los esquemas de distribución, se van a describir los aspectos más significativos que caracterizan a cada uno de ellos:

Esquema TT:

El esquema TT viene definido por la puesta a tierra del neutro del transformador, así como de cada una de las masas de la instalación. En este sentido, es importante destacar que la tierra del equipo de alimentación y la de las masas tiene que ser distinta y, en caso de que no se cumpla esta condición, la apartada de protección a instalar y configurar se tienen que diseñar teniendo en cuenta que sigue siendo un esquema TT.

Las masas que puedan ser susceptibles de estar a tensión deben interconectarse entre sí a través de un conductor de protección que evacúe las corrientes de defecto a tierra. Hay que tener en cuenta que en este esquema las corrientes de falta pueden generar tensiones de contacto peligrosas que pongan en riesgo la salud de las personas. Es por ello por lo que, además del uso de protecciones ante sobretensiones para salvaguardar los conductores de la instalación, será obligatorio el uso de protecciones diferenciales.

Estos dispositivos deberán asegurar en todo momento las condiciones normativas dispuestas en la norma UNE-HD 60364-5-53 [14] que relaciona el valor máximo de resistencia con el valor máximo de corriente diferencial asignada del diferencial para que no sobrepase los valores de tensión de contacto límite convencional, de acuerdo con la norma IEC 60050 o el homólogo del REBT ITC-BT-24 [10].

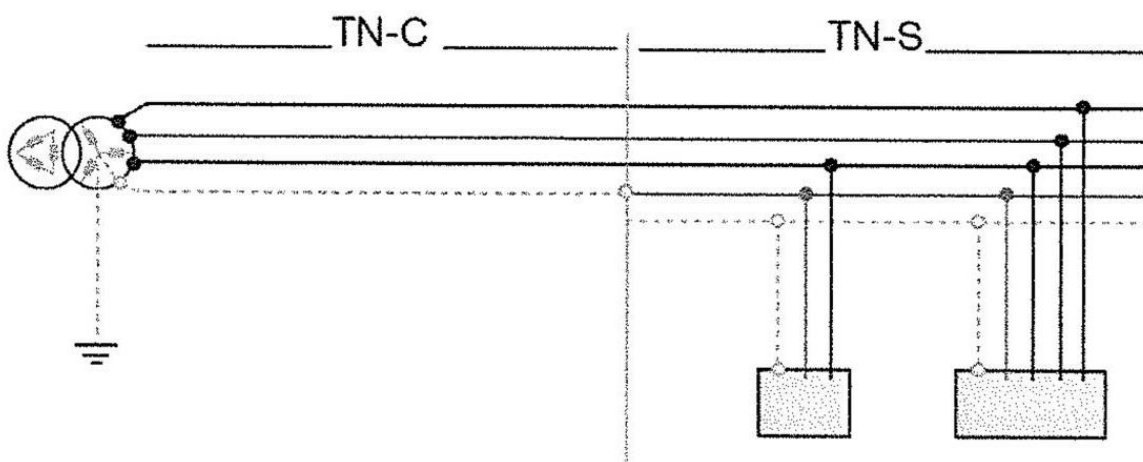

Ilustración 19 - Esquema de distribución TT [13]

Esquema TN

El esquema TN viene definido por la única puesta a tierra a través del neutro del transformador, tanto del equipo de alimentación como de las masas de la instalación, que se conectan al neutro a través de conductores de protección distribuidos.

Si bien es cierto que teóricamente tiene una única puesta a tierra, en la realidad se da la situación de que se deba disponer de una puesta a tierra múltiple, con puntos a tierra cada 500 m, asegurando así que el potencial del conductor de protección sea lo más similar al de tierra y que la impedancia del bucle de defecto sea pequeña.

Debido a la casuística que se genera en el bucle de defecto, la impedancia de falta es muy pequeña y, por tanto, las corrientes serán elevadas. Teniendo en cuenta la magnitud de las corrientes generadas, basta con contar con interruptores automáticos para preservar la seguridad frente a sobrecorrientes y contactos indirectos y, por tanto, en condiciones normales se podrá prescindir de protecciones diferenciales.


Ilustración 20 - Esquema de distribución TN [13]

Esquema IT

El esquema de distribución IT viene definido por la puesta a tierra de las masas, quedando así aislado el equipo de alimentación. La principal ventaja que tiene este esquema es que las consecuencias del primer defecto que se da en la instalación son suficientemente reducidas como para poder mantener el suministro eléctrico y la operación sin poner en riesgo la salud de las personas ni la funcionalidad de la apartamentación eléctrica. No obstante, habrá que tener especial cuidado para evitar posteriores fallos o, incluso, fallos simultáneos, cuya aparición provocaría una peligrosa corriente de falta.

Este tipo de esquemas suelen utilizarse en locales donde haya que garantizar al 100% el suministro eléctrico, tales como Unidades de Cuidados Intensivos o Quirófanos.

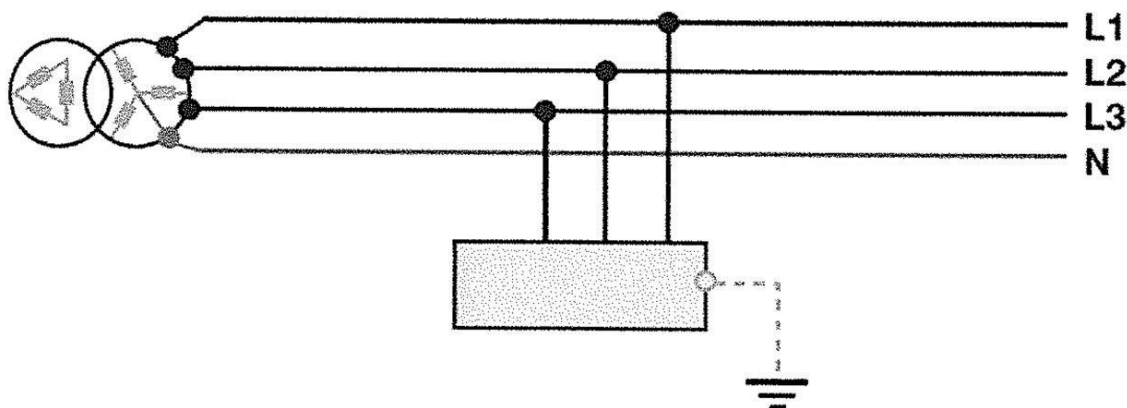


Ilustración 21 - Esquema de distribución IT [13]

5.3.3 Esquema de distribución escogido

Si bien es cierto que el esquema TN, comparándolo con el TT, requiere supervisión continua y requiere redimensionamiento del circuito en caso de modificación, se ha elegido este esquema porque tiene una mayor fiabilidad al no verse interrumpido por disparos intempestivos de los diferenciales y porque es una solución más barata en cuanto a apartamentación de protección.

En particular, se va a utilizar un esquema TN-C-S, constituido, principalmente, por un TN-C y, puntualmente, un TN-S; esto es, en circuitos terminales, donde exista alto riesgo para la salud de las personas.

Habrà que tener en cuenta que todos los conductores del circuito TN-C deberán ser de secciones superiores a los 10 mm² (Cu) y deberán ser de longitudes tales que permitan la actuación de los elementos de protección de sobrecorrientes. Además, y teniendo en cuenta lo establecido en el REBT ITC-BT-19 [10], queda terminantemente prohibido el corte del conductor de protección por la actuación de equipos de protección.

Por último, y de acuerdo con la norma *IEC 60364-4-41 [15]*, o el homólogo del REBT ITC-BT-24 [10], el tiempo de funcionamiento máximo de los dispositivos de protección para protección contra contactos indirectos será el siguiente:

1. Para todo circuito cuya corriente nominal sea inferior a 32 A, el tiempo de cote máximo tendrá que ser inferior a los valores indicados en la tabla adjunta:

Tabla 5 - Tiempo de interrupción máximo ante contacto directo: Esquema TN

U_0 [V]	TIEMPO DE INTERRUPCIÓN [S]
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

2. Para el resto de los circuitos, incluidos los de distribución, el tiempo máximo está fijado en 5 s.

5.4. Descripción de la instalación

Designamos instalación a la agrupación de conductores eléctricos comprendidos desde el punto frontera con la distribuidora hasta cada uno de los receptores que se encuentran en la nave industrial, propiedad del abonado. Particularmente, y de acuerdo con las tensiones normalizadas dispuestas en el REBT, tendremos una instalación de corriente alterna a 230/400 V, salvo la correspondiente a la parte de continua del generador fotovoltaico.

Así pues, se procede a detallar la casuística de cada una de las instalaciones que componen la instalación completa de la nave industrial. De forma complementaria, en los *Diagramas unifilares: Instalación industrial* del ANEXO II quedan dispuestas de forma visual todas ellas.

5.4.1 Acometida

La acometida une el cuadro de protección del abonado con la compañía distribuidora y, por tanto, deberá satisfacer las condiciones dispuestas en la norma particular correspondiente [3].

Esta acometida estará compuesta por conductores unipolares de aluminio de 95 mm² de sección y 250 m de longitud, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]* y las consideraciones realizadas en el apartado *Acometida*, ambos en el ANEXO III.

Además, deberá contar con ocho celdas de media tensión: tres celdas de línea, una de remonte, una de protección con interruptor general, una de medida y dos de protección de transformador con el interruptor automático correspondiente. Las celdas deberán cumplir lo dispuesto en la normativa *IEC 62271* sobre la aparamenta de corriente alterna en alta tensión [26].

Con respecto a la de protección, se deberá disponer de un interruptor automático de corte omnipolar [48-C] con funciones de protección 50 y 51, entre otras, tensión asignada de corriente nominal de 400 A y poder de corte de 20 kA, además de un descargador DMI 18101L de 20 kA [47-C] por fase.

Por otro lado, con respecto a la celda de medida, un contador bidireccional monitorizará tanto la energía solicitada por la instalación industrial a la red como la volcada a la red por la instalación fotovoltaica.

Por último, se distribuirá la corriente hacia los transformadores, que vendrán precedidos por las celdas de protección correspondientes, donde estarán ubicados los Interruptores Automáticos y con un poder de corte de 20 kA por dispositivo.

En el plano 06 los *Diagramas unifilares: Instalación industrial* del ANEXO II queda dispuesto el esquema unifilar que caracteriza a la acometida de este establecimiento.

5.4.2 Instalación industrial

La instalación industrial está compuesta por todos los conductores que parten desde el CGBT y alcanzan cada una de las tomas de corriente de los receptores dispuestos en la nave industrial.

CGBT

El Cuadro General de Baja Tensión Prisma Plus P [37-C] estará fabricado en chapa de acero, con grado protección IP55 y grado de protección IK10 contra impactos mecánicos. Este cuadro albergará los elementos de protección y corte de los circuitos que partan hacia los cuadros auxiliares y los receptores correspondientes, detallados en el apartado *Equipos de protección*. Cada equipo de protección deberá indicar el circuito al que protege, mediante el rótulo correspondiente.

Las dimensiones del cuadro están incluidas en el plano de detalle del CGBT en el apartado *Planos Constructivos de Cuadros Eléctricos* del ANEXO II y estará ubicado en el lugar indicado en el [Esquemático de Distribución de Cuadros](#) del ANEXO II, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-17 [10]. Así mismo, los conductores contenidos en el CGBT están detallados en el apartado 5.5.1 *Dimensionado de los conductores*, según los cálculos realizados en el apartado *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]* del ANEXO III.

Cuadros Auxiliares

Esta instalación dispondrá de 24 cuadros auxiliares, de los cuales 11 serán cuadros secundarios -aguas abajo del CGBT-, 10 serán cuadros terciarios -aguas abajo de un cuadro secundario- y los 3 restantes serán cuadros auxiliares de luminarias -aguas abajo de un cuadro secundario-. Así pues, la disposición de los cuadros auxiliares será la siguiente:

1. Cuadro Secundario 1: Almacén de recogida
2. Cuadro Secundario 2: Sala de soldadura I
 - Cuadro Terciario 1: Línea de bastidor I
 - Cuadro Terciario 2: Línea de bastidor II
 - Cuadro Terciario 3: Línea de cabina
3. Cuadro Secundario 3: Sala de soldadura II
 - Cuadro Terciario 4: Línea de mástil I
 - Cuadro Terciario 5: Línea de mástil II
4. Cuadro Secundario 4: Sala de recarga y almacén I
5. Cuadro Secundario 5: Almacén II
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 1
6. Cuadro Secundario 6: Almacén III, CGBT, Fotovoltaica y Mantenimiento
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 2
7. Cuadro Secundario 7: Sala de pintura I
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 3
8. Cuadro Secundario 8: Sala de ensamblaje I
 - Cuadro Terciario 6: Línea de carretilla
 - Cuadro Terciario 7: Línea de mástil
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 4
9. Cuadro Secundario 9: Sala de ensamblaje II y Oficinas I
 - Cuadro Terciario 8: Oficinas PB
 - Cuadro Terciario 9: Oficinas P1 I
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 5
10. Cuadro Secundario 10: Sala de pintura II
11. Cuadro Secundario 11: Sala de pintura III y Oficinas
 - Cuadro Auxiliar Luminarias 6
 - Cuadro Terciario 10: Oficinas P1 II

Con respecto a las características constructivas, los cuadros auxiliares serán Prisma Plus G o P [39-C], contarán con protección IP55 y sus dimensiones vienen recogidas en los planos de detalle del presente documento, en el apartado *Planos Constructivos de Cuadros Eléctricos* del ANEXO II. Así mismo, el eje de todos los cuadros no anclados a suelo estará ubicado a 1,2 m de altura. En adición, el emplazamiento de los cuadros queda detallado en apartado [Esquemático de Distribución de Cuadros](#) del ANEXO II.

Canalizaciones

Para asegurar que los conductores cumplen con el objetivo de portar corriente bajo los requerimientos térmicos y de caída de tensión, se deben instalar las canalizaciones apropiadas a lo largo de la nave industrial, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-21 [10].

Las canalizaciones deben estar dispuestas de tal forma que se pueda monitorizar el estado del aislamiento, así como localizar y separar partes activas de la instalación que estén sufriendo algún tipo de avería y, si es necesario, facilitar el reemplazo del elemento dañado. En definitiva, deben facilitar la maniobra, acceso e inspección de la aparamenta contenida.

Al hilo de lo comentado, deben estar debidamente protegidas para disminuir riesgos causados por fenómenos de aumento de temperatura, inundaciones, corrosiones, explosiones o por la manipulación de personal no cualificado.

Cabe destacar que, respecto a las canalizaciones entubadas, no se podrán superar más de tres cambios de dirección y, en caso de requerir más, se deberán instalar registros que permitan la inserción y extracción de conductores. Por otro lado, en el caso en el que se dispongan canalizaciones en paralelo, tanto verticales como horizontales, se respetará una distancia entre ellas no inferior a 0,3 m, de tal forma que se permita el mantenimiento del equipamiento.

A continuación, se resumen las canalizaciones que se han realizado a lo largo de la instalación interior de la nave industrial:

- Los conductores que conectan los transformadores con el Cuadro General de Baja Tensión estarán enterrados en canalización bajo tubo, cuyas dimensiones mínimas serán de 225 mm², de acuerdo con lo dispuesto en el REBT-ITC-BT-21 [10].
- Las canalizaciones que conectan cuadros auxiliares son a través de bandeja de rejilla, en instalación horizontal, localizadas según lo dispuesto en el *Distribución de canalizaciones* del ANEXO II. Para ello, se instalarán las bandejas Rejiband [43-C] de Pensa, galvanizadas en caliente, de acuerdo con los cálculos realizados en el apartado *CÁLCULO DE BANDEJAS* del ANEXO III. Como es lógico, las salidas de los cuadros serán los lugares donde se requerirán bandejas de dimensiones elevadas, que irán reduciéndose conforme vaya disminuyendo la cantidad de circuitos hasta llegar al receptor.
- A lo largo de la zona del proceso productivo, los conductores estarán apoyados sobre canalizaciones de bandeja perforada y, posteriormente, se instalarán en canaletas ancladas a pared y a suelo hasta llegar al receptor correspondiente. Estas canalizaciones estarán localizadas según lo dispuesto en el apartado *Distribución de canalizaciones* del ANEXO II. El dimensionamiento de las bandejas perforadas se realizará de acuerdo con lo comentado en el punto anterior.
- La iluminación en la zona del proceso productivo se instalará mediante amarre en canalización Rejiband [43-C] de 35x60 mm, que no sólo servirá como elemento de suspensión, sino que, además, servirá de canalización para los circuitos relativos a alumbrado y tomas de corriente.
- En la zona de oficinas, con respecto a la instalación vertical, los conductores estarán en canalizaciones en H y, con respecto a la instalación horizontal, estarán apoyados

sobre bandeja perforada en falso techo. Finalmente, en función del tipo de receptor que conecte, tendrá las siguientes finalizaciones:

- Toma de corriente en suelo: sobre suelo, bajo canaleta.
- Alumbrado: empotrada en techo.
- Toma de corriente en pared: sobre pared, bajo canaleta.

Conductores

La instalación estará compuesta por conductores de cobre aislado, cuya sección será tal que en cada punto se satisfagan los requerimientos térmicos y de caída de tensión en función del tipo de trazado particular y receptor de destino. Todo lo relativo al dimensionamiento de conductores queda dispuesto en el apartado 5.5.1 *Dimensionado de los conductores*, así como los cálculos realizados para obtener dichas soluciones en *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]* del ANEXO III.

En esta instalación se utilizarán conductores Prysmian Afumex Class 1000 V (As) -RZ1-K (AS)-[41-C] de cobre de tensión asignada 0,6/1 kV con aislamiento de polietileno reticulado.

Por otro lado, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-19 [10], los conductores deberán estar identificados de la siguiente forma:

- Conductores de fase: colores negro, marrón o gris; el mismo por fase en toda la instalación.
- Conductor de neutro: azul.
- Conductor de protección: color doble amarillo-verde.

A fin de economizar la instalación, los conductores de fase tendrán cubiertas del mismo color y, por tanto, se deberá poner una señalización del color correspondiente en cada extremo del cable. Así mismo, y debido al carácter del esquema dispuesto en la nave donde el conductor de protección y el de neutro son el mismo, se deberá instalar el conductor de protección y, además, deberá estar señalizado con una marca en azul en cada extremo, identificando así el conductor de neutro.

Protecciones

De acuerdo con lo dispuesto en el REBT, en las secciones ITC-BT- 22, ITC-BT- 23 y ITC-BT- 24 [10], toda instalación debe incluir un equipamiento de protección que garantice la seguridad de la aparamenta eléctrica dispuesta en la instalación, así como del personal que se encuentra trabajando en ella. En el caso particular de una instalación para uso industrial, se deberán tener en cuenta las siguientes protecciones:

- Asegurar la instalación:
 - Protección contra sobrecargas
 - Protección contra cortocircuitos
 - Protección contra sobretensiones en la parte de alta tensión, como se ha especificado en el apartado 5.4.1 *Acometida*.

- Asegurar a las personas:
 - Protección contra contactos directos
 - Protección contra contactos indirectos

En este proyecto, y debido al esquema de neutro dispuesto en la instalación, se van a utilizar interruptores automáticos y, para los casos particulares donde exista riesgo de contacto, dispositivos diferenciales de alta sensibilidad. Todos los criterios de dimensionamiento, así como todas las características de selectividad relativas a las protecciones, quedan dispuestos en el apartado 5.5.2 *Dimensionamiento de los equipos de protección* y, además, en el apartado *CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]* se explican los razonamientos seguidos para la clasificación de cada una de las protecciones.

5.4.3 Instalación del generador fotovoltaico

La instalación del generador fotovoltaico se compone de dos partes: en primer lugar, la parte correspondiente a la instalación en corriente continua, donde se realiza la conversión de energía solar fotovoltaica a energía eléctrica, y, en segundo lugar, se convierte la energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna para poder utilizarla, principalmente, en la instalación industrial. Así pues, estas instalaciones estarán compuestas por los siguientes dispositivos:

- Instalación DC: La instalación en corriente continua estará formada por la asociación de módulos fotovoltaicos, donde se generará la transformación de energía solar fotovoltaica a energía eléctrica; por el inversor, elemento que transformará la corriente de DC a AC; por los conductores; por las canalizaciones y resto de elementos de protección necesarios para que se pueda garantizar la generación eléctrica con total seguridad.
- Instalación AC: La instalación AC está compuesta por toda la aparamenta eléctrica que conecte al inversor con la alimentación de la instalación de la nave industrial y el centro de transformación, protegiendo ante las posibles faltas que se puedan generar a ambos lados del sistema.

En cualquier caso, ambas instalaciones serán objeto de dimensionamiento de conductores y de protecciones, según lo dispuesto en la norma UNE-EN 50618 [19], así como en el REBT-ITC-BT-40 [10]. En el apartado *Dimensionado de la instalación fotovoltaica* están expuestos todos los criterios utilizados para su dimensionamiento, así como las conclusiones obtenidas en los cálculos realizados para tal efecto.

A continuación, se exponen las características de los equipos que componen la instalación del generador fotovoltaico:

Módulo fotovoltaico

El generador fotovoltaico está compuesto por módulos fotovoltaicos conectados en serie y en paralelo, de tal forma que satisfagan las condiciones de tensión y potencia requeridas por la instalación. En este proyecto, los módulos utilizados son los *CS3W-450MS* [35-C] de la marca Canadian Solar. En la tabla adjunta se muestran las características técnicas del módulo utilizado:

Tabla 6 - Especificaciones módulo fotovoltaico -Standard Test Conditions- [35-C]

FABRICANTE/MODELO	CANADIAN SOLAR/CS3W-450MS
POTENCIA MÁXIMA [W]	450
CORRIENTE EN MÁXIMA POTENCIA [A]	10,96
TENSIÓN EN MÁXIMA POTENCIA [V]	41,1
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO [A]	11,6
TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO [V]	49,1
NOMINAL MODULE OP. TEMPERATURE [°C]	42 ± 3
EFICIENCIA [%]	20,4
CALIBRE MÁXIMO DE FUSIBLE [A]	20
TIPO DE CÉLULA	Monocristalino
DIMENSIONES [MM]	2,108 x 1,048 x 40
SECCIÓN DE CABLE [MM ²]	4
COEFICIENTE DE BAJA TEMPERATURA [%/°C]	-0.35
CERTIFICACIONES	IEC 61215, IEC61730

Inversor

El inversor es el elemento cuya función es la de transformar la potencia de generación DC a potencia de consumo AC. En este caso, el inversor utilizado será el *INGECON Sun 3PLAY 100TL* [36-C] de Ingeteam, con sistema de seguimiento de punto de máxima potencia MPPT; esto es, con reguladores maximizadores que permiten obtener la máxima potencia de los módulos en cada momento. Además, este inversor incorpora las siguientes protecciones:

- Protección ante polarización inversa para evitar que la circulación de corriente se invierta y dañe la electrónica de los módulos fotovoltaicos.
- Protección ante cortocircuitos y sobrecargas en la salida; esto es, protege a la instalación ante sobreintensidades y elimina el aporte de corriente en caso de que se den cortocircuitos en la instalación industrial.
- Protección anti-isla: desconecta el generador fotovoltaico de la red en caso de que detecte que los valores de tensión o de frecuencia de la red estén fuera de los valores de ajuste. Además, en caso de que detecte que existe una caída absoluta de la red, desconectará el generador hasta que ésta se restablezca.
- Protección ante fallos de aislamiento.
- Protección ante sobretensiones en continua y alterna con descargadores tipo 2: protege ante sobretensiones transitorias de origen atmosférico.



En la tabla adjunta se muestran las características técnicas del inversor utilizado:

Tabla 7 – Especificaciones inversor [36-C]

FABRICANTE/MODELO	INGETEAM/INGECON SUN 3PLAY 100TL
RANGO POTENCIA DE ENTRADA [KWP]	101,2-145
RANGO TENSIÓN MPP [V]	570-850
TENSIÓN MÁXIMA [V]	1100
CORRIENTE MÁXIMA [A]	180
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO [A]	240
POTENCIA NOMINAL DE SALIDA [KW]	100
FACTOR DE POTENCIA	1
EUROEFICIENCIA [%]	98,5
SECCIÓN AC MÁXIMA [MM ²]	240 (un cable)
SECCIÓN DC MÁXIMA [MM ²]	300 (un cable)
INTERRUPTOR DIFERENCIAL [MA]	1000
DIMENSIONES [MM2]	720 x 315 x 905
MONITORIZACIÓN	Ingecon Sun Monitor
CERTIFICACIONES	IEC61000, IEC60068, EN50178, IEC60529, IEC61727, IEC62116, UNE 206007

Con lo mencionado previamente, se asegura que el inversor utilizado cumple con los requerimientos dispuestos en el RD 244/2019 [7] acerca de las protecciones requeridas en sistemas fotovoltaicos de baja tensión, así como en el REBT-ITC-BT-40 [10]. Cabe destacar que los inversores estarán ubicados en interior con ventilación, en espacio denominado “Sala Fotovoltaica”, y toda parte activa estará recubierta con material aislante y con acceso restringido a personal cualificado.

Versión PRO

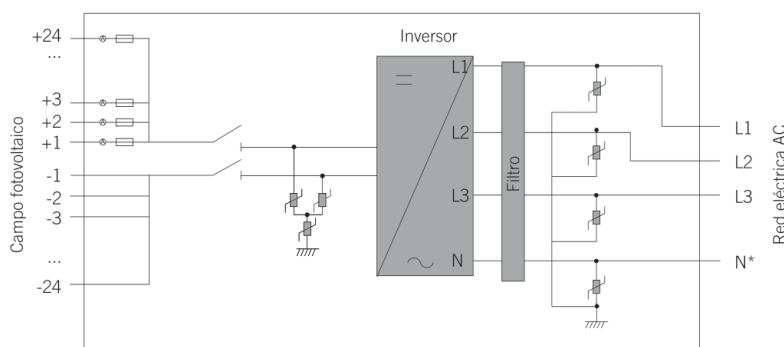


Ilustración 22 – Esquema unifilar del inversor [36-C]

String Box

Esta instalación fotovoltaica dispondrá de 9 *String Box INGECON SUN [37-C]* de Ingeteam, que servirán de interconexión entre el cableado directo de cada string fotovoltaico con el de entrada a cada uno de los inversores de la instalación. Estas cajas eléctricas ayudan a optimizar el campo fotovoltaico, ya que facilitan un diseño más compacto, económico y que ayudan a satisfacer las condiciones normativas en materia de caída de tensión de los conductores. Además, estos dispositivos incluyen las siguientes protecciones, vitales para garantizar la seguridad del equipamiento eléctrico:

- Fusibles DC, para protección frente a cortocircuitos
- Descargador de tipo II DC, para proteger frente a sobretensiones inducidas por rayos.
- Interruptor de aislamiento manual DC

Así pues, las características técnicas de los String Box utilizados son las siguientes:

Tabla 8 - Especificaciones String Box [37-C]

FABRICANTE/MODELO	INGETEA/STRINGBOX 12	INGETEA/STRINGBOX 16
Nº MÁX. STRINGS INPUT	12	16
MÁX. CORRIENTE INPUT [A]	12	12
Nº FUSIBLES/TIPO	12/gPV 10 x 85 mm x 30kA	16/gPV 10 x 85 mm x 30kA
CALIBRE FUSIBLE [A]	15	
SECCIÓN DE SALIDA [MM ²]	27-35	
CONEXIÓN A TIERRA	Cable M20 [2,5-35 mm ²]	
PROTECCIÓN DE LA ENVOLVENTE	IP65 + IK10	
CERTIFICACIONES	IEC 60364-7, IEC61439-1/-2	



Ilustración 23 – StringBox [37-C]

Todo el cableado que sale de estas cajas confluirá en una Caja General de la instalación fotovoltaica (CBFV), cuyo objeto no es más que agrupar las canalizaciones provenientes de los strings fotovoltaicos y de la sala donde se encuentran los inversores, sin servir de conexión eléctrica de ningún tipo. Estas cajas serán de 250 x 130 x 330 mm con protección IP65 [37-C].

El emplazamiento de los cuadros queda detallado en apartado *Esquemático: Instalación Fotovoltáica* del ANEXO II.

Canalizaciones

En la instalación del generador fotovoltaico, las canalizaciones a utilizar estarán divididas en función del tipo de conductores que soporten, resumiéndose en los siguientes puntos:

- Los módulos fotovoltaicos estarán ubicados en estructuras metálicas FV925C/Red [50-C] de aluminio que los soportarán y los fijarán en la inclinación requerida de 36º.
- Con respecto a la canalización exterior, los conductores estarán montados sobre canales de cables horizontales, sirviendo de interconexión entre los módulos fotovoltaicos y los StringBox, así como de interconexión entre éstos últimos y la canalización interior. Además, a la hora de interconectar los módulos fotovoltaicos entre sí, los cables se pasarán por el interior del soporte metálico con el objetivo de reducir problemáticas derivadas de esfuerzos mecánicos o agentes corrosivos. Los aspectos relativos a las canalizaciones están incluidos en el apartado *Canalizaciones* de la sección 5.4.2 *Instalación industrial*.
- Con respecto a la canalización interior, los conductores estarán ubicados sobre bandejas verticales en H, sirviendo de unión entre los inversores y la canalización exterior. Al igual que en el punto anterior, todos los aspectos constructivos están referenciados en el apartado *Canalizaciones* de la sección 5.4.2 *Instalación industrial*.

Conductores

La instalación fotovoltaica deberá tener conductores debidamente dimensionados tanto para la parte correspondiente a corriente continua como para la correspondiente a corriente alterna.

De acuerdo con lo dispuesto en la norma UNE-EN 50618 [19], los conductores de corriente continua deberán estar diseñados para soportar condiciones severas a intemperie y garantizar una alta seguridad (AS – no propagador de fuego ni de llama y con baja emisión de gases tóxicos). Así pues, se tenderán dos tipos de conductores a lo largo de la instalación:

1. Conexionado entre módulos: conductores Exzhellent Solar ZZ-F (AS) 1,8 kV DC [40-C] de cobre clase 5 con aislamiento y cubierta de elastómero termoestable libre de halógenos.

2. Conexionado entre módulos e inversor: conductores Exzhellent Solar XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC [40-C] de cobre clase 5 con aislamiento de polietileno reticulado, asiento de armadura de poliolefina libre de halógenos, armadura de fleje corrugado de aluminio y cubierta de elastómero termoestable libre de halógenos.

Por otro lado, de acuerdo con la normativa vigente, la gama de colores a utilizar en función del tipo de conductor será la siguiente:

- Conductores de polo positivo: rojo.
- Conductor de neutro: negro.
- Conductor de protección: color doble amarillo-verde.

Con respecto a la parte AC, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-40 [10], los conductores deberán estar identificados tal y como se ha especificado en el apartado *Conductores*, de la sección 5.4.2 *Instalación* del presente documento. Así mismo, el reglamento establece que el conductor a utilizar será de alta seguridad (AS) y sufrirá una caída de tensión máxima de 1,5% en el tramo comprendido entre el inversor y el cuadro de protección del generador fotovoltaico.

Por lo tanto, y al igual que lo dispuesto en la instalación industrial, en la parte de alterna se utilizarán conductores Prysmian Afumex Class 1000 V (As) -RZ1-K (AS)- [41-C] de cobre de tensión asignada 0,6/1 kV con aislamiento de polietileno reticulado.

Todo lo relativo al dimensionamiento de conductores queda dispuesto en el apartado

Dimensionado de los conductores, así como los cálculos realizados para obtener dichas soluciones en 4.2.3 *Cálculo de conductores* del ANEXO III.

Protecciones

De acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-40 [10] y en el RD 1669/2011 [24], toda instalación fotovoltaica conectada a red de baja tensión deberá incluir el equipamiento de protección que garantice la seguridad de la aparamenta eléctrica dispuesta en la instalación, así como del personal que se encuentra trabajando en ella, en las siguientes condiciones:

1. Protección de sobreintensidad mediante relés directos magnetotérmicos o equivalentes.
2. Protección de mínima tensión instantánea, entre fases y neutro, con acción en un tiempo menor a 0,5 cuando sobrepase el límite inferior del 85% de la tensión asignada.
3. Protección de sobretensión, entre fase y neutro, con acción en un tiempo menor a 0,5 cuando sobrepase el límite inferior del 110% de la tensión asignada.
4. Protección de mínima y máxima frecuencia, entre fases, con acción cuando la frecuencia sobrepase el rango 49-51 Hz durante un tiempo superior a 5 periodos.

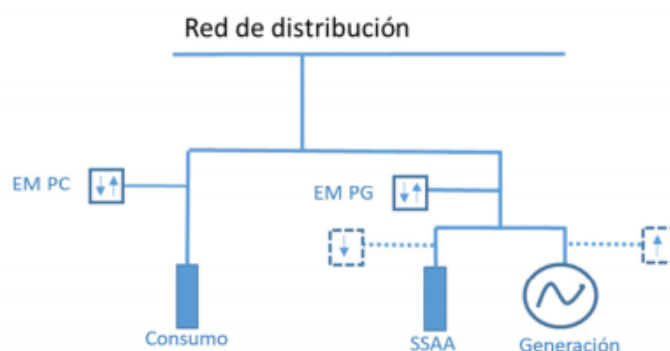
5. Protecciones que se consideren necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica con la mayor seguridad posible garantizada. En el caso en cuestión, se consideran las siguientes:
 - a. Protección ante derivaciones a tierra, tanto del positivo como del negativo.
 - b. Elementos de corte y protección en corriente continua.

Teniendo en cuenta lo mencionado, todos los requerimientos de protección salvo el primero están incluidos en el inversor - 2, 3, 4 y 5a- y en las StringBox -3 y 5b-.

Los criterios de dimensionamiento del requerimiento faltante quedan dispuestos en el apartado *Dimensionado de las protecciones* y, además, en el apartado *CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]* del ANEXO III se explican los razonamientos seguidos para su clasificación.

Equipo de medida

La instalación debe contar con un segundo registro de energía eléctrica; esto es, un contador que registre la energía que inyecta desde instalación fotovoltaica, tanto a la instalación industrial como a la red eléctrica. Para ello, siguiendo lo dispuesto en la norma para instalaciones de i-DE [3], se deberá disponer de contadores con registro de carga horario y dotados de telemedida mediante dirección IP pública y fija. Así pues, un esquema de equipamiento para la aplicación de este proyecto podría ser el siguiente:



Notas:

- Configuración de medida a la que pueden acogerse los sujetos que opten por la modalidad de autoconsumo individual con excedentes no acogida a compensación, según el artículo 10.4 del RD 244/2019
- Con carácter potestativo, se podrá sustituir el EM de energía de generación neta por un equipo que mida la energía bruta generada y otro que mida el consumo de SSAA (equipos representados con trazo discontinuo)

Ilustración 24 - Configuración de medida para modalidad de autoconsumo con excedentes [3]

Por otro lado, según lo dispuesto en el REBT ITC-BT-40 [10], se deberá instalar un interruptor-seccionador con bloque a la salida de la toma de medida generadora, garantizando así el aislamiento en caso de intervención en la medida.

5.5 Dimensionado de la instalación industrial [13]

Este punto del proyecto incluye todos los criterios que se han tenido en cuenta en el dimensionado de la aparamenta eléctrica y, por otro lado, resume las especificaciones de cada uno de los elementos que componen dicha instalación.

5.5.1 Dimensionado de los conductores

Como se ha expuesto previamente, todo conductor debe garantizar tanto el criterio térmico como el de caída de tensión para asegurar que los receptores consumen la corriente requerida.

En este sentido, los conductores de fase deberán estar diseñados para asegurar que la caída máxima en cualquier punto de la instalación sea del 4,5% para receptores de alumbrado y del 6,5% para el resto de los usos. La caída de tensión deberá considerarse a lo largo de toda la instalación; esto es, sumando todas las caídas de tensión de los conductores aguas arriba del conductor que conecta al receptor desde el transformador, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-19 [10].

Por otro lado, estos conductores activos deberán estar dimensionados para soportar térmicamente una temperatura ambiente de 30°C, además de la problemática generada en cada canalización en relación con factores de agrupamiento y distancia entre conductores, de acuerdo con lo dispuesto en la Norma UNE 60364-5-52 [14].

Además, se deberá tener en cuenta el tipo de receptor al que vaya destinada la corriente, de acuerdo con lo establecido en el REBT ITC-BT-47 [10]. Por un lado, en caso de que sean motores, se deberá dimensionar el conductor para una potencia 1,25 veces superior a la nominal y así evitar problemas derivados por el arranque de estos y, por otro lado, en caso de que sean receptores de alumbrado, se deberán dimensionar para una carga 1,8 veces la nominal.

Con respecto a los conductores de protección, según lo dispuesto en el REBT ITC-BT-19 [10], deben ser del mismo material que el conductor de fase y deberán tener una sección mínima según lo establecido en la tabla adjunta:

Tabla 9 - Secciones mínimas: conductores de protección [10]

SECCIÓN DE CONDUCTOR DE FASE [MM ²]	SECCIÓN MÍNIMA CONDUCTOR DE PROTECCIÓN [MM ²]
$S \leq 16$	S*
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2
(*) CON UN MÍNIMO DE:	
- 2,5 MM ² SI PEN NO FORMA PARTE DE LA CANALIZACIÓN Y TIENE UNA PROTECCIÓN MECÁNICA.	
- 4 MM ² SI PEN NO FORMA PARTE DE LA CANALIZACIÓN Y NO TIENE UNA PROTECCIÓN MECÁNICA.	

Es interesante mencionar que tanto los conductores de fase de un circuito como el de protección correspondiente deberán estar canalizados bajo el mismo tubo.

Por último, se deberá dimensionar el conductor de neutro para la parte de la instalación bajo esquema de neutro TN-S. El REBT ITC-BT-07 [10] establece que estos cables deberán ser conductores de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, con secciones adecuadas a las intensidades y caídas de tensión previstas, de acuerdo con lo dispuesto en la tabla adjunta:

Tabla 10 - Secciones mínimas conductor neutro [10]

SECCIÓN FASE [MM ²]	≤6	10-16	25-35	50	70	90	125-150
SECCIÓN NEUTRO [MM ²]	6	10	16	25	35	50	70

Metodología

La metodología seguida para el cálculo de las secciones es mediante una primera evaluación del criterio térmico y, posteriormente, mediante la comprobación de la caída de tensión en las condiciones más desfavorables; esto es, en función del tipo de canalización y el tipo de distribución de las corrientes. En caso de que la caída de tensión supere lo dispuesto en la normativa, se deberá aumentar la sección del conductor hasta que acote la caída a los márgenes requeridos.

Todos los cálculos y criterios aplicados para cada caso vienen recogidos en el apartado *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]* del ANEXO III.

Solución del dimensionamiento de conductores

Teniendo en cuenta lo dispuesto en los apartados anteriores, en la tabla adjunta se incluye un listado de todos los conductores que se han de colocar en la instalación:

Tabla 11- Sección de conductores: instalación industrial

CT	Cable	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
CGBT	C1 (6)	10	0,27	240	120		
CGBT	Cable	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
CS1	C2	145,503	0,38	50	25		
CS2	C3 (2)	14,114	0,47	70	35		
CS3	C4 (2)	61,629	0,77	150	95		
CS4	C5	110,102	1,51	120	70		



CS5	C6	82,4	0,71	95	50
CS6	C7	51,75	0,35	95	50
CS7	C8	121,535	1,73	95	50
CS8	C9 (2)	114,346	1,03	150	95
CS9	C10 (2)	139,758	0,97	95	50
CS10	C11 (2)	167,11	2,39	95	50
CS11	C12 (2)	204,544	1,38	120	70
Horno	C13 (2)	106	1,24	95	50
Refrigerador	C14 (2)	175,438	3,28	95	50
Reactiva	C296	20	0,64	70	35
I FV	C297 (6)	18	0,94	95	35

CS1	Cable	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luz Emergencia (R)	C15	62,51	0,61	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)	C16	42,7	2,17	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C17	55,93	2,73	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C18	68,88	1,98	2,5		2,5	2,5

CS2	CS2	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
CT1	C19	8,8	0,56	50	25		
CT2	C20	13,8	0,76	25	16		
CT3	C21	59,8	0,87	50	25		
Luminarias (R)	C22	33,069	1,45	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C23	60,68	2,37	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C24	37,15	1,69	2,5		2,5	2,5



Luminarias WC (R)	C25	32,55	0,72	2,5	2,5	2,5
Luz Emergencia (S)	C26	61,19	0,58	2,5	2,5	2,5
Cargador elevador (R)	C27	68,61	1,30	10	0	0
Tomas de corriente (R)	C28	69,76	2,71	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (s)	C29	66,965	4,34	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C30	75,4	4,52	2,5	2,5	2,5

CT1	CT1	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
Punzonadora	C31	64,005	0,93	10	10		
Dobladora	C32	58,975	0,90	10	10		
Polipasto I	C33	57,775	0,84	4		4	4
Polipasto II	C34	23,744	0,76	4		4	4
Robot soldadura	C35	49,97	0,63	10	10	0	0
Soldador	C36	32,1	1,01	16		16	16
Soldador	C37	43,5	1,17	16		16	16
Soldador	C38	53,74	1,31	16		16	16

CT2	CT2	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
Punzonadora	C39	63,209	1,11	10	10	0	0
Dobladora	C40	58,197	1,09	10	10	0	0
Polipasto	C41	57,15	1,11	4	0	4	4
Robot soldadura	C42	50,6	0,81	10	10	0	0
Extractor	C43	54,45	0,79	4	0	4	4
Soldador	C44	32,1	1,20	16	0	16	16
Soldador	C45	43,5	1,36	16	0	16	16
Soldador	C46	53,74	1,50	16	0	16	16



CT3	CT3	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Posicionador	C47	23,184	0,92	10	10		
Robot soldadura	C48	19,285	0,88	10	10		
Polipasto	C49	17,99	1,11	2,5		2,5	2,5
Extractor 1	C50	14,342	0,93	2,5		2,5	2,5
Extractor 2	C51	21,63	1,04	2,5		2,5	2,5
Soldador 1	C52	14,88	1,20	10		10	10
Soldador 2	C53	21,494	1,77	10		10	10

CS3	CS3	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
CT4	C54	17,291	1,04	50	25		
CT5	C55	29,043	1,22	50	25		
Cortadora Láser	C56	41,207	0,90	10	10		
Luz Emergencia -R-	C57	75,82	0,90	2,5		2,5	2,5
Luminarias -R-	C58	24,6	0,98	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C59	51,33	2,37	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C60	46,18	2,14	2,5		2,5	2,5
Luminarias WC (S)	C61	72,67	3,16	2,5		2,5	2,5
Luminarias Comedor (T)	C62	54,97	1,13	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C63	105,05	1,14	4		4	4
Tomas de corriente (s)	C64	72,375	5,42	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C65	80	4,91	4		4	4

CT4	CT4	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Centro mecanizado	C66	11,688	1,55	16	16		
Extractor	C67	34,118	1,13	4		4	4



Robot mecanizado	C68	24,113	1,15	10	10		
Polipasto	C69	49,81	1,29	4		4	4
Soldador	C70	29,9	1,45	16		16	16
Soldador	C71	47,57	1,70	16		16	16
Robot soldadura	C72	40,72	1,09	10	10		

CT5	CT5	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Extractor	C73	21,719	1,26	6		6	6
Robot mecanizado	C74	47,239	1,44	10	10		
Centro mecanizado	C75	64,553	2,55	35	25		
Robot soldadura	C76	61,7	1,29	10	10		
Soldador	C77	29,9	1,45	16		16	16
Soldador	C78	47,57	1,70	16		16	16
Polipasto	C79	61,56	1,57	4		4	4

CS4	CS4	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luminarias (R)	C80	57,41	3,48	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C81	44,69	3,78	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C82	60,73	4,45	2,5		2,5	2,5
Luminarias Clima (R)	C83	78,85	3,13	2,5		2,5	2,5
Luminarias Clima (S)	C84	78,85	3,13	2,5		2,5	2,5
Luminarias Clima (T)	C85	78,85	3,13	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia -S-	C86	45,08	1,62	2,5		2,5	2,5
Cargadores I	C87	24,82	2,14	16	16		
Cargadores II	C88	38,647	2,56	10	10		

CS5	CS5	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luz Emergencia -R-	C89	72,88	0,84	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (T)	C90	39,27	0,78	2,5		2,5	2,5
Bomba de calor	C91	15,69	0,87	10	10		
Tomas de corriente	C92	132,5	6,17	6		6	6
Tomas de corriente	C93	66,3	4,83	4		4	4
Tomas de corriente	C94	43,2	5,08	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)-1	C95	49,38	2,29	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)-1	C96	65,28	2,80	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)-1	C97	54,26	2,44	2,5		2,5	2,5

CS6	CS6	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luminarias exterior (S)	C98	220,15	2,67	4		4	4
Luminarias exterior -R-	C99	122,33	1,64	4		4	4
Luminarias exterior (T)	C100	204,22	2,51	4		4	4
Luz Emergencia -R-	C101	99,05	0,51	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (S)	C102	69,1	0,45	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (T)	C103	64,89	0,44	2,5		2,5	2,5
Luz Fotovoltaica (S)	C104	23,78	1,02	2,5		2,5	2,5
Luminarias CGBT (T)	C105	41,35	0,93	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)	C106	64,61	2,27	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C107	49,3	2,20	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C108	75,89	0,44	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)	C109	43,62	0,53	2,5		2,5	2,5
Luz Mantenimiento -R-	C110	72	1,02	2,5		2,5	2,5

Luz Mantenimiento -S-	C111	72	1,02	2,5	2,5	2,5
Luz Mantenimiento -T-	C112	72	0,44	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C113	42,46	0,53	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (s)	C114	38,6	1,71	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C115	56,42	2,35	2,5	2,5	2,5

CS7	CS7	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luz Emergencia (R)	C116	99,35	1,90	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (S)	C117	43,47	1,81	2,5		2,5	2,5
Granalladora I	C118	21,789	2,53	10	10		
Granalladora II	C119	35,734	3,04	10	10		
Power & Free Conveyor	C120	10,916	1,81	10	10		
Polipasto	C121	68,858	2,41	4		4	4
Tomas de corriente (R)	C122	21,55	1,77	4		4	4
Tomas de corriente (s)	C123	36,438	2,73	4		4	4
Tomas de corriente (T)	C124	72,21	1,77	4		4	4
Ventilador	C125	36,434	3,12	10	10		
Luminarias (R)-1	C126	72,5	3,78	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)-2	C127	62,34	3,49	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)-3	C128	52,05	3,20	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)-4	C129	41,59	2,91	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)-5	C130	41,86	2,91	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)-1	C131	52,32	3,21	2,5		2,5	2,5

CS8	CS8	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
CT6	C132	18,926	1,43	35	25		



CT7	C133	35,635	1,60	25	16		
CAL1	C134	4	1,05	16	16		
Luz Emergencia -R-	C135	86,38	1,15	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (S)	C136	38,07	1,08	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (T)	C137	105,04	1,18	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C138	117,23	5,72	6		6	6
Tomas de corriente (S)	C139	88,41	1,76	4		4	4
Tomas de corriente (T)	C140	41,81	2,52	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C141	35,14	5,12	2,5		2,5	2,5

CT6	CT6	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Inverted Power & Free Conveyor	C142	25,8846	1,63	10	10		
Frenómetro	C143	64,557	2,17	10	10		
Puente grúa	C144	56,722	3,33	2,5		2,5	2,5
Polipasto I	C145	58,41	1,96	4		4	4
Polipasto II	C146	70,7	1,90	16		16	16
Tomas de corriente 25 A	C147	43,545	2,02	16		16	16
Tomas de corriente 25 A	C148	87,09	2,61	16		16	16

CT7	CT7	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Polipasto	C149	31,1047	1,82	2,5		2,5	2,5
Inverted Power & Free Conveyor	C150	21,817	1,79	10	10		
Tomas de corriente 25 A	C151	30,435	2,01	16		16	16
Tomas de corriente 25 A	C152	60,87	2,43	16		16	16



CAL4	CAL1	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luminarias (R)	C153	45,97	3,72	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C154	89,83	4,15	4		4	4
Luminarias (T)	C155	107,52	4,14	4		4	4
Luminarias (R)	C156	88,32	3,59	4		4	4
Luminarias (S)	C157	70,61	4,32	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C158	52,31	4,23	2,5		2,5	2,5
Luminarias WC -R-	C159	66,12	1,96	2,5		2,5	2,5
Luminarias Comedor (T)	C160	28,43	1,59	2,5		2,5	2,5

CS9	CS9	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
CT8	C161	6,401	1,00	25	16		
CT9	C162	7,1	1,06	25	16		
Luces Emergencia (T)	C163	85,7	1,05	2,5		2,5	2,5
Luces Emergencia (S)	C164	42,56	1,01	2,5		2,5	2,5
Luminarias -R-	C165	33,52	1,76	2,5		2,5	2,5
Luminarias S	C166	47,3	2,08	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C167	60,72	2,39	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)	C168	74,19	2,71	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C169	87,51	3,02	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C170	101,45	3,35	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente 25 A	C171	63,25	2,57	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C172	63,6	1,21	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (s)	C173	82,53	4,70	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C174	74,69	4,29	2,5		2,5	2,5

CT8	CT8	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luces Emergencia (T)	C175	64	1,08	2,5		2,5	2,5
Luces Emergencia (S)	C176	53,8	1,07	2,5		2,5	2,5
Luminarias Comedor -R-	C177	61,29	2,54	2,5		2,5	2,5
Luminarias Hall reuniones (S)	C178	23,42	1,23	2,5		2,5	2,5
Luz WC comedor -R-	C179	69,91	1,90	2,5		2,5	2,5
Luz WC reuniones (T)	C180	38,59	1,50	2,5		2,5	2,5
Luz Of Comercial (T)	C181	53,37	1,91	2,5		2,5	2,5
Luz Of Comercial (S)	C182	53,37	1,91	2,5		2,5	2,5
Luz Of Comercial (R)	C183	53,37	1,91	2,5		2,5	2,5
Luz Recepción (S)	C184	28,76	1,29	4		4	4
Luz reuniones (T)	C185	20,043	1,17	4		4	4
Luz reuniones (S)	C186	24,65	1,20	4		4	4
Luz reuniones (R)	C187	30,47	1,25	4		4	4
Tomas de corriente (R)	C188	67,19	1,14	16		16	16
Tomas de corriente (s)	C189	48,59	1,11	16		16	16
Tomas de corriente (T)	C190	62,44	2,05	16		16	16
CT9	CT9	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luz Emergencia -R-	C191	49,89	1,14	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (S)	C192	78,39	1,19	2,5		2,5	2,5
Luz Hall Of Técnica (T)	C193	28,74	1,52	2,5		2,5	2,5
Luz Hall Of Técnica (R)	C194	23,91	1,41	2,5		2,5	2,5
Luz Hall Dirección (S)	C195	44,27	1,86	2,5		2,5	2,5
Luz WC Dirección (T)	C196	56,1	1,73	2,5		2,5	2,5
Luz WC Of Técnica (R)	C197	23,28	1,37	4		4	4

Luz Of técnica (S)	C198	71,18	2,48	4	4	4
Luz Of técnica (R)	C199	71,18	3,32	2,5	2,5	2,5
Luz Of técnica (T)	C200	71,18	3,32	2,5	2,5	2,5
Luz Dirección (R)	C201	22,94	1,25	2,5	2,5	2,5
Luz Dirección (S)	C202	29,71	1,31	2,5	2,5	2,5
Luz Dirección (T)	C203	36,63	1,37	2,5	2,5	2,5
Luz Dirección (S)	C204	44,28	1,43	2,5	2,5	2,5
Luz Dirección (S)	C205	49,98	1,48	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (S)	C206	61,08	3,26	16	16	16
Tomas de corriente (R)	C207	74,81	3,76	16	16	16
Tomas de corriente (T)	C208	38,3	2,44	16	16	16
Tomas de corriente (s)	C209	53,39	4,34	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C210	31,77	3,01	2,5	2,5	2,5
Tomas de corriente (T)	C211	52,28	5,36	2,5	2,5	2,5

CS10	CS10	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
CAL2	C212	4	2,39	35	25		
Desengrasado	C213	55,66	4,33	10	10		
Lavado	C214	36,45	2,96	10	10		
Fosfatado	C215	38,18	2,99	10	10		
Lavado	C216	46,2	3,98	10	10		
Inmersión cataforesis	C217	43,06	3,87	10	10		
Horno	C218	34,84	3,12	16	16		
Polipasto	C219	48,85	3,06	4	0	4	4
Ventiladores	C220	57,89	3,63	16	16		



CAL5	CAL2	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luminarias (R)	C221	47,92	3,71	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C222	40,15	3,96	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C223	52,26	4,31	2,5		2,5	2,5
Luminarias (R)	C224	59,17	3,75	4		4	4
Luminarias (S)	C225	61,53	4,37	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C226	76,3	4,49	2,5		2,5	2,5
Luz Emergencia (T)	C227	93,6	2,62	2,5		2,5	2,5

CS11	CS11	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
CAL3	C228	21,01	2,48	35	25		
CT10	C229	5,01	1,41	25	16		
Luz Emergencia (S)	C230	42,29	1,42	2,5	0	2,5	2,5
Luz Emergencia (R)	C231	117,13	1,52	2,5		2,5	2,5
Power and Free Conveyor	C232	33,03	1,73	10	10		
Lavado ultrafiltrado	C233	64,4	2,07	10	10		
Tomas de corriente (S)	C234	41,34	3,89	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (R)	C235	91,86	4,55	4		4	4
Tomas de corriente (T)	C236	104,3	5,00	6		6	6
Robots pintado	C237	74,01	1,51	10	10		
Ventiladores	C238	26,95	1,69	16	16		

CAL6	CAL3	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luminarias (R)	C239	63,93	4,17	2,5		2,5	2,5
Luminarias (S)	C240	51,73	3,49	2,5		2,5	2,5
Luminarias (T)	C241	40,12	3,94	2,5		2,5	2,5



Luminarias (S)	C242	24,95	2,62	2,5	2,5	2,5
Luminarias WC (T)	C243	61,23	3,80	2,5	2,5	2,5
Luz Vestuarios (S)	C244	38,68	3,03	2,5	2,5	2,5
Luz Vestuarios (S)	C245	36,68	2,20	2,5	2,5	2,5
Luminarias comedor (R)	C246	29,24	3,21	2,5	2,5	2,5

CT10	CT10	L [m]	CaídaV [V]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
Luz emergencia (R)	C247	36,72	1,46	2,5		2,5	2,5
Luz Hall reuniones (S)	C248	16,74	1,63	2,5		2,5	2,5
Luz Reuniones I (T)	C249	22,34	2,47	2,5		2,5	2,5
Luz s Reuniones II (R)	C250	28,58	2,12	2,5		2,5	2,5
Luz Reuniones III (S)	C251	42,32	2,46	2,5		2,5	2,5
Tomas de corriente (S)	C252	26,29	2,41	4		4	4
Tomas de corriente (R)	C253	31,87	2,94	4		4	4
Tomas de corriente (T)	C254	44,1	1,66	4		4	4

5.5.2 Dimensionamiento de los equipos de protección

Como se ha comentado anteriormente, los equipos de protección deben detectar las faltas que se estén dando en la instalación y prevenir problemas que puedan afectar tanto al equipo eléctrico como al personal, aislando la parte de la instalación que está siendo afectada.

En este sentido, las protecciones deben diseñarse satisfaciendo los siguientes tres requerimientos:

1. Permitir la circulación de la corriente nominal permanente, así como las puntas de empleo solicitadas por receptores como motores.
2. Proteger la instalación frente a sobreintensidades; esto es, frente a sobrecargas y cortocircuitos.
3. Asegurar al personal frente a contactos indirectos.

Para ello, se va a estudiar el equipamiento a instalar en función del fenómeno a proteger.

Protección de la instalación

La instalación deberá contar con un equipamiento que proteja a la aparamenta eléctrica frente a sobrecargas, tanto sobrecargas como cortocircuitos, así como contra sobretensiones de origen atmosférico.

Protección frente a sobrecargas

Denominamos sobrecarga a la circulación de una corriente moderadamente superior a la nominal diseñada para el conductor en cuestión. Este fenómeno se manifiesta habitualmente debido a defectos de aislamiento de elementos de baja admitancia o a transitorios producidos por la maquinaria y no producirá ningún perjuicio para la instalación, siempre y cuando se elimine en un corto periodo de tiempo.

Teniendo en cuenta la casuística del problema, el sistema más común para aislar la parte del circuito en falta es mediante una protección térmica; esto es, mediante una medida de la temperatura. Siguiendo lo establecido en el REBT ITC-BT-22 [10], el dispositivo a emplear en la instalación para proteger ante sobrecargas será el interruptor automático.

Además, según lo dispuesto en la norma UNE-HD 60364-4-43 [15], se deberán instalar los interruptores automáticos teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- a) Se deberá instalar un dispositivo donde exista un cambio que genere una reducción en el valor de la corriente máxima admisible que soportan los conductores.
- b) No será necesario instalar un dispositivo en los siguientes casos:
 - I. Cuando exista un cambio de sección o instalación y esté protegido adecuadamente con un dispositivo colocado aguas arriba.
 - II. En derivaciones de canalizaciones que estén alimentando equipamiento fijo y no sean susceptible de generar sobrecargas, como dispositivos de alumbrado o un motor cuya corriente a rotor bloqueado sea inferior a la admisible en la canalización.
 - III. En el origen de la instalación, donde la compañía distribuidora asegura la protección frente a sobrecargas.
 - IV. En circuitos de telecomunicación, control o similares.
- c) Se permite la no instalación de dispositivos en puntos donde una desconexión de la corriente eléctrica implique un problema grave para la seguridad.
- d) Un único dispositivo protegerá conductores en paralelo si sus características garantizan un funcionamiento eficaz en el punto más problemático de uno de los conductores en paralelo.

Todos los criterios relativos al cálculo del dispositivo de protección frente a sobrecargas vienen recogidos en el apartado *Protección frente a sobrecargas* del ANEXO III.

Protección frente a cortocircuitos

Denominamos cortocircuito a la circulación de una corriente considerablemente superior a la nominal, hasta 20 veces superior, diseñada para el conductor en cuestión. Este fenómeno se manifiesta habitualmente debido a contactos entre fases o entre fase-tierra -conductores rotos, conexión accidental entre conductores, aislamientos degradados o corroídos, etc.-, produciendo un daño irreparable en caso de que no se extinga debida y rápidamente, como fusión de conductores o degradación de aislamientos.

Así pues, el sistema más común para aislar la parte del circuito en falta es mediante una protección magnética; esto es, accionado mediante un electroimán. Teniendo en cuenta lo establecido en el REBT ITC-BT-22 [10], el dispositivo a emplear en la instalación para proteger ante cortocircuitos será el interruptor automático.

Los emplazamientos de los interruptores automáticos se ubicarán según los mismos criterios que los citados para el caso de la protección contra sobrecarga, exceptuando el punto b) II del apartado *Protección frente a sobrecargas*. Además, los cálculos relativos a las corrientes de cortocircuitos, de acuerdo con lo dispuesto en la norma UNE-EN 60909 [16], están detallados en el apartado *CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO [13]* del anexo III.

Por último, cabe destacar que el valor de la corriente de cortocircuito mínima está relacionado con la longitud máxima del conductor a proteger y, por tanto, deberá comprobarse que las longitudes totales de todos los conductores están protegidas ante cortocircuitos.

Todos los criterios relativos al cálculo del dispositivo de protección frente a cortocircuitos vienen recogidos en el apartado *Protección frente a cortocircuitos* del ANEXO III.

Protección de las personas

La instalación deberá contar con protección frente a contactos directos e indirectos, con el fin de garantizar la seguridad de la salud del personal que transite la nave industrial.

Protección frente a contacto directo

Llamamos contacto directo al contacto que se genera cuando una persona toca una parte activa de la instalación; esto es, cualquier apartamente eléctrica a tensión. La prevención que se realiza frente a este tipo de contactos es a través del uso de obstáculos o sistemas de aislamiento de elementos activos, de tal forma que el personal no tenga riesgo de contactar con ellos.

No es objeto de este documento diseñar las protecciones ante contactos directos, pero, de cara a ampliar la información al respecto, se puede consultar en la normativa UNE 20-324-3R:1993.

Protección frente a contacto indirecto

Llamamos contacto indirecto al contacto que se genera cuando una persona toca una parte susceptible de estar en tensión; esto es, cuando toca un elemento que en condiciones normales de funcionamiento no debería estar en tensión. Es de vital importancia dimensionar adecuadamente esta protección, ya que, en caso contrario, hay alto riesgo de que peligre la vida de la persona que entre en contacto con el elemento que se ha puesto en tensión de forma accidental.

Así pues, todo equipo de protección frente a contacto indirecto deberá desconectar automáticamente la parte de la instalación que supere la tensión límite convencional establecida por la normativa. Además, este corte deberá realizarse en un tiempo inferior al máximo admisible, según lo detallado en la *Tabla 5*, del apartado *5.3.3 Esquema de distribución escogido*.

En este caso particular, y debido al esquema de distribución de la instalación TN, la corriente de defecto viene definida por la baja impedancia del conductor, del orden de miliohmios, y, por tanto, la intensidad alcanza valores sumamente elevados. Es por ello por lo que, de forma general, se podrá contar con interruptores automáticos como elementos de protección frente a contactos indirectos, siempre y cuando cumplan la tercera condición detallada en el apartado *Protección frente a cortocircuitos*.

La única excepción que se tendrá en la instalación será cuando se vaya a proteger circuitos terminales. Dado que en este nivel existe alto riesgo para la salud de las personas, de acuerdo con lo dispuesto en el REBT ITC-BT-23 [10], se deberá instalar un dispositivo diferencial de alta sensibilidad -30mA-, previo cambio de sistema de distribución a TN-S; esto es, teniendo los conductores de neutro y de protección separados.

Equipos de protección

Resumiendo lo comentado en los apartados anteriores, se deberán instalar dos equipos de protección: en primer lugar, interruptores automáticos, que garanticen la protección frente a sobrecargas y, en segundo lugar, dispositivos diferenciales residuales, que protejan frente a contactos en distribución TN-S.

Interruptores automáticos

Los interruptores automáticos serán los dispositivos encargados de desconectar la parte en falta de la instalación, garantizando la protección frente a sobrecargas y contactos, por lo que deberán estar instalados en la cabecera del elemento al que protegen. Para realizar esta función, los dispositivos deben ser selectivos; esto es, sólo deberá actuar el dispositivo inmediatamente aguas arriba de la falta y, en caso de no actuar, deberá estar configurado para que actúe el inmediatamente superior.

En función del tipo de elemento a proteger y las características que lo definen, se distinguen tres interruptores automáticos:

- Interruptores automáticos modulares: Son dispositivos de uso habitual en distribución terminal, ya que tienen capacidad para soportar una corriente asignada máxima de 125 A. Se instalan en carril DIN y la curva magnetotérmica viene estipulada por el fabricante -categoría A, no retardable-. En función del tipo de receptor se distinguen las siguientes curvas características más comunes:
 - Curva B: Poder de corte diseñado para rangos de 3 a 5 veces la corriente nominal. Tiene un uso habitual para protección de generadores, personal o largas longitudes de cable.
 - Curva C: Poder de corte diseñado para rangos de 5 a 10 veces la corriente nominal. Tiene un uso habitual para protección de conductores, siendo la curva utilizada por defecto.
 - Curva D: Poder de corte diseñado para rangos de 10 a 20 veces la corriente nominal. Tiene un uso habitual para protección de motores, debido a la solicitud de corriente en el arranque.

- Interruptores automáticos de caja moldeada: Son dispositivos de uso habitual en conductores de distribución; esto es, a nivel de cuadro, ya que tienen una corriente asignada máxima del orden del kiloamperio. Se instala en carril DIN y disponen de una gama muy amplia de funcionalidades, entre las que se encuentra la regulación de las características a través del relé electrónico, lo que permite modular la selectividad entre dispositivos -categoría B, retardable-.

- Interruptores automáticos de bastidor abierto: Son dispositivos de uso común aguas arriba de la instalación; esto es, nivel de CGBT o CT, ya que el orden de magnitud de la corriente asignada máxima es de varios kiloamperios. Este interruptor, al igual que los de caja moldeada, tiene una amplia gama de funcionalidades -entre las que se encuentran enclavamientos, monitorización de desequilibrios o armónicos, etc.- y son ajustables; no obstante, este elemento debe instalarse en una estructura metálica particular.

Con respecto a la selectividad, una ausencia de la misma deriva en cortes de suministro de partes no afectadas por ninguna falta, con el consiguiente parón de motores y elementos de seguridad, además de la maquinaria al uso de la instalación. Para ello, y en la medida de lo posible, se deberán asegurar los siguientes tipos de selectividad:

- Selectividad amperimétrica: selectividad coordinada a través del valor de corriente de desconexión, dispuestas de forma escalonada tanto para sobrecarga como para cortocircuito. Este tipo de sistema no es fácil de coordinar si se quieren obtener selectividades totales, por lo que su uso queda reducido a nivel terminal.

- Selectividad cronométrica: esta selectividad está coordinada a través del valor de corriente de desconexión y el tiempo de disparo de las curvas, tanto para sobrecarga



como para cortocircuito. De esta manera, al ir aumentando los umbrales de ajuste de corriente y tiempo de disparo, se aumenta la selectividad entre protecciones. Esta selectividad se puede coordinar en equipos de categoría B y deben tener una corriente de corta duración asignada tal que soporte los esfuerzos térmicos derivados por el retardo.

En el apartado *Selección de interruptores automáticos* del ANEXO III se recogen todos los conceptos tenidos en cuenta para determinar el interruptor automático más apropiado para cada caso, así como las curvas y el grado de selectividad obtenido a nivel de cuadro mediante la herramienta *Electrical Calculation Tool* de *Schneider Electric* [17]. Además, cabe mencionar que se han intentado seleccionar los calibres siguiendo en cuenta criterios económicos; esto es, seleccionando el calibre más común y, por tanto, más económico para cada caso, dentro de la casuística y posibilidad de cada uno de los conductores.

A modo de resumen, en la tabla adjunta se enumeran todos los dispositivos a configurar en la instalación, extraídos de los catálogos de *Schneider Electric* [32-C], [33-C], [34-C]:



Tabla 12 - Interruptores automáticos: Instalación industrial

Interruptor automático											Relé de protección	
Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C1	IA1	Bastidor Abierto	MTZ2 25	H2V	4P 3R	2500	-	100	3,00	-	Micrologic 5,0 X	
C2	IA2	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	0,80	-	Micrologic 5	Total
C3	IA3	Caja Moldeada	NSX250	N	4P 3R	250	-	50	3,00	-	Micrologic 5	Total
C4	IA4	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	4,80	-	Micrologic 5	Total
C5	IA5	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	-	Micrologic 5	Total
C6	IA6	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 5	Total
C7	IA7	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 5	Total
C8	IA8	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	1,60	-	Micrologic 5	Total
C9	IA9	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,50	-	Micrologic 5	Total
C10	IA10	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	1,36	-	Micrologic 5	Total
C11	IA11	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	2,80	-	Micrologic 5	Total
C12	IA12	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	-	Micrologic 5	Total
C13	IA13	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,75	-	Micrologic 5	Total
C14	IA14	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	1,60	-	Micrologic 2	Total
C255	IA256	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,60	-	Micrologic 2	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C15	IA15	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C		Total
C16	IA16	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C17	IA17	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C18	IA18	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total



Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C19	IA19	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total
C20	IA20	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total
C21	IA21	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total
C22	IA22	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C23	IA23	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C24	IA24	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C25	IA25	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C26	IA26	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C		Total
C27	IA27	Modular	iC60N	-	3P	-	10	10	0,10	C		Total
C28	IA28	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B		Total
C29	IA29	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B		Total
C30	IA30	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C31	IA31	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C32	IA32	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C33	IA33	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C34	IA34	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C35	IA35	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C36	IA36	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	C		Total
C37	IA37	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	C		Total
C38	IA38	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	C		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C39	IA39	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C40	IA40	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total



C41	IA41	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C42	IA42	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C	Total
C43	IA43	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C44	IA44	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B	Total
C45	IA45	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B	Total
C46	IA46	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C47	IA47	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C	Total	
C48	IA48	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C	Total	
C49	IA49	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C	Total	
C50	IA50	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C	Total	
C51	IA51	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C	Total	
C52	IA52	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	C	Total	
C53	IA53	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	C	Total	

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C54	IA54	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	-	Micrologic 2	Total
C55	IA55	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	-	Micrologic 2	Total
C56	IA56	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C	Total	
C57	IA57	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	
C58	IA58	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	
C59	IA59	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	
C60	IA60	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	
C61	IA61	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	
C62	IA62	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	
C63	IA63	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total	
C64	IA64	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total	



C65 IA65 Modular iC60N - 1P+N - 25 10 0,12 B Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C66	IA66	Modular	NG125N	-	3P	-	100	25	0,48	B		2400
C67	IA67	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C68	IA68	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C69	IA69	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C70	IA70	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B		Total
C71	IA71	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B		Total
C72	IA72	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C73	IA73	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C74	IA74	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C75	IA75	Modular	NG125N	-	3P	-	100	25	0,48	B		2400
C76	IA76	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C77	IA77	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B		Total
C78	IA78	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B		Total
C79	IA79	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	B		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C80	IA80	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C81	IA81	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C82	IA82	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	B		Total
C83	IA83	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C84	IA84	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C85	IA85	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total



C86	IA86	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total
C87	IA87	Modular	NG125N	-	3P	-	80	25	0,77	C	2400
C88	IA88	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C89	IA89	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C90	IA90	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C91	IA91	Modular	iC60N	-	3P	-	40	10	0,38	C	Total	Total
C92	IA92	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total	Total
C93	IA93	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total	Total
C94	IA94	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total	Total
C95	IA95	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C96	IA96	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C97	IA97	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C98	IA98	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	B	Total	Total
C99	IA99	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	B	Total	Total
C100	IA100	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	B	Total	Total
C101	IA101	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B	Total	Total
C102	IA102	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C103	IA103	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C104	IA104	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C105	IA105	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C106	IA106	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C107	IA107	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C108	IA108	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C109	IA109	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total



C110	IA110	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C111	IA111	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C112	IA112	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C113	IA113	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C114	IA114	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C115	IA115	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C116	IA116	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B	Total	Total
C117	IA117	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C118	IA118	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C119	IA119	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C120	IA120	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C	Total	Total
C121	IA121	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C122	IA122	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total	Total
C123	IA123	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total	Total
C124	IA124	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C125	IA125	Modular	iC60N	-	3P+N	-	25	10	0,24	C	Total	Total
C126	IA126	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C127	IA127	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C128	IA128	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C129	IA129	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C130	IA130	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C131	IA131	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C132	IA132	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total
C133	IA133	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total



C134	IA134	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	Total
C135	IA135	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B		Total
C136	IA136	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C		Total
C137	IA137	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B		Total
C138	IA138	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B		Total
C139	IA139	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B		Total
C140	IA140	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B		Total
C141	IA141	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C142	IA142	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C143	IA143	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C144	IA144	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C145	IA145	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	B		Total
C146	IA146	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	B		Total
C147	IA147	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,38	C		Total
C148	IA148	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,19	B		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C149	IA149	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	C		Total
C150	IA150	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C151	IA151	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,38	C		Total
C152	IA152	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,19	B		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C153	IA153	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C154	IA154	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total



C155	IA155	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C156	IA156	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C157	IA157	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C158	IA158	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C159	IA159	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C160	IA160	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C161	IA161	Caja Moldeada	NXS100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	2400
C162	IA162	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	2400
C163	IA163	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C164	IA164	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C165	IA165	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C166	IA166	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C167	IA167	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C168	IA168	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C169	IA169	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C170	IA170	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	B	Total	Total
C171	IA171	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C172	IA172	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C173	IA173	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C174	IA174	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C175	IA175	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C176	IA176	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C177	IA177	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C178	IA178	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total



C179	IA179	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C180	IA180	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C181	IA181	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C182	IA182	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C183	IA183	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C184	IA184	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C185	IA185	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C186	IA186	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C187	IA187	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C188	IA188	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	C	6000
C189	IA189	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	C	6000
C190	IA190	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	C	6000

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C191	IA191	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C192	IA192	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C	Total	Total
C193	IA193	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C194	IA194	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C195	IA195	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C196	IA196	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C197	IA197	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C198	IA198	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C199	IA199	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C200	IA200	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C201	IA201	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C202	IA202	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C203	IA203	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C204	IA204	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C205	IA205	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C206	IA206	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	C	6000
C207	IA207	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,24	B	6000
C208	IA208	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	C	6000
C209	IA209	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C210	IA210	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	C	Total
C211	IA211	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	C	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C212	IA212	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	2400
C213	IA213	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C214	IA214	Modular	iC60N	-	3P	-	25	10	0,24	C	Total	Total
C215	IA215	Modular	iC60N	-	3P	-	25	10	0,24	C	Total	Total
C216	IA216	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C217	IA217	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C218	IA218	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total
C219	IA219	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	B	Total	Total
C220	IA220	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	C	Total	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C221	IA221	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C222	IA222	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C223	IA223	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C224	IA224	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C225	IA225	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C226	IA226	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total	Total
C227	IA227	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B	Total	Total



Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C228	IA228	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	18	1,50	-	Micrologic 2	2400
C229	IA229	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	-	Micrologic 2	2400
C230	IA230	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C		Total
C231	IA231	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	B		Total
C232	IA232	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C233	IA233	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C234	IA234	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B		Total
C235	IA235	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B		Total
C236	IA236	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B		Total
C237	IA237	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	C		Total
C238	IA238	Modular	iC60N	-	3P	-	63	10	0,60	C		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C239	IA239	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C240	IA240	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C241	IA241	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C242	IA242	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C243	IA243	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C244	IA244	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C245	IA245	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C246	IA246	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
C247	IA247	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	C		Total
C248	IA248	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total
C249	IA249	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C		Total



C250	IA250	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C251	IA251	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	C	Total
C252	IA252	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,24	C	Total
C253	IA253	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,24	C	Total
C254	IA254	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	B	Total

Cable	Interruptor	Modelo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Curva	Nombre	Selectividad
IFV-C	IA296	Bastidor Abierto	MTZ1 16	H2	4P 3R	1600	-	50	1,50	-	Micrologic 2	37500

Dispositivo Diferencial Residual

El dispositivo diferencial residual -DDR- es un elemento de protección que tiene como objetivo proteger a personas contra los riesgos de la corriente eléctrica ante contactos indirectos y ante directos, aunque no sea su función. El fundamento de funcionamiento del dispositivo es mediante la monitorización de las fugas a tierra; esto es, comprobar que la corriente de entrada y la de salida respecto del dispositivo sea la misma.

Teniendo en cuenta que la localización de estos dispositivos será en puntos cuya configuración sea TN-S, se utilizarán de dos polos -F+N-, si se alimenta carga monofásica, o de cuatro -3F+N-, si la carga es trifásica. Así mismo, se pueden seleccionar cuatro clases, en función del tipo de corriente de fuga prevista:

- Clase AC: Carga cuya onda sea puramente sinusoidal; esto es, cargas lineales que tengan control de fase como el alumbrado de la instalación.
- Clase A: Cargas cuya onda sea sinusoidal, pero que, además, esté tratada a través de la electrónica de potencia; esto es, cargas rectificadas como las tomas de corriente de la instalación.
- Clase F: Cargas que, además de lo dispuesto previamente, contienen variadores o convertidores monofásicos de alta frecuencia como los motores o herramientas eléctricas de la instalación.
- Clase B: Cargas que, además de lo dispuesto previamente, contienen variadores o convertidores trifásicos de alta frecuencia y componente de corriente continua, como sistemas de alimentación ininterrumpida, sistemas fotovoltaicos o cargadores de vehículos eléctricos.

Los DDR también tienen que configurarse entre sí para que sean selectivos verticalmente; no obstante, dado que en esta aplicación el único nivel con este equipamiento será el terminal, no se tendrá que configurar dicha selectividad. Así pues, a modo de resumen se recogen los dispositivos que se van a utilizar a la hora de proteger los circuitos terminales frente a contactos indirectos, extraídos de los catálogos de Schneider Electric [42-C]:

Tabla 13 - Dispositivos Diferenciales Residuales: Instalación Industrial

Cable	Nombre	Calibre	Polos	Tipo	Cable	Nombre	Calibre	Polos	Tipo
C15	Vigi iC60	25	2P	A	C140	Vigi iC60	25	2P	A
C16	Vigi iC60	25	2P	A	C141	Vigi iC60	25	2P	A
C17	Vigi iC60	25	2P	A	C145	Vigi iC60	25	4P	A
C18	Vigi iC60	25	2P	A	C146	Vigi iC60	63	4P	A
C22	Vigi iC60	25	2P	A	C147	Vigi iC60	63	4P	A
C23	Vigi iC60	25	2P	A	C148	Vigi iC60	63	4P	A
C24	Vigi iC60	25	2P	A	C149	Vigi iC60	25	4P	A
C25	Vigi iC60	25	2P	A	C151	Vigi iC60	63	4P	A



C26	Vigi iC60	25	2P	A	C152	Vigi iC60	63	4P	A
C28	Vigi iC60	25	2P	A	C153	Vigi iC60	25	2P	A
C29	Vigi iC60	25	2P	A	C154	Vigi iC60	25	2P	A
C30	Vigi iC60	25	2P	A	C155	Vigi iC60	25	2P	A
C33	Vigi iC60	25	4P	A	C156	Vigi iC60	25	2P	A
C34	Vigi iC60	25	4P	A	C157	Vigi iC60	25	2P	A
C36	Vigi iC60	63	4P	A	C158	Vigi iC60	25	2P	A
C37	Vigi iC60	63	4P	A	C159	Vigi iC60	25	2P	A
C38	Vigi iC60	63	4P	A	C160	Vigi iC60	25	2P	A
C41	Vigi iC60	25	4P	A	C163	Vigi iC60	25	2P	A
C43	Vigi iC60	25	4P	A	C164	Vigi iC60	25	2P	A
C44	Vigi iC60	63	4P	A	C165	Vigi iC60	25	2P	A
C45	Vigi iC60	63	4P	A	C166	Vigi iC60	25	2P	A
C46	Vigi iC60	63	4P	A	C167	Vigi iC60	25	2P	A
C49	Vigi iC60	25	4P	A	C168	Vigi iC60	25	2P	A
C50	Vigi iC60	25	4P	A	C169	Vigi iC60	25	2P	A
C51	Vigi iC60	25	4P	A	C170	Vigi iC60	25	2P	A
C52	Vigi iC60	63	4P	A	C171	Vigi iC60	25	4P	A
C53	Vigi iC60	63	4P	A	C172	Vigi iC60	25	2P	A
C57	Vigi iC60	25	2P	A	C173	Vigi iC60	25	2P	A
C58	Vigi iC60	25	2P	A	C174	Vigi iC60	25	2P	A
C59	Vigi iC60	25	2P	A	C175	Vigi iC60	25	2P	A
C60	Vigi iC60	25	2P	A	C176	Vigi iC60	25	2P	A
C61	Vigi iC60	25	2P	A	C177	Vigi iC60	25	2P	A
C62	Vigi iC60	25	2P	A	C178	Vigi iC60	25	2P	A
C63	Vigi iC60	25	2P	A	C179	Vigi iC60	25	2P	A
C64	Vigi iC60	25	2P	A	C180	Vigi iC60	25	2P	A
C65	Vigi iC60	25	2P	A	C181	Vigi iC60	25	2P	A
C67	Vigi iC60	25	4P	A	C182	Vigi iC60	25	2P	A
C69	Vigi iC60	25	4P	A	C183	Vigi iC60	25	2P	A
C70	Vigi iC60	63	4P	A	C184	Vigi iC60	25	2P	A
C71	Vigi iC60	63	4P	A	C185	Vigi iC60	25	2P	A
C73	Vigi iC60	25	4P	A	C186	Vigi iC60	25	2P	A
C77	Vigi iC60	63	4P	A	C187	Vigi iC60	25	2P	A
C78	Vigi iC60	63	4P	A	C188	Vigi iC60	63	2P	A
C79	Vigi iC60	25	4P	A	C189	Vigi iC60	63	2P	A
C80	Vigi iC60	25	2P	A	C190	Vigi iC60	63	2P	A
C81	Vigi iC60	25	2P	A	C191	Vigi iC60	25	2P	A
C82	Vigi iC60	25	2P	A	C192	Vigi iC60	25	2P	A
C83	Vigi iC60	25	2P	A	C193	Vigi iC60	25	2P	A
C84	Vigi iC60	25	2P	A	C194	Vigi iC60	25	2P	A
C85	Vigi iC60	25	2P	A	C195	Vigi iC60	25	2P	A
C86	Vigi iC60	25	2P	A	C196	Vigi iC60	25	2P	A
C89	Vigi iC60	25	2P	A	C197	Vigi iC60	25	2P	A
C90	Vigi iC60	25	2P	A	C198	Vigi iC60	25	2P	A
C92	Vigi iC60	25	2P	A	C199	Vigi iC60	25	2P	A



C93	Vigi iC60	25	2P	A	C200	Vigi iC60	25	2P	A
C94	Vigi iC60	25	2P	A	C201	Vigi iC60	25	2P	A
C95	Vigi iC60	25	2P	A	C202	Vigi iC60	25	2P	A
C96	Vigi iC60	25	2P	A	C203	Vigi iC60	25	2P	A
C97	Vigi iC60	25	2P	A	C204	Vigi iC60	25	2P	A
C98	Vigi iC60	25	2P	A	C205	Vigi iC60	25	2P	A
C99	Vigi iC60	25	2P	A	C206	Vigi iC60	63	2P	A
C100	Vigi iC60	25	2P	A	C207	Vigi iC60	63	2P	A
C101	Vigi iC60	25	2P	A	C208	Vigi iC60	63	2P	A
C102	Vigi iC60	25	2P	A	C209	Vigi iC60	25	2P	A
C103	Vigi iC60	25	2P	A	C210	Vigi iC60	25	2P	A
C104	Vigi iC60	25	2P	A	C211	Vigi iC60	25	2P	A
C105	Vigi iC60	25	2P	A	C219	Vigi iC60	25	4P	A
C106	Vigi iC60	25	2P	A	C221	Vigi iC60	63	2P	A
C107	Vigi iC60	25	2P	A	C222	Vigi iC60	63	2P	A
C108	Vigi iC60	25	2P	A	C223	Vigi iC60	63	2P	A
C109	Vigi iC60	25	2P	A	C224	Vigi iC60	25	2P	A
C110	Vigi iC60	25	2P	A	C225	Vigi iC60	25	2P	A
C111	Vigi iC60	25	2P	A	C226	Vigi iC60	25	2P	A
C112	Vigi iC60	25	2P	A	C227	Vigi iC60	25	2P	A
C113	Vigi iC60	25	2P	A	C230	Vigi iC60	25	2P	A
C114	Vigi iC60	25	2P	A	C231	Vigi iC60	25	2P	A
C115	Vigi iC60	25	2P	A	C234	Vigi iC60	25	2P	A
C116	Vigi iC60	25	2P	A	C235	Vigi iC60	25	2P	A
C117	Vigi iC60	25	2P	A	C236	Vigi iC60	25	2P	A
C121	Vigi iC60	25	4P	A	C239	Vigi iC60	25	2P	A
C122	Vigi iC60	25	2P	A	C240	Vigi iC60	25	2P	A
C123	Vigi iC60	25	2P	A	C241	Vigi iC60	25	2P	A
C124	Vigi iC60	25	2P	A	C242	Vigi iC60	25	2P	A
C125	Vigi iC60	25	4P	A	C243	Vigi iC60	25	2P	A
C126	Vigi iC60	25	2P	A	C244	Vigi iC60	25	2P	A
C127	Vigi iC60	25	2P	A	C245	Vigi iC60	25	2P	A
C128	Vigi iC60	25	2P	A	C246	Vigi iC60	25	2P	A
C129	Vigi iC60	25	2P	A	C247	Vigi iC60	25	2P	A
C130	Vigi iC60	25	2P	A	C248	Vigi iC60	25	2P	A
C131	Vigi iC60	25	2P	A	C249	Vigi iC60	25	2P	A
C135	Vigi iC60	25	2P	A	C250	Vigi iC60	25	2P	A
C136	Vigi iC60	25	2P	A	C251	Vigi iC60	25	2P	A
C137	Vigi iC60	25	2P	A	C252	Vigi iC60	25	2P	A
C138	Vigi iC60	25	2P	A	C253	Vigi iC60	25	2P	A
C139	Vigi iC60	25	2P	A	C254	Vigi iC60	25	2P	A

5.5.2 Dimensionamiento mediante CANECO

Para ratificar los cálculos realizados en el diseño y dimensionamiento de la instalación industrial, se han insertado todos los datos relativos a la misma en el software de diseño de instalaciones de baja tensión *ALPI: CANECO* [20]

Así pues, teniendo en cuenta lo dispuesto en el apartado *CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN: CANECO* donde quedan recogidas las consideraciones realizadas y los resultados obtenidos, se puede afirmar que la instalación se ha dimensionado correctamente y en base a los criterios estipulados en la normativa vigente.

Los resultados realizados manualmente y los obtenidos a través del software difieren en algunos puntos debido a que los criterios de selección de dispositivos no se han considerado los mismos; esto es, el software calcula la aparamenta a utilizar con el único criterio de satisfacer lo dispuesto en la normativa, mientras que en el cálculo manual se ha usado el criterio previamente citado, además del de aumentar lo máximo posible la selectividad entre protecciones y el de reducir lo máximo posible el coste de los dispositivos, eligiendo calibres de uso lo más extendido posible.

5.6 Dimensionado de la instalación fotovoltaica

5.6.1 Superficie útil

De acuerdo con los datos extraídos acerca de las dimensiones de la nave industrial, y teniendo en cuenta que el generador fotovoltaico estará instalado en la cubierta del edificio, la superficie accesible para la instalación de los módulos fotovoltaicos es de 21.732,5 m².

No obstante, tras los cálculos realizados y habiendo atendido a las condiciones de localización de la nave industrial, la superficie útil requerida para su funcionamiento se limita a un total de 4.701 m² de superficie destinada a la instalación de módulos fotovoltaicos.

5.6.2 Previsión de condiciones de generación

Para calcular la previsión de generación, primeramente, se han determinado las condiciones de generación mediante cálculos manuales que, posteriormente, se han complementado con un estudio en detalle a través del software PVSYST [18]. Los cálculos realizados para ambos estudios están incluidos en el apartado *CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO* del ANEXO III, así como la ubicación de la aparamenta que lo caracteriza, en los planos del *Esquemático: Instalación Fotovoltaica* del ANEXO II.

Tal y como se ha concluido en los cálculos realizados, los módulos fotovoltaicos estarán colocados a una inclinación óptima -no se produce pérdida alguna debido a la inclinación de los módulos- de 36º respecto del deck de la cubierta, ya que la nave industrial cuenta con un azimut de 17º respecto del sur.



Por otro lado, tras el estudio de estimación de pérdidas realizado en el apartado *Estimación de pérdidas* del ANEXO III, se observa que, en el peor de las situaciones, la instalación fotovoltaica tendrá una eficiencia mínima de, aproximadamente, el 85% de la energía generada, de acuerdo con el diagrama de pérdidas adjunto:

Loss diagram for "IFV Carretillas elevadoras eléctricas" - year

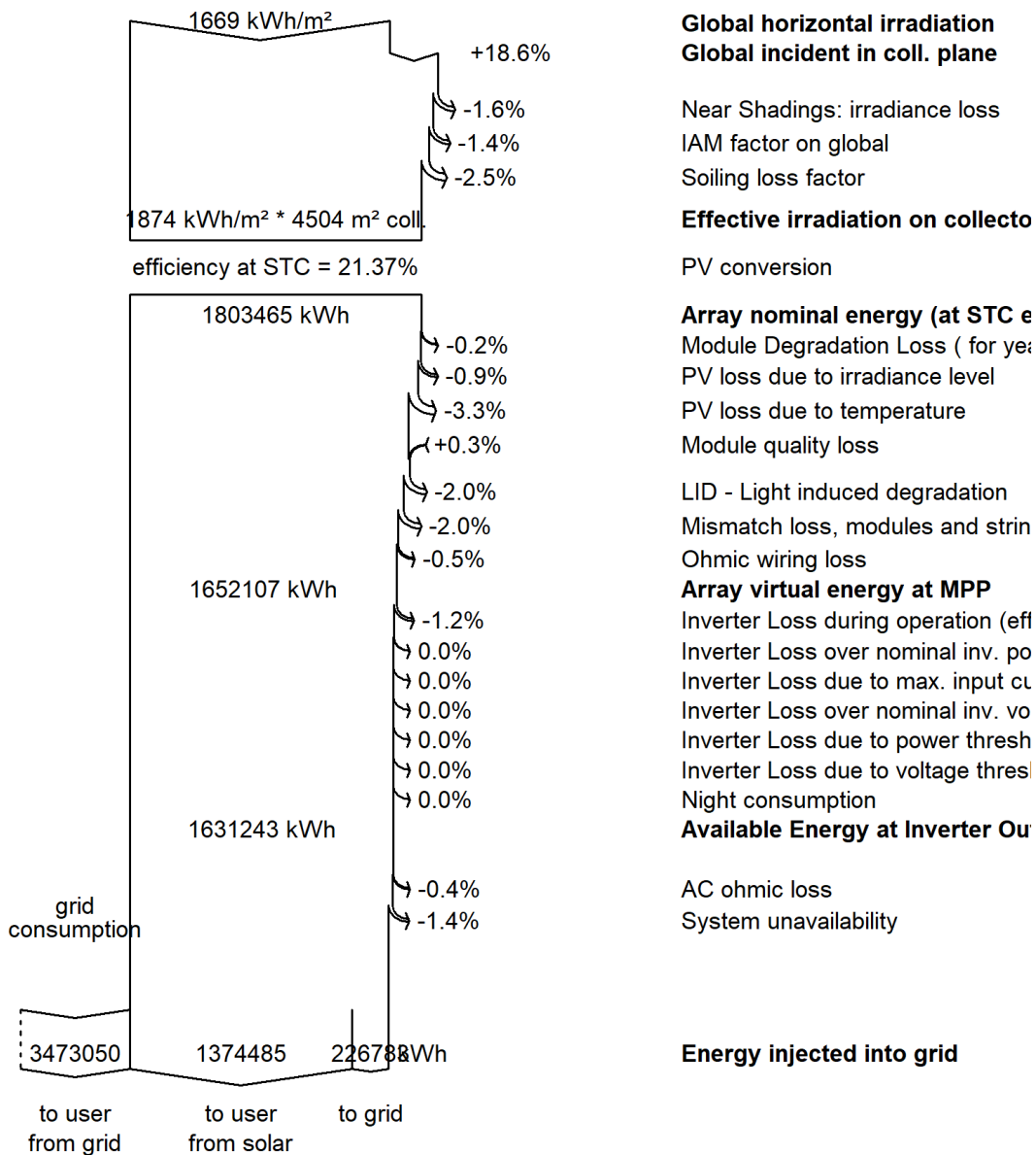


Ilustración 25 - Diagrama de pérdidas de la instalación fotovoltaica [18]

Con todo ello, y en base al modelo probabilístico facilitado por el software utilizado, se estima que se logrará una producción energética superior a los 1500 MWh con una probabilidad del 95%. Esto se logra gracias al uso de 2128 módulos configurados en strings de 19 módulos distanciados 14m entre ramas ubicadas en distintas filas, lo que hace obtener las siguientes propiedades:

Tabla 14 - Propiedades generador fotovoltaico

CARACTERÍSTICA	VALOR
NÚMERO DE MÓDULOS (SERIE X PARALELO)	2128 (19x112)
NÚMERO DE INVERSORES	9
POTENCIA PICO [KWP]	957,6
TENSIÓN EN VACÍO [V]	932,9
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO [KA]	1,3
TENSIÓN EN MÁXIMA POTENCIA [V]	780,9
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA [KA]	1,228

De forma complementaria, en el apartado *Modelización en MATLAB/SIMULINK* se incluye la modelización de estas características.

Dimensionado de los conductores

El dimensionado de los conductores se dividirá en dos, a razón del tipo de corriente que impere en cada punto; esto es, continua o alterna. En cualquier caso, la metodología de cálculo será la misma que la realizada en la instalación industrial y, por tanto, se elegirá la sección más restrictiva -la mayor- en cada caso, entre la calculada térmicamente y la calculada mediante el criterio de caída de tensión.

Así pues, los criterios empleados para el cálculo están recogidos en el apartado *Instalación fotovoltaica* del ANEXO III; no obstante, en la tabla adjunta se recogen de forma resumida los datos de los conductores a emplear:

Tabla 15 - Sección de conductores: Instalación fotovoltaica

Inicio	Fin	Cable	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm ²]	S PEN [mm ²]
CGBT	C-IFV	IFV-AC-C1 (6)	18,00	0,47	70	35
C-IFV	Inversor 1	IFV-AC-C2	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 2	IFV-AC-C3	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 3	IFV-AC-C4	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 4	IFV-AC-C5	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 5	IFV-AC-C6	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 6	IFV-AC-C7	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 7	IFV-AC-C8	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 8	IFV-AC-C9	4,00	0,67	25	16
C-IFV	Inversor 9	IFV-AC-C10	4,00	0,67	35	16

Inicio	Fin	Cable	CaídaV [%]	L [m]	S instalar [mm ²]
Inversor 1	SB1	IFV-DC-C1 (4)	0,89	156,19	35
Inversor 2	SB2	IFV-DC-C2 (3)	0,83	107,37	35
Inversor 3	SB3	IFV-DC-C3 (3)	0,71	92,16	35
Inversor 4	SB4	IFV-DC-C4 (2)	0,76	63,38	35



Inversor 5	SB5	IFV-DC-C5 (2)	0,84	48,88	25
Inversor 6	SB6	IFV-DC-C6 (1)	0,86	20,38	25
Inversor 7	SB7	IFV-DC-C7 (1)	0,92	21,75	25
Inversor 8	SB8	IFV-DC-C8 (2)	0,80	46,42	25
Inversor 9	SB9	IFV-DC-C9 (4)	0,88	114,00	35

Inicio	String	Cable	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB1	1	IFV-DC-C10	57,6	1,28	10
SB1	2	IFV-DC-C11	57,3	1,28	10
SB1	3	IFV-DC-C12	79,0	1,42	10
SB1	4	IFV-DC-C13	79,1	1,42	10
SB1	5	IFV-DC-C14	80,2	1,43	10
SB1	6	IFV-DC-C15	80,6	1,43	10
SB1	7	IFV-DC-C16	62,9	1,31	10
SB1	8	IFV-DC-C17	63,0	1,31	10
SB1	9	IFV-DC-C18	45,3	1,20	10
SB1	10	IFV-DC-C19	45,5	1,20	10
SB1	11	IFV-DC-C20	24,8	1,06	10
SB1	12	IFV-DC-C21	26,7	1,07	10

String	String	StringBox 2	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB2	13	IFV-DC-C22	42,7	1,11	10
SB2	14	IFV-DC-C23	39,7	1,09	10
SB2	15	IFV-DC-C24	60,0	1,23	10
SB2	16	IFV-DC-C25	59,5	1,23	10
SB2	17	IFV-DC-C26	77,3	1,34	10
SB2	18	IFV-DC-C27	76,8	1,34	10
SB2	19	IFV-DC-C28	94,3	1,46	10
SB2	20	IFV-DC-C29	93,9	1,45	10
SB2	21	IFV-DC-C30	97,1	1,48	10
SB2	22	IFV-DC-C31	96,9	1,47	10
SB2	23	IFV-DC-C32	78,9	1,35	10
SB2	24	IFV-DC-C33	78,8	1,35	10

String	String	StringBox 3	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB3	25	IFV-DC-C34	66,6	1,15	10
SB3	26	IFV-DC-C35	65,6	1,15	10
SB3	27	IFV-DC-C36	41,3	0,99	10
SB3	28	IFV-DC-C37	39,2	0,97	10
SB3	29	IFV-DC-C38	37,0	0,96	10
SB3	30	IFV-DC-C39	38,7	0,97	10
SB3	31	IFV-DC-C40	62,7	1,13	10
SB3	32	IFV-DC-C41	63,2	1,13	10
SB3	33	IFV-DC-C42	82,4	1,26	10
SB3	34	IFV-DC-C43	83,2	1,27	10



SB3	35	IFV-DC-C44	102,5	1,39	10
SB3	36	IFV-DC-C45	102,7	1,40	10
String	String	StringBox 4	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB4	37	IFV-DC-C46	106,7	1,47	10
SB4	38	IFV-DC-C47	105,6	1,46	10
SB4	39	IFV-DC-C48	87,0	1,33	10
SB4	40	IFV-DC-C49	85,8	1,33	10
SB4	41	IFV-DC-C50	65,9	1,19	10
SB4	42	IFV-DC-C51	65,0	1,19	10
SB4	43	IFV-DC-C52	40,4	1,02	10
SB4	44	IFV-DC-C53	38,3	1,01	10
SB4	45	IFV-DC-C54	36,1	1,00	10
SB4	46	IFV-DC-C55	38,2	1,01	10
SB4	47	IFV-DC-C56	62,2	1,17	10
SB4	48	IFV-DC-C57	62,9	1,17	10

String	String	StringBox 5	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB5	49	IFV-DC-C58	75,5	1,34	10
SB5	50	IFV-DC-C59	75,2	1,34	10
SB5	51	IFV-DC-C60	93,0	1,46	10
SB5	52	IFV-DC-C61	92,8	1,46	10
SB5	53	IFV-DC-C62	88,5	1,43	10
SB5	54	IFV-DC-C63	87,8	1,42	10
SB5	55	IFV-DC-C64	69,3	1,30	10
SB5	56	IFV-DC-C65	68,9	1,30	10
SB5	57	IFV-DC-C66	51,4	1,18	10
SB5	58	IFV-DC-C67	51,4	1,18	10
SB5	59	IFV-DC-C68	30,5	1,04	10
SB5	60	IFV-DC-C69	32,7	1,06	10

String	String	StringBox 6	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB6	61	IFV-DC-C70	39,5	1,13	10
SB6	62	IFV-DC-C71	36,5	1,11	10
SB6	63	IFV-DC-C72	55,6	1,23	10
SB6	64	IFV-DC-C73	55,7	1,23	10
SB6	65	IFV-DC-C74	73,0	1,35	10
SB6	66	IFV-DC-C75	72,9	1,35	10
SB6	67	IFV-DC-C76	63,3	1,28	10
SB6	68	IFV-DC-C77	69,9	1,33	10
SB6	69	IFV-DC-C78	51,3	1,20	10
SB6	70	IFV-DC-C79	51,1	1,20	10
SB6	71	IFV-DC-C80	29,7	1,06	10
SB6	72	IFV-DC-C81	31,2	1,07	10

String	String	StringBox 7	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB7	73	IFV-DC-C82	33,5	1,14	10



SB7	74	IFV-DC-C83	30,4	1,12	10
SB7	75	IFV-DC-C84	50,1	1,26	10
SB7	76	IFV-DC-C85	50,2	1,26	10
SB7	77	IFV-DC-C86	67,7	1,37	10
SB7	78	IFV-DC-C87	67,5	1,37	10
SB7	79	IFV-DC-C88	52,1	1,27	10
SB7	80	IFV-DC-C89	52,2	1,27	10
SB7	81	IFV-DC-C90	31,1	1,13	10
SB7	82	IFV-DC-C91	32,8	1,14	10
SB7	83	IFV-DC-C92	39,7	1,19	10
SB7	84	IFV-DC-C93	42,2	1,20	10

String	String	StringBox 8	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB8	85	IFV-DC-C94	51,4	1,14	10
SB8	86	IFV-DC-C95	51,9	1,14	10
SB8	87	IFV-DC-C96	71,1	1,27	10
SB8	88	IFV-DC-C97	71,9	1,28	10
SB8	89	IFV-DC-C98	74,1	1,29	10
SB8	90	IFV-DC-C99	74,4	1,29	10
SB8	91	IFV-DC-C100	56,9	1,18	10
SB8	92	IFV-DC-C101	57,1	1,18	10
SB8	93	IFV-DC-C102	36,9	1,04	10
SB8	94	IFV-DC-C103	39,0	1,06	10
SB8	95	IFV-DC-C104	61,5	1,21	10
SB8	96	IFV-DC-C105	64,1	1,22	10

String	String	StringBox 9	L [m]	CaídaV [%]	S instalar [mm2]
SB9	97	IFV-DC-C106	76,7	1,39	10
SB9	98	IFV-DC-C107	76,5	1,39	10
SB9	99	IFV-DC-C108	66,4	1,32	10
SB9	100	IFV-DC-C109	65,3	1,31	10
SB9	101	IFV-DC-C110	41,6	1,16	10
SB9	102	IFV-DC-C111	38,4	1,14	10
SB9	103	IFV-DC-C112	23,9	1,04	10
SB9	104	IFV-DC-C113	23,9	1,04	10
SB9	105	IFV-DC-C114	46,3	1,19	10
SB9	106	IFV-DC-C115	46,9	1,19	10
SB9	107	IFV-DC-C116	42,2	1,16	10
SB9	108	IFV-DC-C117	43,8	1,17	10
SB9	109	IFV-DC-C118	49,4	1,21	10
SB9	110	IFV-DC-C119	51,0	1,22	10
SB9	111	IFV-DC-C120	60,8	1,28	10
SB9	112	IFV-DC-C121	61,9	1,29	10

Dimensionado de las protecciones

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado *Protecciones* de la sección 5.4.3 *Instalación del generador fotovoltaico*, la única protección que se debe dimensionar será la que garantice la desconexión del generador fotovoltaico, ya que el resto vienen implementadas en el equipamiento que se va a instalar.

En este sentido, dado que el RD 1663/2000 [24] indica que deberá existir un interruptor general manual en el centro de contadores de la instalación, cuyo acceso y propiedad sea exclusiva de la distribuidora, se duplicará el interruptor automático dimensionado.

Siguiendo, por tanto, los criterios de cálculo especificados en los apartados *CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO* [13] y *CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN* [13] del ANEXO III, el interruptor automático a instalar será el siguiente:

Tabla 16 - Interruptor automático: Instalación fotovoltaica

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO								RELÉ		
Cable	Interruptor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	Pdc último [kA]	I_m [kA]	Nombre	Selectividad
C255	IA255	Bastidor Abierto	MTZ1 16	H2	4P 3R	1600	50	1600	Micrologic 2	37500

Con respecto a los contactos indirectos, cabe mencionar que no se requerirá ningún dispositivo adicional al que incorporan los inversores, ya que el generador fotovoltaico estará conectado a la red de tierras del edificio. Esto es debido a que, gracias al tipo de puesta a tierra global del sistema, se consiguen unificar todas las puestas a tierra de las instalaciones industriales, sin que se ponga en riesgo las vidas del personal que trabaje en la instalación. Además, de forma complementaria los inversores incorporarán dispositivos de control de aislamiento que monitorizarán el sistema para avisar ante una posible fuga a tierra.

5.7 Compensación del factor de potencia

La maquinaria dimensionada en la instalación, además del mencionado consumo de energía activa, solicita energía reactiva inductiva; esto es, los receptores absorben de la red una energía específica destinada a generar campos magnéticos. Si bien es cierto que es una energía necesaria para el funcionamiento del sistema, es interesante que se disponga de una aparamenta propia que sea capaz de generarla, ya que, gracias a ella, no sólo se reduce la energía facturada sino que, además, se logra una optimización de la instalación industrial; es decir, entre otras ventajas, se consigue una reducción de la caída de tensión en las líneas, lo que conlleva a una optimización del dimensionamiento de las líneas, o se logra un aumento de la potencia disponible.

Como se ha comentado en el apartado 5.2 *Previsión de cargas*, la instalación industrial no se desarrolla bajo los parámetros de consumo de potencia reactiva estipulados en la norma particular de la distribuidora [3]. Por lo tanto, con el fin de minimizar su consumo, se va a instalar una batería de condensadores que optimice el factor de potencia de 0,89 hasta valores cercanos al 0,98.

Así pues, la energía reactiva a compensar viene definida por la siguiente expresión:

$$Q_{compensación} = P \cdot (tg(\varphi_{inst}) - tg(\varphi_{compensada})) = 1472,45 \cdot (0,292 - 0,203) = 131,05 \text{ kVAr} \quad (1)$$

Buscando, por tanto, aparamenta que genere dicha cantidad de energía reactiva y entrando con el valor obtenido en el catálogo de Cisar sobre baterías automáticas de condensadores [45-C], se concluye que se deberá instalar un banco Phicap 400V M 225_01 de 137,5 kVAr, que, además, incluye la protección asociada a la instalación del banco.

Por último, la instalación del banco de condensadores se realizará mediante un circuito de ternas unipolares de cobre de 70 mm² de sección y PEN de 35 mm², de acuerdo con lo mencionado en el apartado *CÁLCULO DE CONDUCTORES* [13] del ANEXO III y estará protegida con un interruptor automático con capacidad de corte de 200 A, de acuerdo con los cálculos realizados en el apartado del ANEXO III.

5.8 Centro de transformación

A fin de cumplir con la normativa vigente en relación con las instalaciones de alta tensión, se han previsto equipos fabricados por la compañía homologada por la distribuidora: Ormazabal [44-C].

Como se ha mencionado previamente en el apartado 5.2 *Previsión de cargas*, se dispondrá de dos transformadores de potencia de 800 kV [30-C], así como de las celdas de protección y medida detalladas en el apartado 5.4.1 *Acometida*, en dos centros de transformación prefabricados de Ormazabal, uno para la compañía, PFU-4, [29-C] y otro para el cliente, PFU-7 [29-C].

Las características constructivas de los centros están dispuestas en los planos 64 y 65 del apartado *Planos de Centros de Transformación y Seccionamiento* [29-C] del ANEXO II y sirven como cerramiento para las celdas de media tensión requeridas para el correcto suministro de energía eléctrica a la instalación industrial. De acuerdo con el esquema unifilar adjunto, se detallan las celdas requeridas en los centros de transformación:

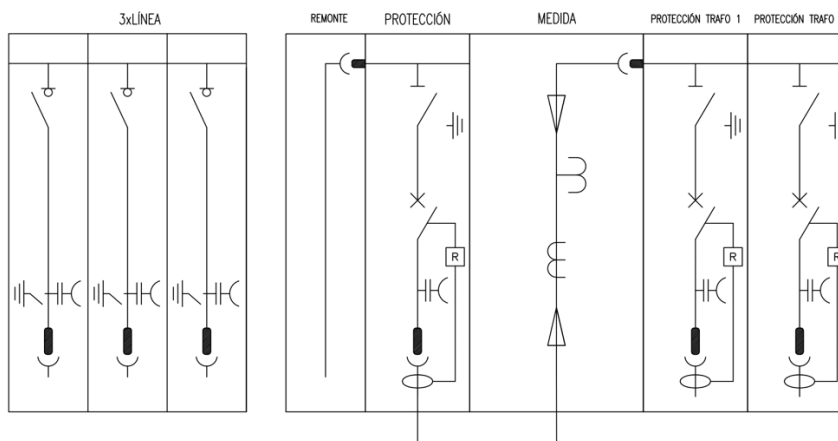


Ilustración 26 - Unifilar de Media Tensión [29-C]

Así pues, se deberán instalar celdas de aislamiento en SF₆ para instalación de interior, de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200 [26], de acero inoxidable, con tres divisores capacitivos de 24 kV y con alta resistencia a la corrosión.

En clave de seguridad, deberán disponer de los enclavamientos correspondientes para que se asegure la imposibilidad de acceso y/o maniobra del equipo hasta que se haya conectado a tierra. Así pues, se deberá asegurar que la conexión entre interruptor y seccionador de puesta a tierra no estén conectados de forma simultánea; esto es, no se podrá conectar el seccionador con la celda cerrada, ni cerrar la celda con el seccionador conectado.

Se deberá asegurar que cumplen con grados de protección IP 2XD en celda y mecanismos e IP X/ en cuba, según EN 60529 [31], así como IK 08 en cubiertas metálicas e IK 09 en cuba, según EN 62262 [32]. La clasificación IAC de todas las celdas deberá ser AFL.

Como se observa en el esquema unifilar, se tienen dos bloques principales, correspondientes a las celdas de MT de la compañía distribuidora, recogidas en la PFU-4, y las del cliente, recogidas en la PFU-7.

5.8.1. Centro de Seccionamiento PFU-4

Con respecto al CT de la compañía, se instalarán celdas de líneas trifásicas en un centro prefabricado PFU-4, de Ormazabal [29-C], de 4460 x 2380 x 3045 mm. La celda de línea estará conformada por módulos metálicos y aislamiento en SF₆. En el interior existirá un embarrado de cobre con derivación de interruptor-seccionador rotativo de tres posiciones. Además, los interruptores-seccionadores de puesta a tierra estarán ubicados en el interior, en SF₆, y sellados de por vida.

Los cables de acometida entrarán por la parte inferior y se unirán mediante bornas enchufables. Dispondrán de captadores capacitivos. Las especificaciones de las celdas de línea serán las siguientes:



Celda de línea

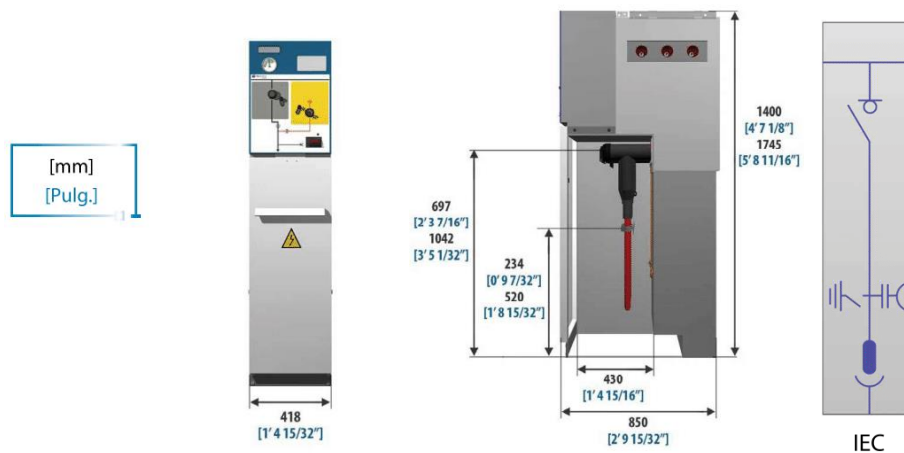


Ilustración 27 - Celda de MT de línea (BIM y esquema) [44-C]

Tabla 17 - Celda de línea cgcocosmos-3l

CELDA DE LÍNEA	CGCOSMOS – 3L
TENSIÓN ASIGNADA [KV]	24
INTENSIDAD ASIGNADA [A]	400
INTENSIDAD DE CORTA DURACIÓN EFICAZ -1S- [KA]	21
INTENSIDAD DE CORTA DURACIÓN CRESTA -1S- [KA]	52.5
AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL [KV]	50
AISLAMIENTO IMPULSO TIPO RAYO [KV]	125
CAPACIDAD DE CIERRE [KA]	52.5
CAPACIDAD DE CORTE [A]	400
FUNCIÓN	Triple de línea
OBSERVACIONES	Las posiciones de línea incluyen derivación interruptor-seccionador rotativo con posición de puesta a tierra, así como captadores capacitivos.

5.8.2. Centro de Transformación PFU-7

El Centro de Transformación PFU-7 [29-C], de Ormazabal de 8080 x 2380 x 3250 mm, destinado a la instalación acometida de Media Tensión por parte del cliente, vendrá compuesto por una celda de remonte, una de protección, una de medida, dos de protección de los transformadores y, finalmente, los transformadores correspondientes

Así pues, el equipo instalado deberá reunir las siguientes condiciones:



Celda de remonte

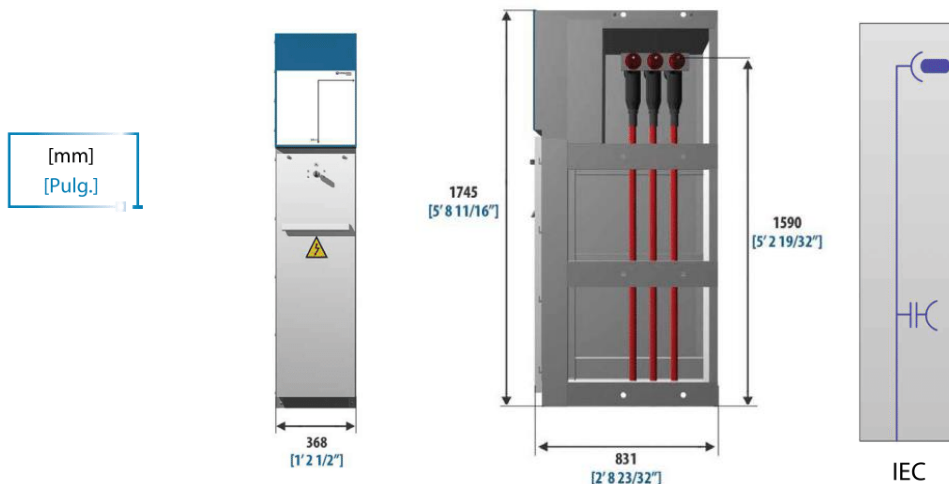


Ilustración 28 - Celda de MT de remonte (BIM y esquema) [44-C]

Tabla 18 - Celda de remonte cgcocosmos-rc

CELDA DE REMONTE	CGCOSMOS – RC
TENSIÓN ASIGNADA [KV]	24
OBSERVACIONES	Módulo metálico de chapa galvanizada, con el fin de realizar el remonte desde la parte inferior hacia la superior de las celdas. Dispone de unión mecánica con las adyacentes.

Celda de protección

La celda de protección estará conformada por módulos metálicos y aislamiento en SF₆. En el interior existirá un embarrado de cobre con derivación de interruptor-seccionador rotativo de tres posiciones. Además, dispondrá de captadores capacitivos.

Esta celda de protección será válida tanto para la celda general de protección, como para las protecciones de cada uno de los transformadores de potencia, ubicados en la última etapa del esquema de Media Tensión:

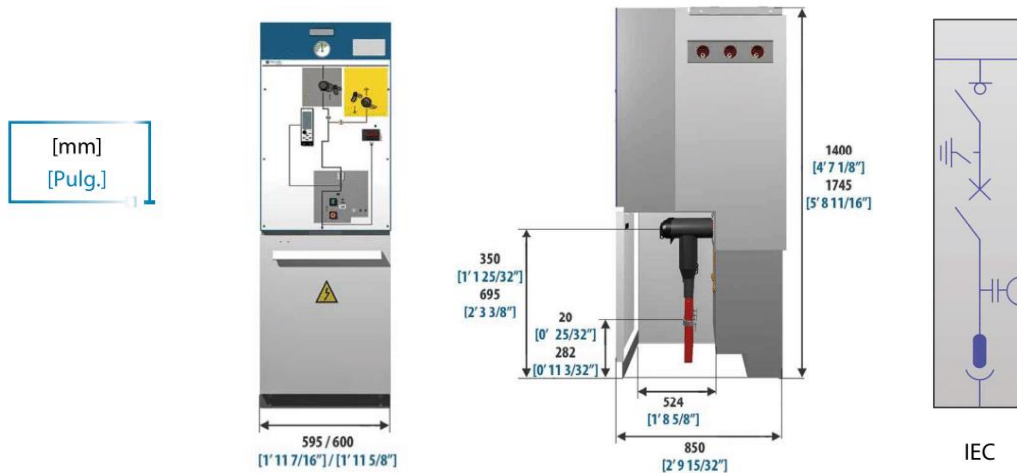


Ilustración 29 - Celda de MT de protección (BIM y unifilar) [44-C]

Tabla 19 - Celda de Protección cgcosmos-v

CELDA DE PROTECCIÓN	CGCOSMOS – V
TENSIÓN ASIGNADA [KV]	24
INTENSIDAD ASIGNADA [A]	400
CAPACIDAD DE CORTE EN CC [KA]	20
AISLAMIENTO A FRECUENCIA INDUSTRIAL [KV]	50
AISLAMIENTO IMPULSO TIPO RAYO [KV]	125
FUNCIÓN	Interrupción automática (RAV) con relé de protección ekkor.rpg-2001B
OBSERVACIONES	Módulo metálico con embarrado de cobre y derivación a seccionador rotativo de tres posiciones e IA de vacío en enclavamiento con seccionador. Dispone de captadores capacitivos.

Celda de medida

La celda de medida vendrá dispuesta en un módulo metálico de chapa galvanizada, permitiendo la incorporación de los trafos de intensidad y de tensión correspondientes, con el fin de satisfacer el conteo de la demanda energética.

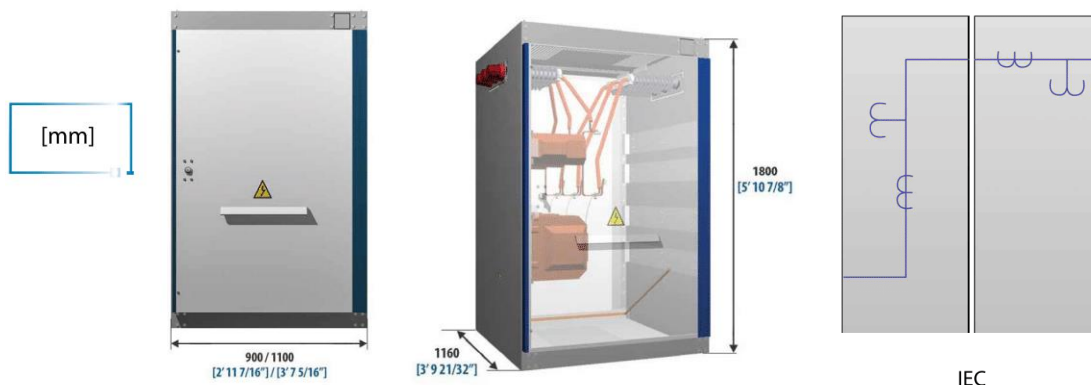


Ilustración 30 - Celda MT de medida (BIM y unifilar) [44-C]

Tabla 20 - Celda de Medida cgcocosmos-m

CELDA DE LÍNEA	CGCOSMOS – M
TENSIÓN ASIGNADA [KV]	24
TRANSFORMADORES DE MEDIDA	3 TT y 3 TI (aislamiento seco)
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	$\frac{13200}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}}$ 15VA, cl. 0.2
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	50-100/5 A 15 VA cl. 0.2s $I_{th} = 200 I_n$
FUNCIÓN	Medida, control y conteo del consumo
OBSERVACIONES	Módulo metálico de chapa galvanizada con tapa que prevenga frente a contactos indirectos.

Transformadores de Potencia

Los transformadores de potencia serán trifásicos reductores de tensión, con tensión de entrada de 13,2 kV y salida en carga de 400 V en Baja Tensión. El modelo de instalación será de tipo seco, clase térmica F, bobinados encapsulados en resina epoxy, ignífugo y autoextinguible. Deberán ajustarse a la norma UNE correspondiente y deberán acreditar ensayos de choque térmico (C2a y C2b), de humedad (nivel E2a y E2b) y frente al fuego (nivel F1).

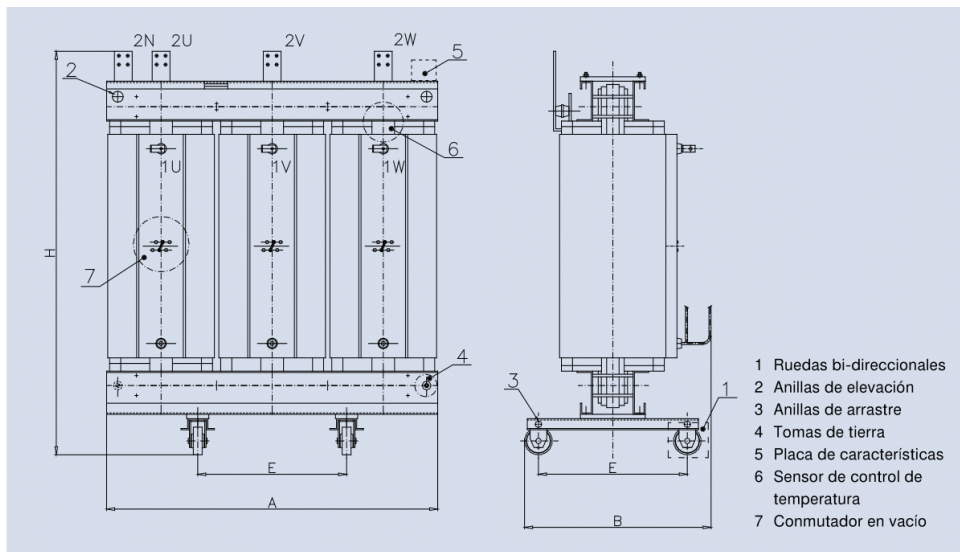


Ilustración 31 - Transformador de Potencia seco de 24kV [30-C]

Tabla 21 - Transformador de Potencia

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	TRANSFORMADOR SECO 24 KV
POTENCIA NOMINAL [KVA]	800
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN [V]	13200/400
FRECUENCIA [HZ]	50
CAMBIADOR DE TOMAS (%)	2.5, 5, 7.5, 10
CONEXIÓN	TRIÁNGULO-ESTRELLA (Dyn11)
TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO U_{KR} [%]	6
GRADO DE PROTECCIÓN	IP00
UNIDAD DE CONTROL Y PROTECCIÓN	Ekor.rpg
DEFENSA	Protección metálica y cerradura enclavada con la celda de protección asociada a cada transformador

En relación con la unidad de control y protección, el sistema ekor.rpg³; esto es, el sistema de control de la protección del interruptor automático deberá contar con las siguientes unidades y funciones, que vendrán incorporadas en un relé electrónico ajustable con display:

- Autoalimentación de 5 A mediante TIs toroidales y configurables.
- Funciones de protección:
 - Sobreintensidad:
 - Fases 50/51.
 - Neutro 50N/51N.
 - Neutro Sensible 50Ns/51Ns.

³ Se deberán tener en cuenta el resto de las consideraciones adicionales, dispuestas en los catálogos del fabricante.

- Disparo exterior: 49T.
- Reenganchador: 79.
- Detección de faltas a tierra a partir de los 0,5 A.
- Configuración de software RS-232 y comunicación RS-485.
- Histórico de disparos.
- Medición de corriente de fase y homopolar.

Con respecto a las conexiones, por un lado, los puentes de media tensión se realizarán mediante cables aislados de 12/20 kV HEPRZ1 de aluminio, de sección 95 mm², y los correspondientes elementos de conexión y terminaciones. Por otro lado, los cables de baja tensión serán aislados de 0,6/1 kV, RZ1-K unipolares y de sección de 240 mm², en consonancia con los diagramas unifilares dispuestos en los planos 6 a 31 del apartado *Diagrama unifilar: Instalación industrial* del ANEXO II.

5.9 Puesta a Tierra

Siguiendo las recomendaciones de Puesta a Tierra establecidas en por UNESA [34] y en las Manual Técnico MT 2.11.34 de i-DE acerca del diseño de Puesta a Tierra en CT de tensión nominal <30 kV [33], toda instalación debe contar con tres puestas a tierra independientes, con el fin de resistir las faltas que se puedan generar en la instalación, así como de garantizar la seguridad del equipamiento y de las personas que trabajen en la nave industrial.

- Tierra de protección: Unión a tierra de las envolventes metálicas de los dos centros de transformación susceptibles a ponerse a tensión debido a faltas eléctricas en la instalación eléctrica. Esta tierra deberá recoger, entre otras, las envolventes de celdas, las rejillas de protección, las carcasas de transformadores y las armaduras de los edificios prefabricados. Queda prohibida la unión a tierra de rejillas y puertas metálicas del centro que sean accesibles desde la parte exterior del centro.
- Tierra de servicio: Con el fin de evitar la posibilidad de recibir tensiones peligrosas derivadas de faltas producidas en la red de Media Tensión, los neutros de los transformadores de potencia se conectarán a tierra de forma independiente a la de los centros de transformación. Dado que deber asegurarse dicha separación, el material empleado en el conductor de la tierra de servicio deberá ser de cobre aislado con tensión asignada 0.6/1 kV.
- Tierra de la instalación de baja tensión: La nave industrial contará con un mallazo de puesta a tierra ubicado a nivel de la cimentación con el fin de evitar que todos los elementos susceptibles de ponerse a tensión provoquen daños por contactos indirectos. Este mallazo será de conductores de cobre de 50 mm² y estará compuesto por 12 conductores tendidos a lo largo del edificio y 28 conductores tendidos a lo ancho del mismo y en él estarán conectadas todas las masas del edificio que cumplan la característica comentada, así como las masas de la instalación fotovoltaica y la instalación destinada a la captación de descargas atmosféricas.



No obstante, la norma también permite la realización de una puesta a tierra global en caso de que se asegure que el potencial absoluto de la puesta a tierra no excede los 1000 V. Así pues, teniendo en cuenta los cálculos adjuntos en el apartado *CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA* del ANEXO III, dado las corrientes de cortocircuito monofásicas obtenidas serían del orden de los 1030 A y la resistencia de puesta a tierra calculada asciende a los $0,6 \Omega$, se asegura que en toda la instalación no se sobrepasarán los valores máximos estipulados en la reglamentación.

En cualquier caso, la persona que realice la instalación deberá comprobar que la malla de tierras dispuesta en el edificio prefabricado está correctamente unida a la tierra de Baja Tensión, con el fin de materializar la instalación de una tierra global.

En este sentido, en el apartado *CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA* del ANEXO III se incluyen los cálculos realizados para la verificación condiciones dispuestas en las puestas a tierra de la instalación eléctrica de la nave industrial y, además, en el plano *Puesta a Tierra* del ANEXO II vienen se incluye la instalación de la red de forma visual.

Por último, hay que destacar que, de acuerdo con lo dispuesto en el Manual Técnico M 2.11.34 [33] y en el REBT ITC-BT-18 [10], la puesta a tierra del edificio deberá contar con un cable rígido de cobre enterrado, formando un anillo cerrado por fuera del perímetro del cerramiento. Con todo ello, para la correcta realización del mantenimiento de la puesta a tierra, se instalarán arquetas de registro en la periferia del edificio a una distancia de 30 m entre unas y otras.

5.10 Protección Frente a Descargas Atmosféricas

En el presente documento se proyecta un sistema de protección frente a descargas atmosféricas constituido por dos pararrayos de cebado en la cubierta del edificio. Cada dispositivo captador se conectará a la red de tierras del edificio mediante dos conductores independientes, con su triángulo de picas enterrado correspondiente.

De acuerdo con los requerimientos dispuestos en el Código Técnico de Edificación, en el apartado DB-SU-8, se instalarán pararrayos de nivel de protección 1 con un radio de captación de 80 m, montados sobre mástil de tubo de acero galvanizado. Se deberá asegurar en todo momento que se cumple lo dispuesto en la norma UNE 21186 [35] sobre Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos PDC. Todas las consideraciones tenidas en cuenta se encuentran detalladas en el apartado *CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS* del ANEXO III, así como los cálculos realizados a tal efecto.

Con respecto a la instalación de derivación, y de acuerdo con los planos incluidos en el apartado *Sistemas de Captación de Descargas Atmosféricas* del ANEXO II, se utilizarán conductores desnudos de cobre de una sección de 50 mm^2 y sujetos al cerramiento de la nave industrial.

Por último, y de acuerdo con la configuración UNESA, cada bajante tendrá configurada una red propia formada por un triángulo de picas de diámetro no inferior a 14,3 mm y longitud de 2 m, separadas entre sí la misma distancia.

6. PLAN DEL PROYECTO

Se detalla la planificación del proyecto a través del software Microsoft MS Project [28]. Se ha elaborado el diagrama de Gantt, o temporal, en el que quedan incluidas todas las fases, hitos y tareas a ejecutar durante el proyecto.

6.1 Fases del proyecto

El proyecto consta de 30 tareas repartidas en 7 Fases. La primera fase engloba todas las tareas relacionadas con el diseño del proyecto; esto es, recoge las tareas que el proyectista ha tenido que ir completando para la materialización del presente documento.

Por otro lado, a partir del Hito 2, Entrega del Diseño, comienzan los trámites de obra, licitaciones, permisos, etc. Así pues, durante los meses restantes se deberá trabajar de acuerdo con la planificación con el fin de llegar a la fecha fin con las instalaciones eléctricas debidamente instaladas.

En la tabla adjunta se incluye toda la información relativa a la planificación del proyecto, incluyendo la duración de cada tarea, así como las fechas en las que se debe realizar:

Tabla 22 - Fases del Proyecto

ID	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
	Instalación eléctrica nave industrial con autoconsumo	315 días	lun 21/01/11	vie 22/03/25
H1	Comienzo del Proyecto	0 días	lun 21/01/11	lun 21/01/11
F1	Diseño del proyecto	90 días	lun 21/01/11	lun 21/05/17
T1	Diseño de la instalación industrial	46,88 días	lun 21/01/11	mar 21/03/16
T1.1.1	Previsión de cargas	80 horas	lun 21/01/11	vie 21/01/22
T1.1.2	Centro de Transformación	20 horas	lun 21/01/25	mié 21/01/27
T1.1.3	Cuadros Eléctricos	70 horas	mié 21/01/27	mar 21/02/09
T1.1.4	Conductores y Protección	120 horas	mar 21/02/09	mar 21/03/02
T1.1.5	Canalizaciones	20 horas	mar 21/03/02	jue 21/03/04
T1.1.6	Puesta a Tierra	50 horas	jue 21/03/04	vie 21/03/12
T1.1.7	Pararrayos	15 horas	lun 21/03/15	mar 21/03/16
T1.2	Diseño de la instalación fotovoltaica	19,38 días	mar 21/03/16	mar 21/04/13
T1.2.1	Previsiones de generación	20 horas	mar 21/03/16	vie 21/03/19
T1.2.2	Dimensionamiento del Generador	35 horas	vie 21/03/19	jue 21/03/25
T1.2.3	Dimensionamiento de los inversores	18 horas	jue 21/03/25	lun 21/03/29
T1.2.4	Conductores y Protección	70 horas	mar 21/03/30	vie 21/04/09
T1.2.5	Canalizaciones	12 horas	vie 21/04/09	mar 21/04/13
T1.3	Documentación del Proyecto	190 horas	mar 21/04/13	vie 21/05/14
H2	Entrega del Diseño	0 días	lun 21/05/17	lun 21/05/17
F2	Trámites de inicio de obra	80 días	lun 21/05/17	vie 21/09/03
T2	Adquisición: licencias y permisos	80 días	lun 21/05/17	vie 21/09/03



H3	Comienzo de obra	0 días	vie 21/09/03	vie 21/09/03
F3	Acondicionamiento del terreno	10 días	lun 21/09/06	vie 21/09/17
T3.1	Retirada de activos previos	5 días	lun 21/09/06	vie 21/09/10
T3.2	Medición y dimensionamiento	5 días	lun 21/09/13	vie 21/09/17
F4	Excavación para instalación eléctrica	95,75 días	vie 21/09/17	vie 22/01/28
T4.1	Acometida eléctrica	30 horas	vie 21/09/17	mié 21/09/22
T4.2	Instalación de Centro de Transformación y Centro de Seccionamiento	25 horas	mié 21/09/22	lun 21/09/27
T4.3	Red de Tierras	80 horas	jue 21/10/07	mié 21/10/20
F5	Estructura de la nave industrial	72 días	jue 21/10/21	vie 22/01/28
T5	Construcción de la nave industrial	72 días	jue 21/10/21	vie 22/01/28
F6	Implementación de instalaciones: eléctrica	32,5 días	lun 22/01/31	mié 22/03/16
T6.1	Cuadros Eléctricos	60 horas	vie 22/02/11	mar 22/02/22
T6.2	Canalizaciones	55 horas	lun 22/01/31	mar 22/02/08
T6.3	Conductores	100 horas	lun 22/02/14	mié 22/03/02
T6.4	Instalación Fotovoltaica	100 horas	lun 22/01/31	mié 22/02/16
T6.5	Instalación de descargas atmosféricas	30 horas	lun 22/02/14	jue 22/02/17
T6.6	Instalación de mecanismos y luminarias	100 horas	lun 22/02/28	mié 22/03/16
F7	Conexión de instalaciones	7,5 días	mié 22/03/16	vie 22/03/25
T7.1	Conexión a red eléctrica	3 días	mié 22/03/16	lun 22/03/21
T7.2	Comprobaciones	5 días	lun 22/03/21	vie 22/03/25
H4	Finalización obra instalación eléctrica	0 días	vie 22/03/25	vie 22/03/25

6.2 Duración Total

El proyecto está estimado en una duración total de 315 días, con fecha de iniciación a día 11 de enero de 2021 y una fecha de finalización a 25 de marzo de 2022.

6.3 Hitos del Proyecto

Se han considerado los siguientes hitos para la correcta planificación del proyecto:

Tabla 23 - Hitos del Proyecto

Hito	Nombre	Fin
H1	Comienzo del Proyecto	lun 21/01/11
H2	Entrega del Diseño	lun 21/05/17
H3	Comienzo de obra	vie 21/09/03
H4	Finalización obra instalación eléctrica	vie 22/03/25

6.4 Diagrama de Gantt



En el gráfico adjunto se muestra el Diagrama de Gantt, que se corresponde con las fases del proyecto que se han mencionado con anterioridad:



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Ilustración 32 - Planificación: Diagrama de Gantt

7. ASPECTOS ECONÓMICOS

7.1. Presupuesto

Teniendo como base el desglose del Presupuesto, incluido en el ANEXO IV del presente documento, se requieren los siguientes recursos humanos y materiales para la correcta implementación de la instalación eléctrica con generación fotovoltaica:

Tabla 24 - Presupuesto RRHH y Materiales: Resumen

RECURSOS MATERIALES			
CONCEPTO	IMPORTE		
Ingeniería y otros	41.488,18 €		
Cableado	158.114,70 €		
Canalizaciones	126.073,76 €		
Cuadros eléctricos y protecciones	380.394,38 €		
Equipamiento BT	333.543,21 €		
Equipamiento IFV	590.792,83 €		
Puesta a tierra y protección frente a descargas atm.	68.823,44 €		
Seguridad y salud	41.072,10 €		

RECURSOS MATERIALES			
CONCEPTO	Pax	€/h	IMPORTE
Tutor TFM	1	40	2.000,00 €
Ingeniero industrial (proyectista)	1	25	15.000,00 €
Project Manager	1	55	0,00 €
Ingeniero industrial (obra)	2	30	0,00 €
Oficial 1º electricista	6	20	194.092,28 €
Ayudante electricista	22	16	155.273,82 €
Oficial 1º construcción	1	20	360,00 €
Ayudante construcción	2	16	288,00 €
Total neto			2.107.316,70 €
Licitaciones y permisos			21.073,17 €
Complementos (3%)			63.219,50 €
Imprevistos (10%)			210.731,67 €
Total Directo			2.402.341,04 €
IVA (21%)			504.491,62 €
Total			2.906.832,66 €

Como se puede observar, el proyecto tiene un costo cercano a los 3 millones de €, entre los que se incluyen los costes derivados de licencias y permisos, así como de imprevistos que se puedan dar. Cabe destacar que este presupuesto se ha realizado con una cotización de ingeniería y que, previsiblemente, a la hora de licitar se obtendrán precios mucho más competitivos, teniendo en cuenta que se realizarán compras a gran escala y que el precio del material eléctrico suele tener una rebaja considerable respecto del PVP genérico.

7.2. Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica

Con el fin de ratificar económicamente la rentabilidad de la instalación fotovoltaica, se va a estudiar si durante la vida útil del producto en las condiciones más desfavorables de tarificación (precios bajos del mercado eléctrico) y de generación (mínima generación posible con una probabilidad del 95%), se logra un ahorro tal que sustente la inversión fotovoltaica. En cualquier caso, si bien es cierto que el aliciente económico impera en toda inversión, en caso de que el estudio fuera desfavorable, debería ponerse en juego el aporte social que produciría la reducción de emisiones de efecto invernadero al utilizar la energía limpia producida.

7.2.1 Rentabilidad: Hipótesis más desfavorable

Así pues, se propone el siguiente estudio de rentabilidad, en el que se evalúa el retorno y el VAN de la inversión en función de tres hipótesis diferentes: optimista (aumento anual del IPC en un 2%), neutral (aumento anual del IPC en un 1%) y pesimista (no existe aumento anual del IPC). No se ha concretado ninguna hipótesis con una disminución del IPC porque, a largo plazo, se considera inviable que un país desarrollado reduzca el Índice de Precio al Consumidor.

Por otro lado, dado que el estudio de la rentabilidad de una instalación debe considerar parámetros de incertidumbre, con el fin de simplificar los cálculos se va a considerar tal efecto a la hora de calcular la factura de la luz, considerando la media de los precios mínimos obtenidos en la casación del mercado eléctrico durante los últimos cuatro años.

El hecho de considerar los mínimos precios influye en el hecho de que, cuanto mayor sea el precio, mayor será la factura y, por tanto, más sentido tendrá la inversión de la instalación del generador fotovoltaico. En este sentido, cabe destacar que se están considerando valores bastante inferiores a lo que, en teoría, se debería pagar al contratar la tarifa que aplica; esto es, la 6.1A y, por tanto, más peso tendrá la decisión de instalar el generador en caso de que se verifique su rentabilidad.

Por lo tanto, los datos de precios eléctricos utilizados en el estudio son los siguientes:

Tabla 25 - Coste fijo y variable: Facturación eléctrica

MES	COSTE VARIABLE	€/KW
ENERO	0,0158	1,7093
FEBRERO	0,0158	1,5439



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

MARZO	0,0073	0,9968
ABRIL	0,0032	0,9646
MAYO	0,0032	0,9968
JUNIO	0,0118	0,6882
JULIO	0,0159	1,8477
AGOSTO	0,0017	0,5555
SEPTIEMBRE	0,0076	0,9646
OCTUBRE	0,0032	0,9968
NOVIEMBRE	0,0073	0,9646
DICIEMBRE	0,0158	1,7093

Con los datos recogidos y los cálculos realizados, desglosados en el apartado 4.- **RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA** del ANEXO IV, las facturas de luz que se obtendrían con y sin instalación fotovoltaica serían las siguientes (se ha considerado que la facturación por vertido es de 0,06€/kWh, aplicado el recargo de 0,09€/kWh por los peajes correspondientes):

Tabla 26 - Factura eléctrica sin IFV

Factura sin fotovoltaica						
	Potencia (kW)	1600				
Mes	Consumo (KWh)	Coste Potencia (€)	Coste Energía (€)	Impuesto (5%)	IVA (21%)	Total (€)
Enero	387200,00	2734,92	6112,69	442,38	1950,90	11240,90
Febrero	249700,00	2470,25	3941,99	320,61	1413,90	8146,76
Marzo	387200,00	1594,84	2818,17	220,65	973,07	5606,73
Abril	374700,00	1543,39	1194,92	136,92	603,80	3479,02
Mayo	387200,00	1594,84	1234,78	141,48	623,93	3595,03
Junio	468800,00	1101,09	5513,01	330,71	1458,41	8403,22
Julio	484500,00	2956,34	7702,86	532,96	2350,35	13542,52
Agosto	484500,00	888,73	825,59	85,72	378,01	2178,04
Septiembre	374700,00	1543,39	2855,62	219,95	969,98	5588,94
Octubre	387200,00	1594,84	1234,78	141,48	623,93	3595,03
Noviembre	374700,00	1543,39	2727,19	213,53	941,66	5425,78
Diciembre	387200,00	2734,92	6112,69	442,38	1950,90	11240,90
Total						82042,9

Tabla 27 - Factura eléctrica con IFV

Factura con fotovoltaica											
	Potencia (kW)	1600									
Mes	Necesidad (MWh)	Generación (MWh)	Uso (MWh)	Volcado (kWh)	Consumido Red (kWh)	Coste Pot. (€)	Coste E. (€)	Vertido (€)	Imp. (5%)	IVA (21%)	Total
Enero	387,20	87,20	74,03	13170,00	313170,00	2734,92	4943,99	790,20	344,44	1518,96	8752,11
Febrero	249,70	79,70	64,23	15470,00	185470,00	2470,25	2928,00	928,20	223,50	985,65	5679,20
Marzo	387,20	125,90	93,68	32220,00	293520,00	1594,84	2136,34	1933,20	89,90	396,45	2284,33
Abril	374,70	118,60	91,89	26710,00	282810,00	1543,39	901,88	1602,60	42,13	185,81	1070,62
Mayo	387,20	137,50	107,54	29960,00	279660,00	1594,84	891,84	1797,60	34,45	151,94	875,47
Junio	468,80	147,50	141,36	6140,00	327440,00	1101,09	3850,64	368,40	229,17	1010,62	5823,12
Julio	484,50	150,70	141,67	9030,00	342830,00	2956,34	5450,51	541,80	393,25	1734,24	9992,55
Agosto	484,50	163,60	151,16	12440,00	333340,00	888,73	568,01	746,40	35,52	156,63	902,49
Septiembre	374,70	107,70	88,61	19090,00	286090,00	1543,39	2180,32	1145,40	128,92	568,52	3275,74
Octubre	387,20	108,00	89,51	18490,00	297690,00	1594,84	949,33	1109,40	71,74	316,37	1822,88
Noviembre	374,70	79,00	68,07	10930,00	306630,00	1543,39	2231,76	655,80	155,97	687,82	3963,13
Diciembre	387,20	65,30	58,53	6770,00	328670,00	2734,92	5188,69	406,20	375,87	1657,59	9550,87
Total											53992,5

Como se puede observar en las tablas de arriba, existe una diferencia sustancial entre la factura anual con fotovoltaica y sin fotovoltaica; esto es, además, de estar contribuyendo a la disminución del impacto medioambiental, se el primer año se ha estimado una reducción de, aproximadamente, 30.000€. Por tanto, la pregunta es, ¿Esta diferencia será competitiva durante el proyecto como para instalar el generador fotovoltaico?

Para responder a dicha pregunta se han realizado tres estudios independientes, en función de la estimación del IPC a largo plazo, y con las siguientes consideraciones:

- Mantenimiento: Cuota inicial de 750€ y subida del 5% anual.
- Deterioro de la instalación: 0,75% anual.
- Vida útil estimada de la instalación: 30 años.
- Inversión de 714.860€, de acuerdo con lo previsto en el apartado 2.- *RECURSOS MATERIALES* del ANEXO IV.

Hipótesis optimista

Como se ha comentado previamente, la hipótesis optimista supone que, a largo plazo, el aumento del IPC se promedia en un 2% anual. Con ello, se obtienen los siguientes datos:

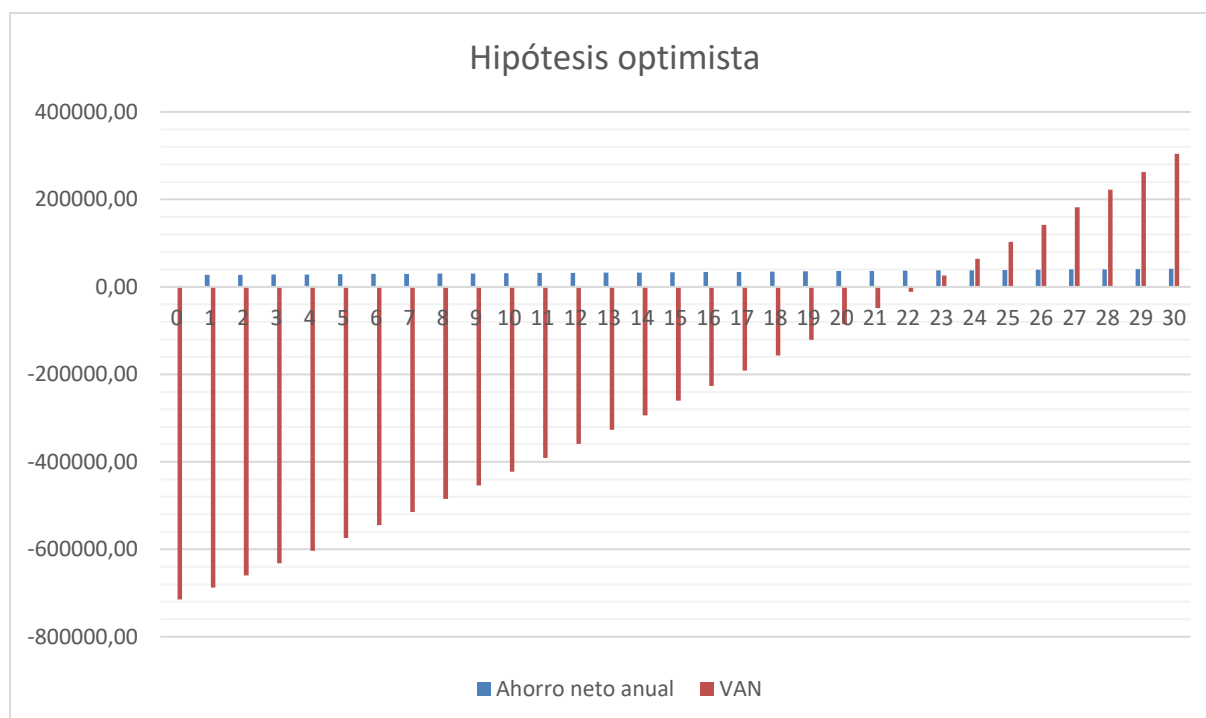


Gráfico 1 - Hipótesis optimista: Escenario más desfavorable

En esta hipótesis, la instalación del generador fotovoltaico queda justificada. Como se observa en el gráfico adjunto, el retorno de la inversión, calculado en base al ahorro en la factura, se estima en poco más de 22 años y, finalmente, se alcanzan unos ahorros totales cercanos a los 300.000€, lo que supondría un ahorro de 10.000€ anual.

Hipótesis neutra

De acuerdo con lo comentado, la hipótesis optimista supone que, a largo plazo, el aumento del IPC se promedia en un 1% anual. Del cálculo, se han obtenido los siguientes datos:

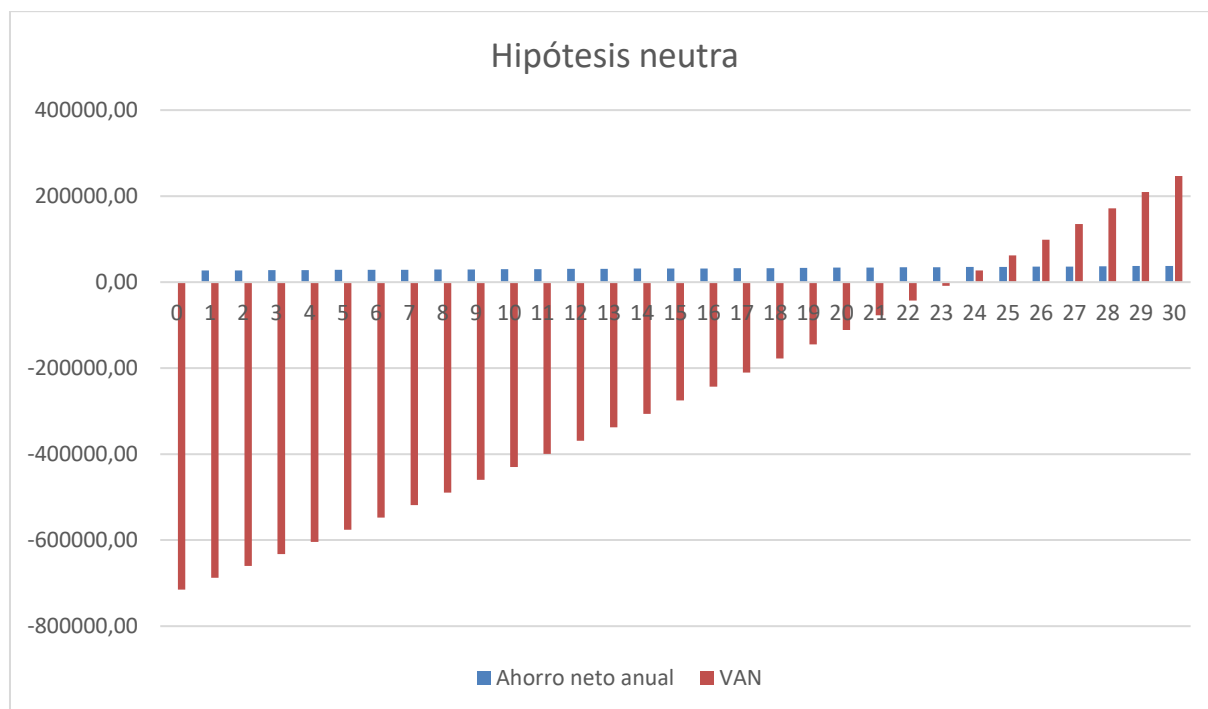


Gráfico 2 - Hipótesis neutra: Escenario más desfavorable

La hipótesis neutra muestra que la instalación del generador fotovoltaico está debidamente justificada. En este sentido, como era de esperar, se ha retrasado un año el retorno de la inversión, pero sigue estando en los márgenes de vida esperada de la instalación fotovoltaica. Además, esta hipótesis aproxima el ahorro anual a unos 8.000 € anuales.

Hipótesis pesimista

Por último, se ha calculado la condición más desfavorable considerada; esto es, que no se dé aumento alguno del IPC y, por tanto, no exista variación de precios ni en la compra ni en la venta de energía. En este sentido, los cálculos nos muestran los siguientes datos:

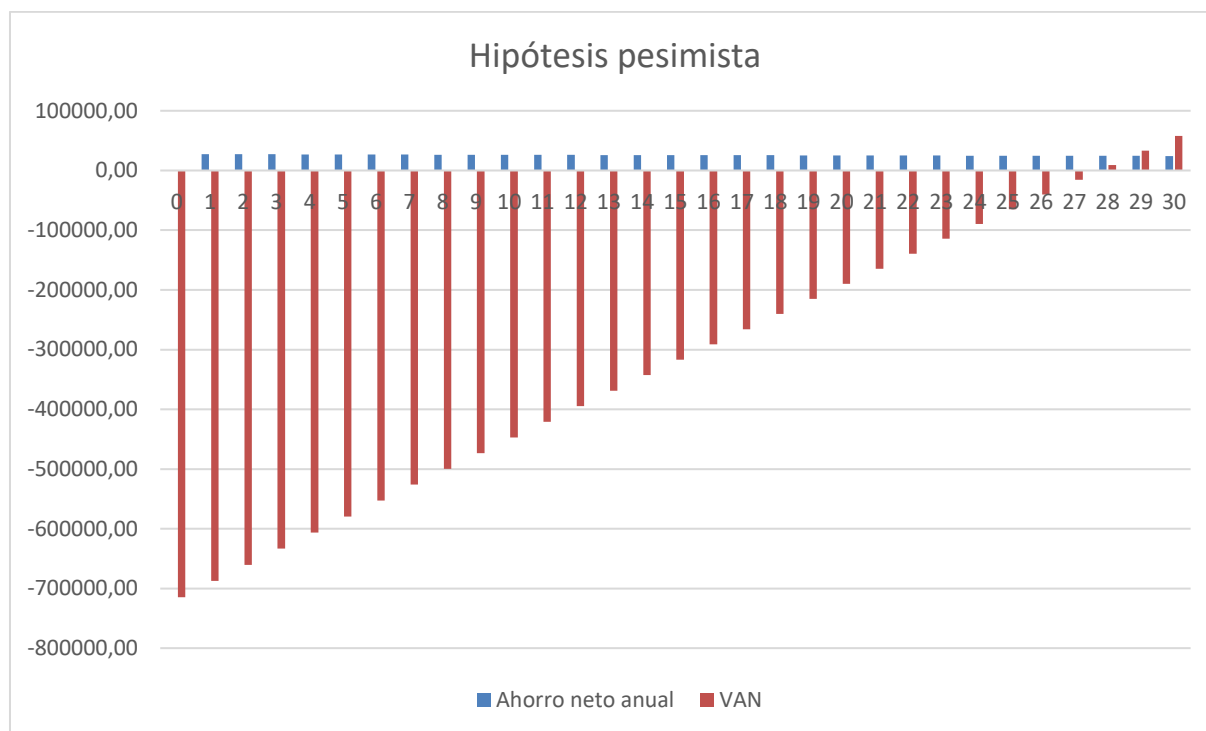


Gráfico 3 - Hipótesis pesimista: Escenario más desfavorable

Como es lógico, los datos de la hipótesis pesimista en el escenario más desfavorable evidencian un retraso importante respecto de las hipótesis previas. No obstante, el retraso de 4 años respecto de la optimista no es suficiente como para que el retorno se encuentre dentro de los valores de vida útil previstos. Así mismo, también se percibe un descenso importante en relación con el ahorro, ya que, en este caso, sólo se conseguiría reducir, aproximadamente, 2.000€ al año.

Conclusión

A modo de conclusión, vistas las estadísticas que nos arrojan los estudios realizados en las condiciones de facturación más desfavorables, se comprueba la rentabilidad de la instalación fotovoltaica. En este sentido, se observa que no sólo se va a ayudar a reducir el impacto medioambiental debido a la explotación de la nave industrial, sino que, además, la empresa podrá beneficiarse de un ahorro en la factura de, al menos, 2.000 €/año.

8. GESTIÓN DEL PROYECTO

Esta sección tiene como objetivo la descripción de los aspectos fundamentales del proyecto que formalicen una jerarquía y liderazgo, para que, gracias a ellos, se satisfagan los objetivos y el alcance descritos al principio del presente documento.

8.1 Organigrama

Llamamos organigrama a la representación gráfica, estructural y jerárquica, de los diversos cargos que entran en juego en la realización de un proyecto; esto es, el organigrama es un esquema que representa de forma ilustrada la jerarquía de poder que hay entre los actores que participan en el proyecto o empresa en cuestión. Con respecto al proyecto que se está desarrollando, el organigrama que lo caracteriza es el siguiente:

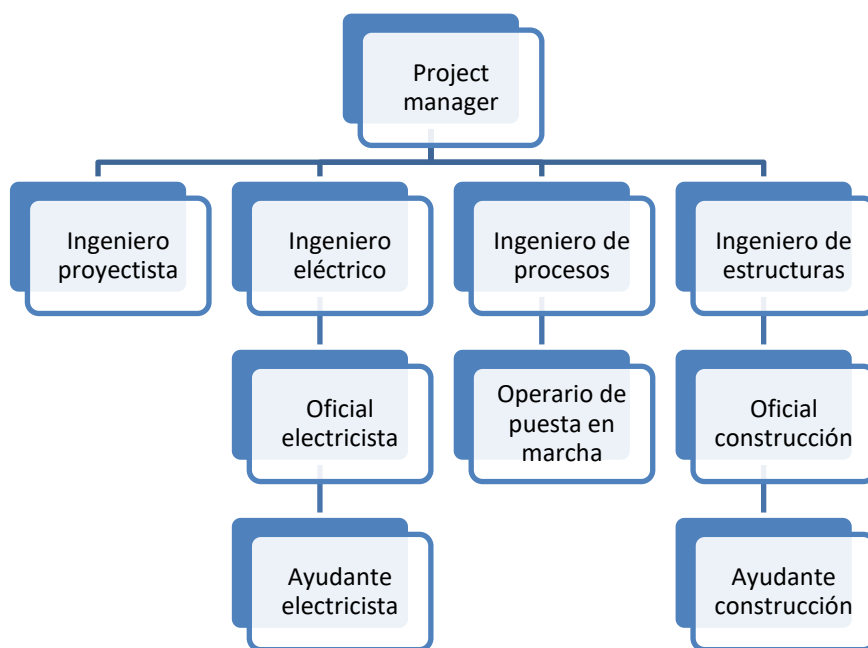


Ilustración 33 - Organigrama

En el organigrama adjunto se observa que todos los grupos de trabajo tienen un ingeniero especializado a su cargo y, de la misma forma, todos los ingenieros están bajo las órdenes de mando del *Project Manager*, encargado de la planificación, gestión y control satisfactorios del proyecto.

Al hilo de lo comentado, esta primera parte organizativa se completa con el *Organizational Breakdown Structure*, OBS. Esta estructura en forma de diagrama de árbol es un modelo que identifica la responsabilidad por departamento de cada una de las tareas que entran en juego en el proyecto. De

esta forma, cada tarea estará asignada a uno o varios departamentos, que actuarán como responsables y deberán asegurarse de que la tarea en cuestión cumple los estándares de calidad determinados⁴.

En el diagrama adjunto queda recogido el *Organizational Breakdown Structure* que caracteriza a este proyecto:

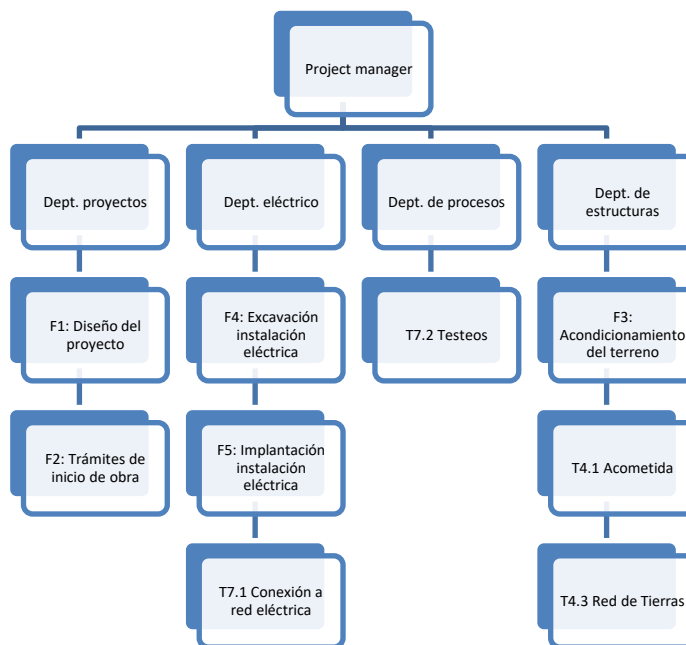


Ilustración 34 - Organizational Breakdown Structure (OBS)

8.2 Matriz de responsabilidades

La matriz de responsabilidades RASCI relaciona, de forma sencilla y visual, la responsabilidad asociada a cada uno de los puestos laborales con las tareas y actividades requeridas para la materialización del proyecto. En este sentido, atendiendo a las siglas del acrónimo, se diferencian cinco tipos de responsabilidades:

1. R: Responsabilidad de ejecución de la tarea. Tiene como función realizar la tarea.
2. A: Responsabilidad de la cumplimentación de la tarea, pero sin la responsabilidad de ejecución. Tiene como función hacer que la tarea se lleve a cabo.
3. S: Persona de apoyo al que realiza la función principal.
4. C: Persona que debe ser consultada en la realización de la tarea en caso de que exista algún inconveniente.

⁴ Con el objetivo de simplificar el diagrama, si un departamento tiene adjudicada la participación y responsabilidad en todas las tareas de una fase, se le asigna la fase completa en vez del detalle pormenorizado de las tareas. La secuencia de las tareas está recogida en el apartado 6.1 *Fases del proyecto*.

5. I: Persona a la que se le debe informar desde el inicio hasta la finalización de la tarea en cuestión.

En la tabla adjunta se puede observar la matriz de responsabilidades que caracteriza al proyecto:

Tabla 28 - Matriz de Responsabilidades (RASCI)

		Project manager	Ingeniero proyectista	Ingeniero eléctrico (obra)	Ingeniero de procesos (obra)	Ingeniero estructuras (obra)	Oficial electricista	Oficial construcción	Operario puesta marcha	Ayudante electricista	Ayudante construcción
T1	Diseño de la instalación industrial	AIC	R								
T1.1.1	Previsión de cargas	IC	A								
T1.1.2	Centro de Transformación	IC	A								
T1.1.3	Cuadros Eléctricos	IC	A								
T1.1.4	Conductores y Protección	IC	A								
T1.1.5	Canalizaciones	IC	A								
T1.1.6	Puesta a Tierra	IC	A								
T1.1.7	Pararrayos	IC	A								
T1.2	Diseño de la instalación fotovoltaica	IC	A								
T1.2.1	Previsiones de generación	IC	A								
T1.2.2	Dimensionamiento del Generador	IC	A								
T1.2.3	Dimensionamiento de los inversores	IC	A								
T1.2.4	Conductores y Protección	IC	A								
T1.2.5	Canalizaciones	IC	A								
T1.3	Documentación del Proyecto	AIC	R								
T2	Adquisición: licencias y permisos	AIC	R								
T3.1	Retirada de activos previos	IC				A		R			S
T3.2	Medición y dimensionamiento	IC				A		R			S
T4.1	Acometida eléctrica	IC		A		A	R	R		S	S
T4.2	Instalación de CT y CS	IC		A			R			S	
T4.3	Red de Tierras	IC		A		A	R	R		S	S



T5	Construcción de la nave industrial	IC				A		R			S
T6.1	Cuadros Eléctricos	IC		A				R			S
T6.2	Canalizaciones	IC		A				R			S
T6.3	Conductores	IC		A				R			S
T6.4	Instalación Fotovoltaica	IC		A				R			S
T6.5	Instalación de descargas atmosféricas	IC		A				R			S
T6.6	Instalación de mecanismos y luminarias	IC		A				R			S
T7.1	Conexión a red eléctrica	IC		A				R			S
T7.2	Comprobaciones	IC		A	A			R		R	S

8.3 Análisis de Stakeholders

Se van a identificar y clasificar los stakeholders que se considera tienen mayor impacto en la realización del proyecto. Además, a modo de planificación comunicativa, se describe un plan simplificado para cada uno de los distintos grupos de interés, con el objetivo de minimizar riesgos durante la ejecución del proyecto. De esta forma, se pretenden citar y desarrollar de forma simplificada estrategias de gestión de grupos de interés que estén estrechamente relacionadas con el proyecto, así como con la toma de decisiones y ejecución del mismo.

Los stakeholders con mayor relevancia en el proyecto son los siguientes:

- Grupos de interés primario:
 - Cliente.
 - Project Manager y equipo de trabajo.
 - Proveedores.
- Grupos de interés secundario:
 - Competidores.
 - Lobbies en favor del cambio climático.

A continuación, y a través de la herramienta *Matriz Poder/Interés*, se define el nivel de autoridad respecto de la potencial preocupación de cada uno de los grupos, clasificados de la siguiente forma:

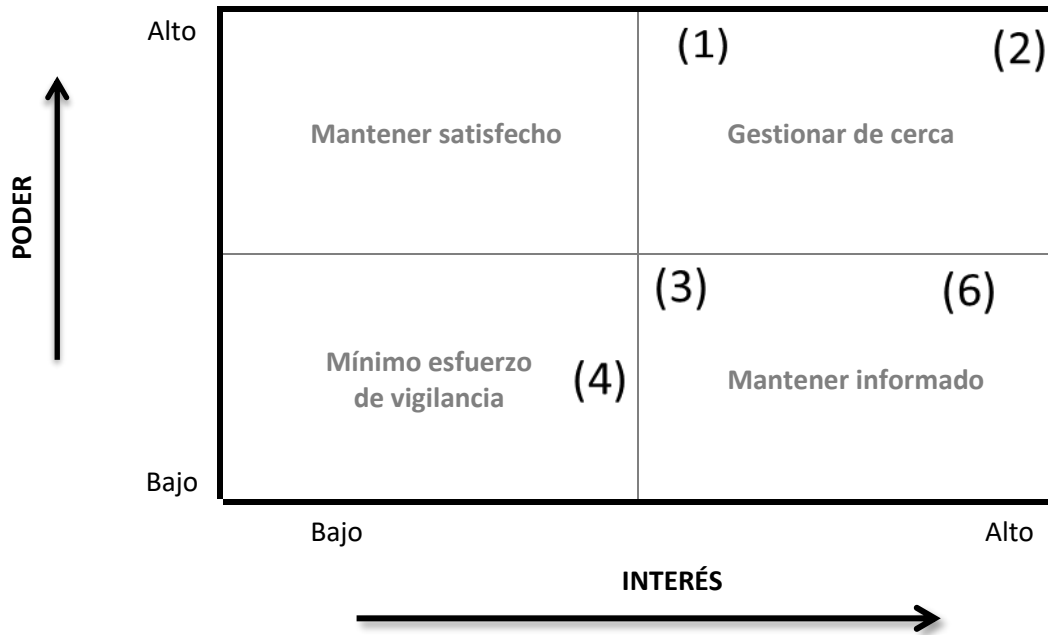


Gráfico 4 - Matriz Poder-Interés

1. Cliente: gestionar de cerca, ya que tiene gran poder y alto interés en el proyecto.
2. Project Manager y equipo de trabajo: gestionar de cerca, ya que poseen el mayor poder e interés en que se materialice satisfactoriamente el proyecto.
3. Proveedores: mantener informado, ya que poseen bajo poder por la gran oferta de proveedores que hay en el mercado y tienen cierto interés, relacionado principalmente con aspectos económicos.
4. Competidores: mínimo esfuerzo de vigilancia, ya que tienen un bajo interés en los aspectos relativos al proyecto y muy bajo poder.
5. Lobbies en favor del cambio climático: teniendo presente la notoria preocupación de la sociedad por aspectos relacionados con la sostenibilidad medioambiental, este grupo de interés deberá gestionarse de cerca, ya que tienen un alto interés en que se generen proyectos como este y, además, tienen un poder de influencia bastante elevado en las líneas políticas que margan los gobiernos actuales.

Teniendo como base la clasificación descrita previamente, se propone el siguiente plan de comunicación simplificado para cada grupo de interés. Este plan deberá apuntar los requerimientos informativos de cada uno de ellos, el momento de ejecución de las acciones, el formato y las razones que promuevan las acciones correspondientes.

Tabla 29 - Plan de comunicación de stakeholders

STAKEHOLDERS	EMISOR	CONTENIDO	MOMENTO DE EMISIÓN	RAZÓN DE EMISIÓN	FORMA DE EMISIÓN
CLIENTE	Dpto. de marketing	Referencia al estado del proyecto: presupuesto, alcance y fechas.	Semanalmente	Informar acerca del estado de la instalación eléctrica a instalar en la nave industrial	Correo electrónico Reuniones telemáticas/presenciales Visita a obra
PM Y EQUIPO DE TRABAJO	Dirección de proyecto	Revisar el estado del proyecto Incluir Gantt y pormenorizar la razón de los plazos incumplidos	Semanalmente	Garantizar la adecuada consecución del proyecto, cumpliéndose objetivos acordados y lo planificado	Reunión presencial Resumen del proyecto (correo)
PROVEDORES	Dpto. comercial	Resumen de los pedidos pendientes	Mensualmente	Garantizar el suministro requerido en el momento precisado	Correo electrónico
COMPETIDORES	Dpto. de ingeniería	Recopilación de información de interés acerca de mejoras en el proceso productivo	Trimestralmente	Restar poder al grupo de interés	Asistencia a congresos y jornadas
LOBBIES CAMBIO CLIMÁTICO	Dirección de proyecto	Exposición del proyecto: objetivos, metas y características	Al inicio del proyecto y cuando el grupo de interés lo solicite	Posterior difusión sobre el compromiso con la disminución del impacto medioambiental en la fabricación de productos no contaminantes	Reunión de lanzamiento Reuniones telemáticas

De forma resumida, el plan de gestión de los stakeholders debe cumplir con los siguientes aspectos en todos los puntos relevantes del proyecto:

- Clara comunicación para con los grupos interesados, adjuntando extractos lo más simplificados posible, así como documentación pertinente.
- Ceder un margen de tiempo para que todas las partes interesadas que lo deseen puedan hacer las aportaciones que consideren oportunas.
- Facilitar la participación y compromiso con el proyecto de forma directa.
- Especificar los aspectos relativos a la ejecución, así como los plazos en los que se desarrollen.
- Mantener un compromiso cercano y sostenido con todos los agentes que hayan promovido interés por el proyecto. Además, se planificará la evolución que han seguido las aportaciones que se han propuesto en reuniones previas, para aumentar el interés en el proyecto.

Los compromisos citados se deberán seguir con todos los grupos de interés, constituyendo una cimentación de compromiso para con el cliente, la sociedad e industria.

8.4 Análisis de Riesgos

Para completar los aspectos organizativos del proyecto, se deben tener en cuenta los riesgos que puedan poner en jaque el correcto desarrollo del mismo. Así pues, se propone una identificación, monitorización y supresión preventiva de las potenciales fuentes de riesgo que puedan afectar a este trabajo.

8.4.1 Identificación de los riesgos

Una correcta identificación de los riesgos que engloban al proyecto es vital para poder generar una respuesta que lo proteja ante hechos impredecibles y que, debido a ellos, aumenten los costes, se modifique el cronograma retardando las fechas estipuladas o se modifique el alcance.

Tras el estudio acerca de los riesgos potenciales que afecten al correcto desarrollo del proyecto, se detalla el correspondiente *Risk Breakdown Structure*, RBS. En este diagrama quedan recogidas, en forma jerárquica, las diversas fuentes de riesgo que puedan afectar durante el ciclo de vida del proyecto:

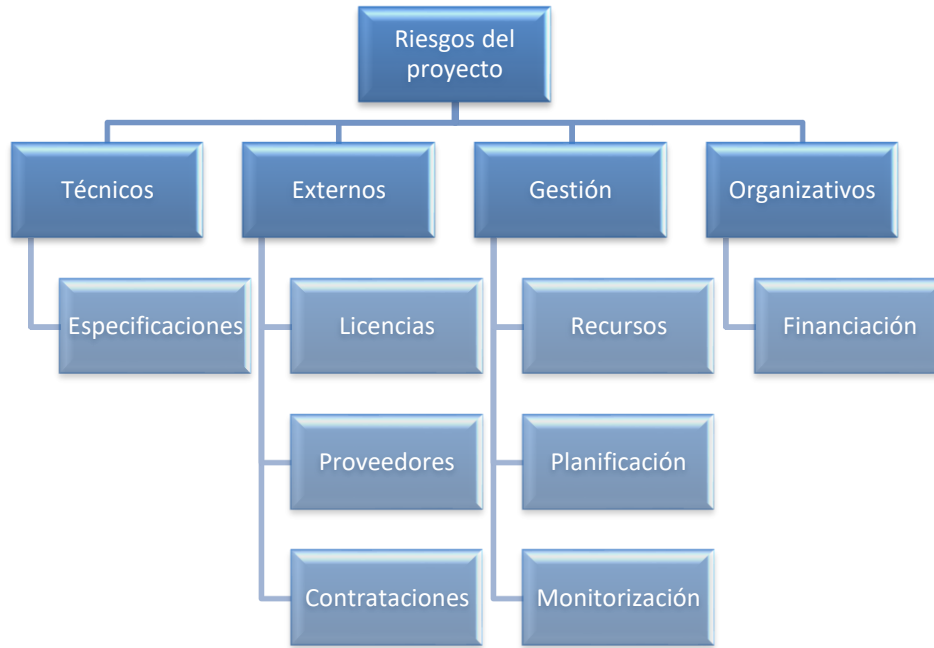


Ilustración 35 - Risk Breakdown Structure

Los riesgos que se han identificado están recogidos en cuatro categorías claramente diferenciadas: riesgos técnicos, riesgos externos, riesgos de gestión y riesgos organizativos. Así pues, en la tabla adjunta se incluye una breve descripción que los caracteriza:

Tabla 30 - Identificación de riesgos

Identificación del riesgo	
Riesgo	Subcategoría
Especificación de diseño poco preciso	Especificaciones
Retraso/modificación en adjudicación de licencias	Licencias
Retraso de materiales	Proveedores
Asignación inadecuada del personal	Contratación
Estimación insuficiente de trabajo	Recursos
Planificación irrealizable en tiempo	Planificación
Insuficiencia de control y seguimiento	Monitorización
Variaciones presupuestarias	Financiación

8.4.2 Análisis de los riesgos

Previo al detalle de cada una de las respuestas a los riesgos potenciales, se deben clasificar mediante una priorización cuantitativa y cualitativa. Para ello, se realiza una clasificación en función de la probabilidad de ocurrencia y el impacto que se estima generaría en el proceso. Así pues, la evaluación de la relevancia de cada riesgo viene estipulada por la siguiente matriz, que relaciona las variables citadas de probabilidad de ocurrencia e impacto:

Tabla 31 - Matriz probabilidad-impacto

		Impacto				
		Muy bajo (1)	Bajo (2)	Moderado (3)	Alto (5)	Muy alto (10)
Probabilidad	Muy baja (1)	1	2	3	5	10
	Baja (2)	2	4	6	10	20
	Moderada (3)	3	6	9	15	30
	Alta (4)	4	8	12	20	40
	Muy alta (5)	5	10	15	25	50

Se estima, por tanto, el impacto generado mediante una clasificación dividida en cinco categorías -muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto-. Cada categoría lleva asociado un valor que pondera el impacto en el proyecto, con valores comprendidos entre 1 y 10, donde el 1 es representativo de un impacto ínfimo y 10 de un impacto directo y considerable. La probabilidad queda caracterizada de la misma forma que lo comentado para el impacto, salvo que los valores estarán comprendidos entre 1 y 5.

Con todo ello, se debe realizar el producto de los valores de ambas variables y, de ahí, se clasifican los riesgos de forma secuenciada, de mayor a menor, siendo el de mayor valor el riesgo más crítico para el proyecto y el de menor valor el más leve. Así pues, los riesgos quedan clasificados de la siguiente forma:

Tabla 32 - Clasificación de los riesgos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Puntuación	Prioridad
Especificación de diseño poco preciso	2	7	14	5
Retraso/modificación en adjudicación de licencias	1	2	2	8
Retraso de materiales	3	8	24	2
Asignación inadecuada del personal	2	4	8	7
Estimación insuficiente de trabajo	2	5	10	6
Planificación irrealizable en tiempo	3	6	18	3
Insuficiencia de control y seguimiento	2	8	16	4
Variaciones presupuestarias	3	9	27	1

Por tanto, se concluye que los aspectos relativos al retraso de materiales o a variaciones presupuestarias generan riesgos críticos en el proyecto, mientras que retrasos en adjudicaciones de licencias o asignación inadecuada de personal suponen riesgos con impactos bastante leves.

8.4.3 Planificación de las respuestas

Realizadas la identificación y la clasificación de los riesgos, se debe realizar un plan de respuesta a los mismos para que se evite un impacto descontrolado en el proyecto. Así pues, se detallan las respuestas consideradas, en orden de prioridad:

1. Variación presupuestaria, con respuesta preventiva: Se deberá iniciar la ejecución del proyecto cuando se cuente con modelos sólidos de financiación, validados por el departamento correspondiente, y tales que faciliten y permitan la financiación de la inversión requerida.
2. Retraso de materiales, con respuesta preventiva: Se deberán diversificar las fuentes de suministro de materiales para evitar indisponibilidades que retrasen de forma innecesaria el proyecto.
3. Planificación irrealizable en tiempo, con respuesta correctiva: Se deberá asegurar una correcta gestión del proyecto a través de los indicadores dinámicos pertinentes. Así pues, se deberán ir estableciendo las KPIs que el Project Manager estime oportuno en cada punto de proyecto, de tal forma que se evalúe de forma objetiva su estado y se compare con lo planificado. De este análisis se irán sucediendo las acciones correctivas correspondientes.

Si bien es cierto que la dirección del proyecto tiene la libertad completa de fijar los indicadores que estime oportunos, unas KPIs marco a considerar serían, entre otras, el porcentaje de ejecución o el consumo de márgenes (gasto porcentual planificado respecto del avance porcentual del proyecto).

4. Insuficiencia de control y seguimiento, con respuesta correctiva: Similar a lo detallado en el apartado 3.
5. Especificación de diseño poco preciso, con respuesta correctiva: En caso de que se detecte algún fallo de diseño, se deberá modificar de forma inmediata e intentando reducir el impacto del alcance lo máximo posible.
6. Estimación insuficiente de trabajo, con respuesta correctiva: Similar a lo detallado en el apartado 3.
7. Asignación inadecuada del personal, con respuesta de aceptación: En caso de que se requiera un aumento de recursos humanos, se utilizará parte de la partida destinada a imprevistos.
8. Retraso/modificación de adjudicación de licencias: Se deberán asumir los retrasos relacionados a la adquisición de licencias de obra, aunque la solicitud será realizada con la mayor antelación posible.



Con todo ello, se completa la propuesta relativa a la gestión de los proyectos, con el fin último de aumentar las probabilidades de éxito del proyecto y, por tanto, minimizando los riesgos que pongan en peligro los objetivos establecidos.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta lo mencionado durante el proyecto, en última instancia se van a analizar los resultados obtenidos, con el fin de valorar si los objetivos propuestos se han completado adecuadamente.

Se ha realizado el diseño y el dimensionamiento de una instalación eléctrica completa, tanto de la parte correspondiente a la acomedita en Media Tensión y la distribución en Baja Tensión, como de la parte correspondiente al generador fotovoltaico.

Los cálculos convencionales realizados por el proyectista, mediante las fórmulas de análisis correspondientes, se ratifican con los obtenidos en los softwares de aplicación y de uso en la industria como CANECO [20], DIALux [12] o PVSYST [18], entre otros. Con ello, se puede verificar la adecuación de la instalación industrial y se puede afirmar que se ha diseñado correctamente y siguiendo los criterios requeridos en las primeras fases del proyecto.

Con todo ello, la instalación eléctrica dimensionada tiene un costo que asciende a, aproximadamente, 2,91 millones de euros, entre los cuales, la instalación del generador fotovoltaico está valorada alrededor de los 591 mil euros.

Al hilo del presupuesto de la instalación fotovoltaica, se propone instalar un generador de casi 1 MW de potencia que llegue a generar, como mínimo, 1,6 GWh/año de energía fotovoltaica. Además, gracias a esta instalación se cumplirá otro de los objetivos principales propuestos al inicio del proyecto: crear un espacio de producción energéticamente más sostenible. Por lo tanto, suponiendo una carencia de emisión de 0,2 kg de CO₂ eq./kWh, la instalación lograría reducir anualmente 323,5 toneladas de CO₂ equivalentes.

Por otro lado, se han detallado aspectos trascendentales del proyecto como su planificación, con el Diagrama de Gantt como eje, y su gestión, donde se describen las responsabilidades de los actores que entran en juego. Además, se analizan los grupos de interés relativos al proyecto, así como los riesgos que pueden surgir durante la ejecución del mismo.

Por lo tanto, y en consonancia con el aspecto académico, el estudiante ha logrado adquirir las siguientes competencias:

- Ha mostrado capacidades para la realización de un proyecto completo, dentro del marco de competencias y atribuciones profesionales que lo caracterizan.
- Ha aplicado satisfactoriamente los conocimientos adquiridos en el Máster en Ingeniería Industrial, especialmente los relacionados con su ámbito de especialidad.
- Ha mostrado creatividad como para completar un trabajo profesional sin la referencia de agentes que marcaran criterios de diseño.
- Debido a la iniciativa del estudiante por la realización de este proyecto, ha conseguido asentarse en el panorama profesional de este ámbito, lo que ha favorecido el rigor profesional del diseño realizado y ha enriquecido la propuesta inicial del trabajo.
- Ha adquirido competencias en materia de softwares de uso profesional, entre los que destacan: CANECO, DIALux, DAISALUX, AutoCAD, PVSYST, XLPRO3 o RHAPSODY.
- Ha completado la formación académica al realizar aplicaciones del ámbito profesional, como la creación de una instalación fotovoltaica de autoconsumo.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- [1]. *Plan Especial de Actuación Urbana y Modificación Pormenorizada del PSIS*. Nasuvinsa. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: <http://internet.gccpublica.navarra.es/sot/Documentos/0009-OT06/2019-000003/20180713%20Doc%20Tecnica/PEAU%20LA%20SERNA%20textos.pdf>
- [2]. *Sistema de Información Territorial de Navarra*. Sitna. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: <https://sitna.navarra.es/navegar/ventana.aspx?fondo=ortofotocolor1/5.0002020&vector=CatastroCallejero&Xmin=599416.986&Ymin=4726924.072&Xmax=617414.289&Ymax=4740319.325&lang=es>
- [3]. *Normas particulares para instalaciones de Alta Tensión (hasta 30 kV) y Baja Tensión*. Iberdrola. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/centrales-electricas-subestaciones/iberdrola/MT_2.03.20_9_FEB14-.pdf
- [4]. *Documentación y referencias en visita a empresa*. Mitsubishi Logisnext Europe S.A., Navarra.
- [5]. *Norma DIN 1946*. Renovación del aire. Casals. Disponible online [fecha de la consulta: 28/03/2021]: https://www.casals.com/assets/uploads/editor/file/renovacion_de_aire_en_locales_tipicos_casals.pdf
- [6]. Arriaga, P. (2020). Fuentes de Energía. *Energía Solar Fotovoltaica*.
- [7]. *Esquema de instalación fotovoltaica de autoconsumo*. Solventia Solutions. Disponible online [fecha de la consulta: 31/03/2021]: [esquema-fotovoltaico-1 - Solventia Solutions \(solventia-solutions.es\)](https://solventia-solutions.es)
- [8]. *Real Decreto 244/2019*. Boletín Oficial del Estado. 6 de abril de 2019. Disponible online [fecha de la consulta: 31/03/2021]: <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>
- [9]. *Ley 24/2013*. Boletín Oficial del Estado. 27 de diciembre de 2013. Disponible online [fecha de la consulta: 31/03/2021]: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/27/pdfs/BOE-A-2013-13645.pdf>
- [10]. *Real Decreto 842/2002*. Boletín Oficial del Estado. 18 de septiembre del 2002. Disponible online [fecha de la consulta: 01/04/2021]: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2002/08/02/842>
- [11]. *Norma UNE-EN 61439-2:2012*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 01/04/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049103>

- [12]. *DIALux*. Programa de diseño de iluminación. Disponible online [fecha de la consulta: 02/04/2021]: <https://www.dialux.com/es-ES/descargar>
- [13]. Buigues, G. (2020). Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión.
- [14]. *Norma UNE-EN 60364-5-52:2014*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 05/04/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054027>
- [15]. *Norma UNE-HD 60364-4-43:2013*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 06/04/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0050710>
- [16]. *Norma UNE-EN 60909:2016*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 06/04/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046678>
- [17]. *Electrical Calculation Tool*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 06/04/2021]: <https://hto.power.schneider-electric.com/cbt/app/index.html?code=1f2fe028-7ddf-42a2-8fbe-064e1468161a#/Dashboard>
- [18]. *Photovoltaic Geographical Information System*. EU Science Hub. Disponible online [fecha de la consulta: 07/04/2021]: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [19]. *UNE-EN 50618:2015*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?Tipo=N&c=N0054621>
- [20]. *CANECO - ALPI*. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://es.alpi-software.com/>
- [21]. *UNE-EN 211435:2011*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0047370>
- [22]. *IEC 62548:2016*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/iec?c=25949>
- [23]. *Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red*. IDAE. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- [24]. *Real Decreto 166/2011*. Boletín Oficial del Estado. 18 de noviembre del 2011. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242>
- [25]. *El libro blanco de la instalación: Manual técnico y práctico de cables y accesorios para Media Tensión*. Prysmian Group. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: https://www.prysmianclub.es/wp-content/uploads/2018/05/Guia_TECNICA_Cables_Acesorios_MEDIA_Tension-1.pdf
- [26]. *UNE-EN 62271:2019*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062161>

- [27]. *Real Decreto 1955/2000*. Boletín Oficial del Estado. 1 de diciembre del 2000. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-24019>
- [28]. MS Project. Microsoft. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/project/project-management-software>
- [29]. MATLAB. Software de programación y cálculo numérico. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>
- [30]. DAISALUX. Iluminación de Emergencia. Disponible online [fecha de la consulta: 22/04/2021]: <https://www.daisalux.com/es-es/>
- [31]. *UNE-EN 60529:2018*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060015>
- [32]. *UNE-EN 62262:2002*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0048964>
- [33]. *Diseño de puestas a tierra en centros de transformación de tensión nominal <30 kV*. I-DE. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-alta-tension/Documents/centrales-electricas-subestaciones/iberdrola/MT_2.11.34_1_FEB14-.pdf
- [34]. *Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría*. UNESA.
- [35]. *UNE-EN 21186:2011*. AENOR. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0048559>
- [36]. *Código Técnico de la Edificación*. Ministerio de Industria. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://www.codigotecnico.org>
- [37]. *Real Decreto 337/2014*. Boletín Oficial del Estado. 9 de junio de 2014. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>
- [38]. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. IEEE Std 80-2013 (Revision of IEEE STD 80-2000), vol., no., pp. 1-226, 15 May 2015. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7109078>
- [39]. Ley 31/1995. Boletín Oficial del Estado. 8 de noviembre de 1995. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- [40]. *Real Decreto 1627/1997*. Boletín Oficial del Estado. 25 de octubre de 1997. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-22614>
- [41]. XLPRO³. Disponible online [fecha de la consulta: 09/08/2021]: <https://www.grupolegrand.es/XLPRO3/index.asp>

CATÁLOGOS

- [1-C]. *Centro de mecanizado Ibarria zv45*. IBARMIA. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: https://www.ibarmia.com/site/assets/files/1469/1_zvh_star_1500-3000_esp.pdf
- [2-C]. *Cortadora láser Optimo*. Prima Power. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: <https://pdf.directindustry.es/pdf/prima-power/optimo/9328-442523.html>
- [3-C]. *Polipasto eléctrico*. Jaguar. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: https://www.industriasjaguar.com/gestor/recursos/uploads/archivos/CATALOGO_JAGUAR_2_018_PARADESCARGAR_DIGITAL.pdf
- [4-C]. *Robots industriales*. ABB. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales>
- [5-C]. *Soldador industrial*. Lincoln Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: <https://www.solyman.com/wp-content/uploads/2017/08/Ficha-de-producto-TOMAHAWK-1025-1538.pdf>
- [6-C]. *Extractor industrial*. KEMPER. Disponible online [fecha de la consulta: 22/03/2021]: <https://www.kemper.eu/es>
- [7-C]. *Punzonadora hidráulica*. NARGESA. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://www.nargesa.com/es/maquinaria-industrial/punzonadora-hidraulica-mx700/>
- [8-C]. *Dobladora hidráulica*. ACEMT. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: http://www.acemachinetools.com/h-pd-280.html# pp=0_388_40_-1
- [9-C]. *Elevador posicionador eléctrico*. Disset Odiseo. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://www.dissetodiseo.com/producto/elevador-posicionador-de-material-electrico-para-400kg/>
- [10-C]. *Posicionador para soldadura y ajuste*. Hidrogarne. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://www.hidrogarne.com/posicionador/>
- [11-C]. *Granalladora*. AGTOS. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: https://www.agtos.com/media/W1siZiIsIlwMTYvMDYvMDkvN3d0OTZ2dnc0bF9oYW5nZXJfdHlwZV9ibGFzdF9tYWNoaW5lc19nYi5wZGYiXV0/bfcee9ae59c72ea/hanger_type_blast_machines_gb.pdf
- [12-C]. Malavolti, M.V. (2005). *Nueva instalación de cataforesis para componentes de automóvil en GESTAMP*. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: https://www.cabycal.com/wp-content/uploads/2016/12/2006_05-06-RI-N%c2%ba-33-Metalbaques.pdf
- [13-C]. *Estimación consumo de transportador power and free*. Ingemecánica. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn84.html>

- [14-C]. *Sistema de ventilación forzada*. S&P. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://statics.solerpalau.com/media/import/documentation/cp02.pdf>
- [15-C]. *Túnel de tratamiento*. RSanMames. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: http://rsanmames.com/tuneles_desengrase_lavado.htm
- [16-C]. *Túnel de lavado*. Euro Therm. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://eurotherm.eu/wp-content/uploads/2018/10/11-Euro-TLL-EN.pdf>
- [17-C]. *Maquinaria de pintura*. GEINSA. Disponible online [fecha de la consulta: 23/03/2021]: <https://www.geinsa.com/es/hornos-secado-polimerizado>
- [18-C]. *Horno polimerizado de secado*. OMIA. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: <https://www.omia.fr/images/system/categories-industrie/brochures/etuve-fr-en.pdf>
- [19-C]. *Robot de pintado*. ABB. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-5400/irb-5400-data>
- [20-C]. *Grúa puente*. Metalher, S.L. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: <https://metalhersl.com/maquinaria.html>
- [21-C]. *Frenómetro*. Spacetest. Disponible online [fecha de la consulta: 24/03/2021]: https://www.spacetest.com/wp-content/uploads/2016/06/SPACE_SPRT003D_FR_01.pdf
- [22-C]. *Carretilla elevadora contrapesada J2.0 XNT*. Hyster. Disponible online [fecha de la consulta: 25/03/2021]: <https://www.hyster.com/emea/es-es/gama-de-productos/visi%C3%B3n-general-de-los-productos/carretillas-el%C3%A9ctricas-de-3-ruedas/carretillas-elevadoras-el%C3%A9ctricas-1500-2000kg/>
- [23-C]. *Carretilla elevadora contrapesada J4.0-5.5XN*. Hyster. Disponible online [fecha de la consulta: 25/03/2021]: <https://www.hyster.com/emea/es-es/gama-de-productos/visi%C3%B3n-general-de-los-productos/carretillas-el%C3%A9ctricas-de-4-ruedas/carretillas-elevadoras-el%C3%A9ctricas-4000-5500kg/>
- [24-C]. *Baterías ion-litio para carretilla elevadora*. Unicarriers. Disponible online [fecha de la consulta: 25/03/2021]: <https://www.unicarriereurope.com/es/productos/soluciones-de-baterias/ion-litio#brochure>
- [25-C]. *Cargadores de baterías*. Llorsa. Disponible online [fecha de la consulta: 25/03/2021]: https://www.llorsa.com/wp-content/uploads/2017/03/MIDATRON_chargers_Midac.pdf
- [26-C]. *Bomba de calor EWYT-B-XL*. Daikin. Disponible online [fecha de la consulta: 28/03/2021]: https://www.daikin.es/es_es/productos/ewyt-b-xl.html
- [27-C]. *Enfriadora Inverter EWAH-TZXR*. Daikin. Disponible online [fecha de la consulta: 28/03/2021]: https://www.daikin.es/es_es/productos/ewah-tzxr.html
- [28-C]. *Ascensor compatible con placa solar*. OTIS. Disponible online [fecha de la consulta: 30/03/2021]: <https://www.otis.com/documents/256045/13370775/GeN2+Switch+-+Switch+Solar.pdf/88cd68aa-4b10-95d1-f68a-3047a49f0f46?t=1592303152218>

- [29-C]. *Centro de Transformación prefabricado*. Ormazabal. Disponible online [fecha de la consulta: 01/04/2021]: https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.1_Documents_Catleg_C.T_ORMAZABAL.pdf?sequence=7
- [30-C]. *Transformadores de potencia secos encapsulados*. Legrand. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://www.legrand.es/documentos/Catalogo-Encapsulados-de-resina-CRT-Legrand.pdf>
- [31-C]. *Lámpara de emergencia*. Zemper. Disponible online [fecha de la consulta: 02/04/2021]: http://52.169.234.105/LVE9500LXP_idioma_SPA.pdf
- [32-C]. *Acti 9: Interruptores automáticos modulares*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 12/04/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Id=27569912&p_File_Name=catalogo-acti9-.pdf&p_Reference=ESMKT01033A11
- [33-C]. *Interruptores automáticos y en carga de caja moldeada de 100 a 630 A hasta 690 V*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 13/04/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Id=1737631588&p_File_Name=Cat%C3%A1logo+Compact+NSX_2015_ESMKT01172F15_LD.pdf&p_Reference=ESMKT01172F15
- [34-C]. *Masterpact MTZ. Interruptores automáticos y de bastidor abierto*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 13/04/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Id=4882749025&p_File_Name=Catalogo+Masterpact+MTZ+ESMKT01193E16.pdf&p_Reference=ESMKT01193E16
- [35-C]. *CSW-450MS HiKu*. Canadian Solar. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3W-MS_EN.pdf
- [36-C]. *INGECON Sun 100TL*. Ingeteam. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/p15_24_624_450/ingecon-sun-100tl.aspx
- [37-C]. *INGECON SUN StringBox*. Ingeteam. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: <https://www.ingeteam.com/Download/2185/attachment/ingecon-sun-stringbox-12-32-1500v.pdf.aspx>
- [38-C]. *Prisma P*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DESW016EN.pdf&p_Doc_Ref=DESW016EN
- [39-C]. *Prisma Plus G*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DESW015EN.pdf&p_Doc_Ref=DESW015EN_ES



- [40-C]. *Cables para instalaciones de energía solar fotovoltaica*. General Cable. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4928/fichero/6.+ANEXOS%252FAnexo+Cableado%252FExzhellentSolar.pdf>
- [41-C]. *El libro blanco de la instalación*. Prysmian Group. Disponible online [fecha de la consulta: 16/04/2021]: http://www.prysmianclub.es/wp-content/uploads/2018/05/2018_Prysmian_-CATALOGO-PRODUCTOS_Baja-Tensi%C3%B3n-ilovepdf-compressed.pdf
- [42-C]. *Interruptor diferencial Vigi iC60N*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 18/04/2021]: <https://www.se.com/es/es/product/A9Q14425/quick-vigi-ic60-4p-25a-300ma-ac/?range=7558-acti-9-vigi-para-ic60&node=12146985909-m%C3%B3dulo-diferencial-auxiliar&selected-node-id=12146985909>
- [43-C]. *Canalización de bandeja perforada Rejiband*. Pemsa. Disponible online [fecha de la consulta: 18/04/2021]: <https://www.pemsa-rejiband.com/wp-content/uploads/2015/05/0.-Pemsa-Rejiband-Sistemas-Portacables.pdf>
- [44-C]. *Celdas de Media Tensión*. Ormazabal. Disponible online [fecha de la consulta: 08/08/2021]: <https://www.ormazabal.com/es/descargas/cat%C3%A1logos-y-documentaci%C3%B3n>
- [45-C]. *Baterías automáticas de condensadores*. Cisar. Disponible online [fecha de la consulta: 23/04/2021]: <https://cisar.es/wp-content/uploads/2015/03/BATER%C3%8DAS-AUTOM%C3%81TICAS-DE-CONDENSADORES-PVP-2017.pdf>
- [46-C]. *Catálogo de cables y accesorios para Media Tensión*. Prysmian Group. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: https://www.prysmianclub.es/sdm_downloads/catalogo-1/
- [47-C]. *Descargador de sobretensiones DMI 18101L*. DEHN. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: https://www.dehn.es/store/f/6886997/Artikelnummer_PDF/990006.pdf
- [48-C]. *Disyuntores MT*. Merlin Gerin. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Catalogo+Interruptores+Automaticos+LF+y+SF.pdf&p_Doc_Ref=Catalogo+Interruptores+Automaticos+LF+y+SF
- [49-C]. *Celdas de MT*. Schneider Electric. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: <https://www.se.com/es/es/product-category/87897-celdas-media-tensi%C3%B3n/>
- [50-C]. *Estructura suelo 38 módulos fotovoltaicos*. Autosolar. Disponible online [fecha de la consulta: 03/05/2021]: <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-suelo-38-panel-fv925-cred>

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO I

PLIEGO DE CONDICIONES

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021

ÍNDICE DEL ANEXO I: PLIEGO DE CONDICIONES

1.	REGLAMENTACIÓN, DISPOSICIONES Y NORMATIVA.....	147
1.1.	Reglamentación estatal	147
1.2.	Disposición municipal	148
1.3.	Normativa UNE/IEC	148
1.4.	Disposiciones adicionales.....	149
2.	Requerimientos básicos de electricidad	150
2.1.	Alcance del trabajo	150
2.2.	Coordinación del trabajo con otros oficios.....	150
2.3.	Interpretación de planos y especificación de instalaciones eléctrica	151
2.4.	Aceptación de planos de montaje	152
2.5.	Planos durante la construcción	153
2.6.	Control de calidad.....	153
2.7.	Transporte, almacenamiento y manejo	154
2.8.	Identificación y señalización de alumbrado y fuerza	155
2.9.	Limitación de ruidos	155
2.10.	Limpieza.....	156
2.11.	Protección	156
3.	Materiales y métodos básicos de electricidad	156
3.1.	Celdas de Media Tensión prefabricadas.....	157
3.2.	Transformadores de tensión	157
3.3.	Cables de alimentación a transformador	157
3.4.	Equipamiento de seguridad	157
3.5.	Canalizaciones	158
3.6.	Canal de cables.....	159
3.7.	Bandejas de cables	160
3.8.	Tubos de PVC flexible	161
3.9.	Cajas de registro o derivación	161
3.10.	Conductores	161
3.11.	Prensaestopas para cables	162
3.12.	Interruptores diferenciales.....	163



3.13.	Interruptores Automáticos.....	163
	Interruptores automáticos modulares.....	163
	Interruptores automáticos de caja moldeada.....	163
	Interruptores automáticos de bastidor abierto.....	163
3.14.	Interruptores de alumbrado.....	164
3.15.	Bases de tomas de corriente.....	164
3.16.	Luminarias.....	164
	Luminarias de emergencia.....	164
	Luminarias de uso común.....	164
	Balastos electrónicos.....	164
3.17.	Red de tierras.....	165
	Sistema principal.....	165
4.	<i>Instalación eléctrica de Media Tensión.....</i>	<i>166</i>
4.1.	Distribución de Media Tensión.....	166
4.2.	Centro de Transformación.....	166
4.3.	Aparamenta en cabinas metálicas a 13,2 kV.....	166
4.4.	Instalación de celdas.....	168
4.5.	Barras de Media Tensión.....	168
4.6.	Componentes de Baja Tensión.....	168
4.7.	Interruptores automáticos.....	168
4.8.	Interruptor de corte (SF6).....	169
4.9.	Transformadores de medida, protección y control.....	169
4.10.	Celda de medida.....	170
4.11.	Transformadores de potencia.....	170
	Núcleo del transformador.....	171
	Devanados.....	171
	Terminaciones.....	171
4.12.	Colocación de Trafos.....	171
4.13.	Puentes de MT de alimentación a los trafos.....	171
4.14.	Cables de Media Tensión.....	172
	Conductores eléctricos.....	172
	Testeo de cables de Media Tensión.....	172
4.15.	Puesta a tierra.....	173
	Conexión a tierra.....	173
	Circuitos de puesta a tierra.....	173
5.	<i>Instalaciones eléctricas de Baja Tensión.....</i>	<i>174</i>
5.1.	Cuadro General de Baja Tensión.....	174



5.2.	Cuadros de Distribución	175
5.3.	Canalizaciones	176
5.4.	Cables eléctricos de Baja Tensión	176
5.5.	Identificación de equipos	177
6.	<i>Instalaciones eléctricas del generador fotovoltaico</i>	177
6.1.	Sistemas de Generación Fotovoltaica	177
6.2.	Soporte	178
6.3.	StringBox.....	178
6.4.	Inversores	178
6.5.	Cables eléctricos de Corriente Continua	178
6.6.	Conexión a red	179
7.	<i>Canalizaciones enterradas</i>	179
7.1.	Arquetas de paso y de derivación.....	179
8.	<i>Elementos de puesta a tierra.....</i>	180
8.1.	Conductor de cobre	180
8.2.	Picas.....	180
8.3.	Arqueta registrable.....	180
9.	<i>Batería de condensadores.....</i>	180
10.	<i>Protección frente a descargas atmosféricas.....</i>	181
11.	<i>Ensayos y puesta en marcha de servicios eléctricos.....</i>	181

1. REGLAMENTACIÓN, DISPOSICIONES Y NORMATIVA

1.1. Reglamentación estatal

1. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, con sus respectivas modificaciones.
2. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
3. Resolución del 31 de mayo de 2011, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
4. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
5. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, con sus respectivas modificaciones.
6. Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
7. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT.
8. RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
9. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
10. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
11. Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
12. Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica.
13. 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.

1.2. Disposición municipal

14. Plan Sectorial de Incidencia Supramunicipal del Área industrial en Cendea de Galar (Comarca 2).

1.3. Normativa UNE/IEC

15. Norma UNE-EN 61194:1997. Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
16. Norma UNE-EN 61277:200. Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
17. Norma UNE-EN 61724:2017. Rendimiento del sistema fotovoltaico. Monitorización.
18. Norma UNE-EN 211435:2021. Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
19. Norma UNE-EN 61439-2:2012. Conjunto de aparamenta de baja tensión.
20. Norma UNE-EN 60364-4-43:2013. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-43: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobrintensidades.
21. Norma UNE-EN 50618:2015. Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
22. Norma UNE-EN 60364-5-53:2016 V2. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-53: Selección e instalación de equipos eléctricos. Aparamenta.
23. Norma UNE-EN 60909:2016. Cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.
24. Norma IEC 62548:2016. Photovoltaic Arrays.
25. Norma UNE-EN 62466:2016. Sistemas fotovoltaicos (FV). Requisitos para ensayos, documentación y mantenimiento.
26. Norma UNE-EN 60904:2018. Dispositivos fotovoltaicos.
27. Norma UNE-EN 62271:2019. Aparamenta de alta tensión.
28. Norma UNE-EN 62262:2002. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos.
29. Norma UNE-EN 60529:2018. Grados de protección proporcionados por las envolventes.
30. Norma UNE-EN 21186:2011. Protección contra el rayo: PDC.
31. Norma UNE-EN 61386-22:2005. Sistemas de tubos para la conducción de cables.
32. Norma UNE-EN ISO 1461:2010. Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro o acero.
33. Norma UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

34. Norma UNE-EN 61215-1-2:2017. Módulos fotovoltaicos para uso terrestre.
35. Norma UNE-EN 62305-1:2011. Protección contra el rayo.
36. Norma UNE 21123-1:2017. Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV.
37. Norma UNE 21186:2011. Protección contra el rayo: Dispositivo de cebado.

1.4. Disposiciones adicionales

38. Normas particulares para instalaciones de Alta Tensión (hasta 30 kV) y Baja Tensión de Iberdrola.
39. Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red de IDAE.
40. Diseño de puestas a tierra en centros de transformación de tensión nominal <30 kV de i-DE.
41. Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. Recomendación UNESA.
42. Celdas prefabricadas monobloque para centros de transformación, maniobra y protección hasta 36 kV. Recomendación UNESA 6404A.
43. Cortacircuitos fusibles limitadores. Recomendación UNESA 6405A.
44. Transformadores de medida y protección hasta 36 kV. Recomendación UNESA 4201A y 4202A.
45. Transformadores trifásicos para distribución de Baja Tensión. Recomendación UNESA 5201C.

2. Requerimientos básicos de electricidad

2.1. Alcance del trabajo

De acuerdo con las especificaciones de aplicación, se realizarán las instalaciones eléctricas completas que, en general, consistirán en una distribución enterrada, una de baja tensión en la que estarán incluidas cuadros, canalizaciones, cableado, instalaciones de fuerza y alumbrado, protección contra descargas atmosféricas y resto de accesorios o sistemas requeridos para la consecución de tal efecto, sin estar limitado a ellas y, finalmente, una instalación exterior para autoconsumo mediante generación fotovoltaica.

2.2. Coordinación del trabajo con otros oficios

Las especificaciones constructivas determinan los conceptos de trabajo bajo diversas contratas de ejecución. El listado adjunto estará considerado como instrucción particular para el contratista eléctrico, incluyendo las instalaciones:

- Cableado general para toda instalación que incluya alimentación eléctrica; no obstante, quedan excluidas las etapas de control y maniobra de motores y reguladores, haciéndose cargo de ello el contratista correspondiente.
- Arriostramiento, suspensión y anclaje.
- Montaje de amarres, consolidación y fijaciones correspondientes.
- Pasamuros y sellado impermeable y resistente al fuego de los mismos.
- Retoques de pintura de elementos y equipos, así como de pintura antioxidante en los puntos de obra correspondientes.
- Retirada de excedentes.
- Herramienta especial para la manutención del equipamiento.
- Corrección de daños y desperfectos sujetos a materiales.
- Preparación del montaje en obra.
- Conexión de cableado general, instalación de cajas de registro y resto de equipo para adaptación y interconexión de cableados.

Todo material instalado que no sea suministrado del listado de requerimientos eléctricos deberá ser examinado exhaustivamente en la entrega en obra. Además, todo equipamiento recibido que requiera de procedimientos adicionales a lo estipulado deberá ser solicitado por escrito en un periodo previo a una semana de la entrega en obra.

Todos los requerimientos de espacio deberán ser verificados con el fin de comprobar que los materiales pueden ser instalados de acuerdo con lo proyectado. Se deberá transmitir a la Dirección Facultativa, con suficiente antelación, toda información requerida para el resto de los contratistas, con tal de aunar criterios de trabajo.

2.3. Interpretación de planos y especificación de instalaciones eléctrica

Toda la aparamenta utilizada en obra será abonada mediante la aplicación de precios unitarios de unidades, metros lineales, etc. o los citados en su caso. Tanto en especificaciones como en planos, los términos no técnicos serán aplicados de acuerdo con lo descrito a continuación y haciendo caso omiso a contradicciones dispuestas en las condiciones generales o cualquier otro documento adicional:

- **Suministro:** Se entenderá por suministro todo aquello que incluya material, dimensionamiento, disposición, transporte y almacenamiento en obra, procedimientos, especificaciones, planos, cálculos, manuales y programas requeridos en la construcción y fabricación del material, así como en los costos relativos a visados, tasas, etc. que se requieran en la materialización de la instalación.
- **Instalación o Montaje:** Se entenderá por instalación o montaje el coste de medición, replante, elevación, manipulación, ejecución, fijación de aparamenta, sellados, etc. así como colocación, conexionado eléctrico, mantenimiento en obra, limpieza, entrega, adopción de medidas de seguridad y accidentes de personas.
- **Proveer:** Se entenderá por proveer al suministro e instalación correspondiente.
- **Nuevo:** Se entenderá como nuevo a todo aquello fabricado en un periodo inferior a dos años y sin previo uso.
- **Prueba:** Se entenderá como prueba a la comprobación de la instalación, puesta a punto de aparamenta, protecciones, energización, medidas de seguridad de materiales o contra accidentes, comprobación de resultados, análisis y entrega.
- **Condición Estándar de Medida (CEM):** Condición de irradiancia y temperatura para la caracterización del trabajo de los módulos fotovoltaicos a 1000 W/m^2 , 25°C y una distribución espectral AM 1,5G.
- **TONC:** Temperatura de operación nominal de la célula fotovoltaica al estar sometida a una irradiancia de 800 W/m^2 , 20°C , distribución espectral AM 1,5G y velocidad de viento de 1 m/s .

Toda la metodología de instalación descrita en planos y especificaciones deberá estar planificada bajo condiciones de aplicación de montaje normativa, exceptuando los casos en los que se indique lo contrario. Además, todo elemento y sistema de instalación descrito en los planos e instalaciones será aplicado de acuerdo con los requerimientos de tensión asignados al mismo.

Se entiende que tanto las especificaciones como la memoria y los planos son documentación complementaria y que se deberán tener en cuenta de forma conjunta. En los casos excepcionales donde existan discrepancias entre ellas, siempre se deberán considerar las indicaciones más restrictivas. En adición, todas las especificaciones generales deberán tenerse en cuenta a la hora de realizar modificaciones en obra, si es que se producen.

Ninguna exclusión o limitación de símbolos en plano o de redacción en especificaciones podrá ser interpretada como argumento para omitir medios, metodologías o complementos necesarios para el montaje adecuado de aparamenta eléctrica.

Los planos documentados estarán basados en simbología y esquemas sin significado dimensional alguno y sin indicar el posicionamiento exacto de la aparamenta. Esta documentación tiene como único fin la facilitación de la información de montaje y, por lo tanto, se deberá tener en cuenta la coordinación entre sí de la aparamenta indicada. Así pues, el trabajo realizado deberá satisfacer la intención mostrada en los esquemas y en conformidad con las especificaciones incluidas.

Los planos documentados muestran una implantación general del equipamiento; no obstante, la implantación de los mismos, equipamiento especial, recorrido del cableado, canalizaciones, etc. son esquemáticos a menos que se especifique o contrario y se incluyan las dimensiones correspondientes. Además, los esquemas representados no incluyen todos los accesorios que se requieren en una adecuada y total instalación eléctrica (fijaciones, cajas de registro y derivación...). A excepción de áreas de específica importancia, los planos no recogen canalizaciones o circuitos finales de distribución con cableado asociado; sin embargo, sí viene identificada la carga asociada al conductor correspondiente en el esquema unifilar de la instalación.

El contratista será el encargado de realizar el suministro definitivo de las canalizaciones y cableado de forma suficiente y necesaria para lograr la alimentación y configuración de los circuitos proyectados. Además, la información correspondiente a acabados y condiciones estructurales serán aquellas dispuestas en los planos específicos de arquitectura, con los requerimientos correspondientes, que quedan fuera del alcance de este pliego.

Los valores característicos de elementos, materiales y equipamiento especificado sin referencia a características específicas vendrán correspondidos por los valores nominales estipulados en las normas de estandarización industrial.

2.4. Aceptación de planos de montaje

Previa adquisición de equipamiento y material, se deberán presentar las especificaciones proporcionadas por los fabricantes para la correspondiente supervisión y validación. Así mismo, el contratista deberá entregar a la Dirección Facultativa un documento que contenga los planos de montaje, previo inicio de la instalación eléctrica.

Los planos de montaje estarán documentados en formato apaisado y con una escala no inferior a 1:100. Por otro lado, las secciones documentadas deberán estar en formato apaisado y con una escala no inferior a 1:50.

Previo ensamblaje o instalación, se deberá aportar la siguiente información:

- Información del producto: Hojas de fabricante del equipamiento con todas las especificaciones de este, donde se incluyan dimensiones, peso, material y características de funcionamiento. Se deberán incluir, además, las certificaciones requeridas que avalen sus especificaciones, las características eléctricas completas, diagramas eléctricos y las hojas de características suministradas en los catálogos facilitados por el fabricante.

- Muestras: Si así lo solicita la Dirección Facultativa, la persona instaladora deberá presentar todas las muestras y/o catálogos, especificaciones, planos y planificación que se le requiera. En cualquier caso, la documentación no será aceptada para revisión si:
 - No contempla información de accesorios o complementos.
 - No está debidamente indicado para función y servicio o no incluye información relativa al proyecto.
 - No está identificada de forma adecuada.

La parte contratista deberá suministrar la planificación básica del cableado para los equipamientos que deban ser suministrados mediante arrancador de motor y bornas de conexión.

2.5. Planos durante la construcción

Se deberán documentar mensualmente planos *as built* del montaje realizado y se entregará en un documento unificado en formato .pdf. Además, los planos deberán completarse con especificaciones descriptivas, de tal forma que se registre el modo y el contenido del trabajo realizado en obra.

Así pues, se requiere incluir la siguiente información:

- Instalación eléctrica realizada de acuerdo con el diseño original.
- Instalación eléctrica realizada de acuerdo con las modificaciones y añadidos realizados.
- Dimensiones adicionales no incluidas en los puntos anteriores y que definan adecuadamente la aparamenta instalada.
- Actualización de las hojas de características del equipamiento.

En los casos particulares en los que se disponga de planos de montaje aprobados, los planos *as built* estarán referenciados a los planos de montaje correspondientes. Los planos deberán asegurar el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [10] y normativa vigente, de acuerdo con lo recogido en el apartado *REGLAMENTACIÓN, DISPOSICIONES Y NORMATIVA*, en relación con los criterios aplicados, así como las normas técnicas de la empresa distribuidora.

2.6. Control de calidad

Las especificaciones adjuntas referencian la calidad mínima requerida en las características técnicas:

- Equipos y materiales: Todo equipamiento y material utilizado en la instalación permanente deberá estar suministrado por fabricantes reconocidos y serán nuevos según:

- Nueva clasificación y/o catálogo de acuerdo con estándares y normativas vigentes.
- Sin daño ni defecto.
- Para uso permanente, salvo que la Dirección Facultativa indique lo contrario.

El material utilizado deberá estar verificado por las autoridades de calidad correspondientes y, cuando se requieran de examen, prueba, certificación u homologación, el producto deberá pasar dichos requerimientos.

En caso de que se indiquen marcas y/o modelos en mediciones, serán meramente orientativas; por lo tanto, en el caso en el que se oferten otro tipo de materiales, deberán ser de la misma calidad y cantidad, quedando a juicio de la Dirección Facultativa su aprobación.

Los accesorios requeridos para la correcta finalización de la instalación serán suministrados e implementados por la persona instaladora, sin costo adicional. Por lo tanto, se considera se incluyen en los precios unitarios descritos en las mediciones.

Todo el equipamiento de la instalación eléctrica deberá ser del mismo fabricante, excepto para las canalizaciones y los cables, quedando a juicio de la Dirección Facultativa su aprobación.

Para todo elemento que debe ser instalado, pero no adquirido como parte de la instalación, se deberá realizar la comprobación previa correspondiente, de acuerdo con la información disponible.

- Precauciones en recintos eléctricos: Toda canalización de servicios adicionales no eléctricos, no se podrán ubicar en los recintos de los cuadros principales, centro de transformación, etc. a menos que se hayan diseñado con una finalidad concreta para tal efecto y estén recogidos en los Documentos del Contrato.
- Pruebas: Previa recepción final del trabajo, se deberán realizar todas las pruebas y puesta en marcha correspondientes de los servicios eléctricos, además de las requeridas por la Dirección Facultativa. Estas pruebas se realizarán con la supervisión y aprobación de un representante de la Dirección Facultativa, cuya planificación de ejecución deberá ser acordada previamente con el citado órgano. Cualquier deficiencia ocasionada por trabajos eléctricos deberá ser subsanada sin coste adicional.

En cualquier caso, se deberá asegurar que el material empleado en la instalación cumple con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [10] y resto de normativas vigentes, así como lo dispuesto en las normas técnicas de la empresa distribuidora.

2.7. Transporte, almacenamiento y manejo

Toda recepción y almacenamiento del material se hará por medio del embalaje suministrado por el fabricante y con las etiquetas suministradas por el mismo, incluyendo información adicional como denominación, grado de protección, etc. que se estime oportuno. El stock del equipamiento se deberá almacenar de forma ordenada y limpia, en locales secos, con distanciamiento del suelo y en consonancia con las instrucciones del fabricante. Queda terminantemente prohibido abrir el embalaje y extraer la identificación antes del momento de la instalación.

2.8. Identificación y señalización de alumbrado y fuerza

Se identificarán de forma individual:

- Cuadros generales mediante numeración, en pletinas dispuestas en el exterior. Las fases estarán grabadas en cada una de las barras del embarrado del cuadro.
- Cuadros de distribución mediante numeración, en pletinas dispuestas en el exterior. Las fases estarán grabadas en cada una de las barras del embarrado del cuadro.
- Interruptores de baja tensión, automáticos y diferenciales mediante la siguiente nomenclatura:
 - Si desconectan líneas de alimentación, se indicará esta finalidad.
 - Si controlan embarrados de alimentación, indicará el nombre de la barra y de la carga alimentada.
 - Si controlan receptores de alumbrado o de fuerza, indicarán la ubicación y la carga alimentada.
- Cables o mangueras y embarrados principales, mediante el número de alimentación y con cintas enrolladas alrededor del elemento.
- Cables o mangueras de embarrados generales, tanto en cuadros eléctricos como en derivaciones, mediante cintas enrolladas alrededor del elemento.
- Circuitos, equipamiento o similares relacionados con circuitos de emergencia, estarán identificados con una placa que incluya la palabra “Emergencia”.

En caso de que se utilice aparatada de protección en combinación con otros dispositivos en serie, aguas abajo, en las envolventes de los equipos se deberá fijar una etiqueta que los asocie y que incluya la siguiente frase: “Atención – sistema en serie, mismo equipo para sustitución”.

El exterior de las salas donde queden ubicados cuadros eléctricos, transformadores de potencia o similares, se deberá fijar una placa metálica identificativa roja sobre fondo blanco que incluya la siguiente frase: “PELIGRO – ALTA TENSIÓN”. Además, todo equipamiento cuyas bornas sean susceptibles de quedar a tensión una vez desconectado, se deberá instalar una placa de iguales características que incluya la siguiente frase: “ATENCIÓN – TENSIÓN POR RETORNO”.

Previa colocación de elementos identificativos, la Dirección Facultativa deberá verificar la adecuación de la nomenclatura y tipología utilizada.

2.9. Limitación de ruidos

En consonancia con las instrucciones de obra dispuestas por la Dirección Facultativa, se realizarán los siguientes trabajos:

- Comprobación y apriete de fijaciones de placas metálicas, puertas, etc. de equipamiento eléctrico.
- Se equipará con envolventes todo elemento que no quede en interior de recintos específicos para efectos eléctricos dispuestos de elementos antivibratorios y de aislamiento acústico.
- Retiro y sustitución de aparataje que incluya núcleos metálicos magnéticos y que no se encuentre bajo los límites permitidos de ruido.

2.10. Limpieza

Toda superficie expuesta a cable o canalizaciones, receptores, etc. que sea susceptible de ensuciarse o acumular polvo, pintura o similares, deberá ser limpiado previa capa final de pintura o, en su caso, deberá ocultarse entre elementos estructurales del edificio.

2.11. Protección

Las aberturas de los recorridos de cables y canalizaciones se mantendrán mediante el uso de tapas que prevengan la entrada de elementos o seres ajenos a la instalación, así como de agua. El equipamiento del alumbrado deberá estar protegido contra la suciedad, agua, agentes químicos o similares. Todo equipamiento dañado deberá sustituirse previa aceptación de la instalación y sin coste adicional.

3. Materiales y métodos básicos de electricidad

Todo el equipamiento instalado en la nave deberá cumplir las siguientes características:

- Estará producido siguiendo la normativa vigente.
- Será de buena calidad.
- Estarán fabricados siguiendo estándares y normalizaciones del entorno nacional.
- Estarán verificadas todas las capacidades que se incluyen en ellos.
- Estarán montados siguiendo las especificaciones y recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre y cuando no contradigan los requerimientos dispuestos en el presente documento.
- Estarán ubicados en puntos donde se faciliten las labores de mantenimiento y reparación, sin que se requieran medios especiales para tal efecto. Además, se podrá acceder fácilmente al equipamiento, o desmontarlo en caso de que se requiera, siendo responsabilidad de la persona instaladora el permitir el espacio necesario para ello.

3.1. Celdas de Media Tensión prefabricadas

Las celdas de Media Tensión dispuestas en el interior del Centro de Transformación (celdas de línea, protección y medida) serán monobloque y prefabricadas, con aislamiento SF6 y un nivel de tensión asignada de 24 kV.

Las celdas deberán ajustarse a lo dispuesto en las siguientes normativas:

- Recomendación UNESA 6404A. *Celdas prefabricadas monobloque para centros de transformación, maniobra y protección hasta 36 kV.*
- Recomendación UNESA 6405A. *Cortacircuitos fusibles limitadores.*
- Recomendación UNESA 4201A y 4202A. *Transformadores de medida y protección hasta 36 kV.*

3.2. Transformadores de tensión

Las características generales y detalles constructivos de los transformadores de tensión se ajustarán en base a lo dispuesto en la Recomendación UNESA 5201C. *Transformadores trifásicos para distribución de Baja Tensión.*

3.3. Cables de alimentación a transformador

Los transformadores se alimentarán desde las celdas de protección correspondientes, mediante cable unipolar con aislamiento seco termoestable, de la serie 12/20 kV. La acometida se realizará mediante línea a 15 kV, 3 fases, 3 cables RHZ1-20L (As) 12/20 kV 95 mm² + H16. Los fabricantes referenciarán el tipo de terminal requerido por estos cables de alimentación a transformador.

3.4. Equipamiento de seguridad

El equipamiento de seguridad incluido en el centro de transformación será el siguiente:

- Banqueta aislante de tensión nominal.
- Guantes aislantes
- Pértiga aislante
- Pantalla de separación de contactos.
- Extintores.
- Placas indicativas de riesgo eléctrico.
- Placas informativas de primeros auxilios y de indicaciones a seguir en las maniobras.

3.5. Canalizaciones

Deberá instalarse un sistema de canalización/envolventes en los conductores de los sistemas especificados; no obstante, el equipamiento no incluido en ningún elemento protector como los indicados, se deberá insertar en armarios adecuados para tal efecto; esto es, teniendo en cuenta la atmósfera y riesgo relativo al recinto de implantación.

Las canalizaciones y las envolventes deberán dimensionarse de acuerdo con el mayor tamaño permitido en el Reglamento de Baja Tensión [10], estando indicado en las especificaciones correspondientes lo solicitado.

En caso de que el pliego de especificaciones no indique nada en relación con las canalizaciones, se considerará que son de interior, expuestas y paralelas al cerramiento del edificio, haciendo uso de los accesorios que sean necesarios o, en su caso, de las especificaciones dispuestas en el presente documento.

En el caso particular de instalación en áreas técnicas, todas las canalizaciones deberán ir expuestas, evitando problemáticas con canalizaciones de otros usos (climatización, incendios, etc.). En adición, si las canalizaciones coinciden con canalizaciones destinadas a usos mecánicos o ventilación, las eléctricas se instalarán con posterioridad.

El distanciamiento entre dos soportes consecutivos no podrá exceder los 2 m. Se requerirá una instalación de conductos con un distanciamiento no inferior a 300 mm respecto de tuberías de agua caliente en paralelo y no inferior a 150 mm en caso de entrecruzamiento.

En cualquier caso, toda canalización eléctrica deberá implementarse de forma que se reduzca lo máximo posible el uso de cajas de registro, aunque se podrán instalar si se superan los 3 codos permitidos por la normativa. Además, la instalación de patinillos verticales deberá estar sustentada por soportes anclados a la pared con una distancia entre ellos no mayor a 2,5 m.

Los cambios de dirección con codo recto tendrán un radio de giro constante a menos que se especifique lo contrario. Carecerán de imperfecciones y no excederán los 90º, habiéndose realizado por maquinaria especializada para tal efecto. El giro máximo permitido por una misma canalización será de 270º y, en caso de requerir un giro mayor, se deberá instalar una caja de registro o derivación.

Las canalizaciones formadas por tubo que entrecrucen un elemento estructural deberán tener una longitud tal que se asegure atraviesen por completo la misma, quedando al nivel del plano arquitectónico salvo que se indique lo contrario. En el caso de las canalizaciones verticales, el hueco estructural sobrante deberá rellenarse con lana de fibra mineral, a modo de aislamiento de seguridad, y deberá proveerse de barreras frente a la propagación del fuego en cada intersección con una plana superior.

Los cables unipolares serán canalizados en conductos de tamaños acordes a lo indicado en la normativa vigente (canales o bandejas); no obstante, se deberán seguir las indicaciones previstas en el presente documento en caso de que se indiquen valores exactos de canalización. En caso de que se deba ajustar la agrupación del cable, se realizará teniendo los factores de corrección dispuestos en el Reglamento de Baja Tensión [10].

Salvo que se den excepciones contempladas en el presente documento, las canalizaciones tendrán un diámetro mínimo de 16 mm. Las bandejas de recorridos principales se realizarán mediante canalización rígida y las derivaciones, mediante tubo de PVC o acero galvanizado, tanto rígido como flexible (UNE-EN 61386-22). Deberán fijarse a cajas de salida, derivación, de registro y/o cuadros, mediante los pasacables roscados dispuestos en el exterior de la envolvente.

Toda acometida de circuito terminal deberá instalarse bajo tubo rígido de PVC o de acero galvanizado. En caso de que no sea factible, se podrán utilizar canalizaciones flexibles de materiales libres de halógenos.

Toda canalización de acometida a circuito de alumbrado y respectivas cajas de derivación se realizará mediante conducto metálico flexible de un diámetro no inferior a los 12,5 mm, con una longitud al que facilite el desmontaje del equipamiento con acceso a la caja de registro.

Toda canalización de acometida a motor se conectará al receptor mediante junta hermética sellada y flexible. En relación con la resistencia al fuego y no propagación de llama, se deberá aplicar lo dispuesto en la Directiva 89/106/CEE.

3.6. Canal de cables

Los canales de PVC deberán satisfacer las siguientes características:

- Soportar agentes externos húmedos, salinos y agresivos.
- Reacción al fuego M1
- Inflamabilidad FV0
- Índice de oxígeno LOI no inferior al 52%.
- Rigidez dieléctrica no inferior a 240 kV/cm.

La superficie deberá ser estanca y sin aberturas con un acabado en los extremos sin deformaciones ni rebabas. Las paredes serán macizas y con tapa desmontable. Se podrán utilizar complementos provistos por el fabricante para giros, cruces o similares, pero no se permitirá en ningún caso el corte de los canales para realizar empalmes o variaciones estructurales.

Se utilizarán longitudes estándar para tramos superiores a los 2 m y se seguirán las recomendaciones de instalación del fabricante. En cualquier caso, en los puntos donde existan cambios de dirección, los canales se deberán fijar con una distancia no inferior a los 150 mm entre amarres.

La capacidad de las canalizaciones será acorde a lo dispuesto en la reglamentación vigente y dispondrán de un conductor desnudo conectado a la tierra del servicio a lo largo de la longitud del conducto a modo de conexión a tierra.

Las conexiones a canalizaciones, cajas, equipamiento de protección o resto de aparataje, se deberán utilizar unidades de acoplamiento destinadas a tal fin. Además, las entradas de canalizaciones dentro de los canales deberán ensamblarse con el fin de proteger adecuadamente a los cables y frente a contactos indirectos.

Si no se especifican las dimensiones, el canal instalado deberá permitir una instalación adicional del 50% en número de conductores, siendo éstos de la mitad de la sección de los instalados, siempre y cuando no contradiga lo dispuesto en el Reglamento de Baja Tensión [10].

3.7. Bandejas de cables

Por lo general, la instalación de baja tensión se realizará mediante canalización de bandeja perforada de acero galvanizado -de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:2010-, cuya recepción se realizará mediante productos de 2 m. Todos los complementos requeridos para la correcta instalación de las canalizaciones se le deberán solicitar al mismo fabricante, siendo éste uno único para la aplicación del proyecto completo.

Se deberán seguir las recomendaciones dispuestas por el fabricante a la hora de realizar uniones entre distintos elementos de la canalización y los requerimientos y especificaciones estipuladas en el presente documento. En las juntas donde el fabricante no recomiende el uso de pernos, previo uso se deberá contar con la aprobación de la Dirección Facultativa.

En el caso en el que se requiera fabricación in situ de alguno de estos elementos, se deberá contar con la aprobación previa de la Dirección Facultativa, teniendo como resultados acabados de producto, como mínimo, los indicados por el fabricante. Los cortes de bandeja no podrán modificar la estructura de la zona perforada y deberá eliminarse todo tipo de rebaba y protegerla de tal forma que se eviten daños en conductores durante el tendido de los mismos.

Todo daño causado por la instalación de las canalizaciones deberá ser subsanado mediante un acabado de imprimación epoxi enriquecida con zinc o mediante recubrimiento metálico resistente, sin ningún tipo de costo adicional. Bajo ningún concepto se permitirá el uso de bronce.

Se fijarán las estructuras utilizando complementos específicos para tal efecto, amarrándose al cerramiento del edificio con una distancia no superior a 1,2 m entre fijaciones. Se intentará evitar el uso de juntas intermedias.

Las canalizaciones albergarán cables dispuestos en doble capa como máximo, a menos que se especifique lo opuesto, y tendrán un espacio de reserva adicional igual al 30% de la bandeja. En relación con los conductores de potencia, se facilitará un distanciamiento no inferior al diámetro de los mismos a menos que el dimensionamiento de los conductores, con los respectivos factores de corrección, permita lo contrario.

Se deberá promover una instalación carente de abrazaderas o similares, salvo en puntos concretos donde así se requiera, como pueden ser casos de canalizaciones verticales. No obstante, los complementos de fijación deberán adecuarse al tipo de acabado de la canalización y revestimiento de cable, de acuerdo con la normativa vigente.

Las canalizaciones deberán asegurar una continuidad eléctrica y mecánica en toda su longitud, garantizando una equipotencialidad con la tierra del servicio. El cable usado para la conexión con la puesta a tierra será un conductor unipolar trenzado, no aislado, de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Baja Tensión [10].

3.8. Tubos de PVC flexible

Las zonas que requieran de canalización entubada flexible se realizarán mediante tubo de PVC con baja emisión de gases opacos (no tóxicos ni corrosivos), autoextinguible, no propagador de llama y con bajo grado de inflamabilidad.

3.9. Cajas de registro o derivación

El equipamiento utilizado a modo de caja de registro o derivación será de acero galvanizado con cierre hermético de tapa atornillada y junta de neopreno. Dispondrán de entradas ciegas y bornes en el interior, facilitando la admisión de la sección de los conductores a instalar.

Las canalizaciones entubadas vendrán anexadas mediante prensaestopas y se utilizarán en los siguientes casos:

- Derivación.
- Cambio de dirección.
- Cambio de canalización.
- A modo de caja de registro en cables con longitud muy elevada.

Bajo ningún concepto se supondrán las carcasas de las luminarias como cajas de derivación.

3.10. Conductores

Deberán utilizarse conductores completamente nuevos y de cobre electrolítico con una pureza mínima del 99,95%, siguiendo las especificaciones y requerimientos indicados en el presente documento.

El fabricante deberá suministrar rollos completos con el nombre e identificación correspondiente (dimensión y aislamiento). Se permite lubricación a la hora de realizar el arrastre en el tendido, con el fin de evitar malformaciones o deterioros.

En la instalación de baja tensión se utilizarán cables de tensiones asignadas 0,6/1 kV, con aislamiento termoestable para 1 kV y de tipo RZ1-K, tanto unipolares como multipolares. La sección mínima permitida es de 2,5 mm². El dimensionamiento de los conductores será tal que se satisfagan las condiciones normativas vigentes, de acuerdo con los cálculos realizados en *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]* del ANEXO III. En cualquier caso, se incrementará la sección del conductor cuando así se requiera, siguiendo las recomendaciones de montaje por parte del fabricante.

Se deberá conectar un conductor de tierra a cada una de las líneas tendidas en la instalación. Queda terminantemente prohibida la realización de reducciones en derivaciones no protegidas.

En la recepción y almacenamiento de las bobinas, se evitará rodarlas en su desplazamiento y se deberán resguardar de la acción directa del sol y la lluvia. Con respecto al tendido, se deberán elevar las bobinas de tal forma que el giro quede liberado y, con el fin de evitar que la bobina se embale, se deberá instalar un sistema de frenado por inercia.

De cara al tendido del conductor, se deberá desenrollar desde la parte de arriba de la bobina, procurando no producir curvas relevantes ni irregularidades. Se deberán utilizar complementos de transporte con el fin de facilitar el movimiento del conductor por la nave sin arrastrarlo.

Se repartirá el esfuerzo a lo largo de la longitud del cable, evitando así la concentración excesiva de tensión en sus extremos, inferior a los 6 kg/mm^2 y aplicado en el cobre del conductor (nunca al revestimiento). Queda terminantemente prohibido apalancar el conductor durante el tendido con el fin de ceñirlo o forzarlo a la curvatura del recorrido.

Se aconseja dotar al conductor de un radio de giro inferior a diez veces la suma de los diámetros exteriores e interiores del conductor. Los terminales se complementarán con materiales de similares características a los de los conductores, quedando terminantemente prohibida la realización de empalmes entre cables a lo largo de la instalación.

Es de vital importancia la sustracción de la capa semiconductor montada sobre el aislamiento. Tras ello, se lijará la superficie aislante hasta que la sustancia semiconductor quede completamente eliminada.

Se deberá asegurar unas condiciones mínimas de temperatura en el tendido del cable, nunca sobrepasando el límite de los 0°C en el propio conductor.

Los colores a emplear en la instalación de baja tensión serán los siguientes:

- Fases: Negro, marrón o gris. En su caso, queda permitido tender conductores de igual color y que en las zonas terminales estén indicados con una referencia de colores de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento de Baja Tensión [10].
- Tierra: Verde-Amarillo.
- Neutro: Azul. En su caso, cuando se tienda el conductor PEN se podrá colocar una señalización azul en las zonas terminales del conductor, de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Baja Tensión [10]

La aplicación de los códigos de colores deberá realizarse en una longitud no inferior a los 50 mm de cada uno de los extremos del conductor, entradas y salidas a cajas de registro, canalizaciones, etc.

3.11. Prensaestopas para cables

Se deberán instalar prensaestopas no férricos y con tierra integrada, con el fin de facilitar el tendido de los conductores. El orificio de entrada de los prensaestopas deberá estar mecanizado con el fin de acomodar los cables a las condiciones requeridas sin que exista riesgo alguno de deterioro.

3.12. Interruptores diferenciales

Se utilizarán esos dispositivos de protección para salvaguardar la vida de las personas ante contactos directos e indirectos, así como a las instalaciones ante defectos de aislamiento. Por lo tanto, se instalarán en circuitos terminales susceptibles de poner en riesgo la vida de las personas trabajadoras. Tendrán asociado un interruptor automático en serie aguas arriba, de tal forma que se asegure la protección de la instalación eléctrica correspondiente.

Los interruptores diferenciales tendrán un botón de testeo y estarán protegidos frente a disparos intempestivos o sobretensiones transmitidas. La sensibilidad y el tipo de interruptor diferencial requerido deberá ser, como mínimo, tan restrictivo como lo dispuesto en el presente documento. En caso de que el dispositivo detecte fugas, deberá cortar el paso de la corriente eléctrica en un tiempo inferior a 40 ms si la corriente no sobre pasa los 32 A o inferir a 5s en caso contrario.

3.13. Interruptores Automáticos

Todo circuito de la instalación industrial vendrá protegido por un interruptor automático frente a sobrecargas y cortocircuitos. El corte de la corriente vendrá comandado por un disparo instantáneo del subsistema magnético, para hacer frente a los cortocircuitos, o un disparo retardado del subsistema térmico, para hacer frente a las sobrecargas.

En función del circuito a proteger se usarán los siguientes dispositivos:

Interruptores automáticos modulares

Protección de circuitos terminales con un poder de corte no inferior a los 10 kA, de acuerdo con la normativa vigente.

Interruptores automáticos de caja moldeada

Protección de circuitos de gran potencia, así como de circuitos de distribución en Cuadros de Distribución de la instalación.

Interruptores automáticos de bastidor abierto

Protección de las líneas principales de suministro de la instalación eléctrica, estando ubicados exclusivamente en el Cuadro General de Baja Tensión.

3.14. Interruptores de alumbrado

Los interruptores de alumbrado instalados en la nave serán de eje oscilante, blancos, de corte mínimo de 10 A en función de la aplicación y con la capacidad de cortar cargas fluorescentes a carga nominal. Serán unipolares conmutadores, montados en los puntos donde se requerían varios interruptores y estarán asociados a interruptores automáticos modulares.

3.15. Bases de tomas de corriente

Las bases de las tomas de corriente serán de 16 A o 25 A, de acuerdo con la disposición indicada en el presente documento, de clavija bipolar y tripolar respectivamente. Los colores de las bases se adecuarán al marco decorativo de cada sala y quedan a revisión de la Dirección Facultativa.

3.16. Luminarias

Los equipos lumínicos a instalar serán los indicados en la memoria y en los planos del presente documento.

El fabricante deberá suministrar todo el equipamiento requerido para la correcta instalación del alumbrado, teniendo en cuenta que las luminarias fluorescentes deberán incorporar balastos electrónicos. Además, se deberán adecuar las bornas a las secciones de los conductores. El montaje del alumbrado se realizará de acuerdo con lo dispuesto en los anexos del presente documento.

Luminarias de emergencia

El alumbrado de emergencia se fabricará en consonancia con la normativa vigente y deberá incluir las especificaciones requeridas en el presente documento. Serán de funcionamiento continuado y tendrán capacidad de, al menos, 60 minutos de autonomía. Deberán resaltar un letrero que indique la señalización de emergencia correspondiente (Salida, salida de incendios, etc.), así como flechas direccionales que muestren el flujo de evacuación.

Luminarias de uso común

El equipo de alumbrado será de características similares a las mencionadas en el presente documento y se adecuarán a los requerimientos lumínicos normativos.

Balastos electrónicos

Los balastos electrónicos deberán tener un sistema de protección frente a sobretensiones, con el fin de evitar una interrupción del neutro y generar un desequilibrio de cargas. Incorporarán, por tanto, filtros de entrada, cuyo objetivo será el filtrado de armónicos, y supresores de interferencias, con el objetivo de conducir corrientes de fuga a tierra. El balasto deberá estar conectado a la borna de tierra.

3.17. Red de tierras

La red de tierras deberá satisfacer los siguientes requerimientos: asegurar a las personas que trabajen en la instalación y garantizar un funcionamiento adecuado de las protecciones.

La red de tierra deberá estar formada por lo siguiente:

- Cable desnudo de cobre de sección no inferior a los 50 mm², acompañado de bandejas metálicas, unido al equipamiento metálico susceptible de ser puesto a tensión. Esta red se unirá a la línea principal de tierra y a las bornas de tierra de los cuadros de distribución.
- Unión de receptores, cuadros de distribución, etc. mediante cable de tierra ligado a cada circuito. Todos estos elementos se pondrán a tierra físicamente mediante conductor de cobre.

Todas las tierras relativas a la red de servicio estarán interconectadas, con el fin de unificarlas en una red equipotencial única, evitando que defectos a tierra generen diferencias de potencial entre equipos.

Instalada la PAT, se deberá comprobar en campo que la solución implementada es válida y funciona correctamente. Se realizarán modificaciones en caso de que se requiera, sin coste adicional alguno y siguiendo lo dispuesto en el Reglamento de Baja Tensión [10].

Queda terminantemente prohibido el corte de los conductores de tierra.

Sistema principal

Se distinguen las siguientes formas de puesta a tierra principal:

- **Tierra anular:** PAT a una distancia no inferior a 0,8 m de la superficie del terreno y a 1 m de la cimentación, a modo de anillo cerrado.
- **Electrodos de PAT:** Picas de acero cobrizado o placas de cobre de elevada sección, instaladas de tal forma que se asegure una resistencia a tierra tal que no se superen los 1000 V de tensión. Se deberán instalar arquetas de inspección en los electrodos de puesta a tierra, si es que los hubiera.
- **Misceláneo:** Conductor de tierra aislado y canalizado, con sección no inferior a 10 mm², desde la barra principal al terminal de tierra.

4. Instalación eléctrica de Media Tensión

4.1. Distribución de Media Tensión

La tensión primaria de alimentación será de 13,2 kV, transformándose a 400 V trifásicos a 50 Hz, en un sistema de distribución TN con conductor PEN en los puntos cuyo sistema sea TN-C y PE + N en los puntos cuyo sistema sea TN-S.

Las características de funcionamiento del equipamiento a utilizar en la instalación vienen recogidas en las especificaciones adjuntas.

4.2. Centro de Transformación

Se utilizará como Centro de Transformación del abonado un PFU-7 de Ormazabal [29-C] o, en su caso, de características similares y un Centro de Seccionamiento en un PFU-4 de Ormazabal [29-C], o en su caso, de características similares.

La acometida al Centro de Transformación se hará a través de tubos a profundidades de 0,6 m para la parte en Baja Tensión de 1 m para Media. En caso de que existan conductores que no puedan insertarse en las canalizaciones comentadas, se deberán colocar en tubos hormigonados, con el fin de proteger mecánicamente al conductor.

El Centro de Transformación deberá cumplir lo estipulado en las instrucciones técnicas MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas [37], en relación con la ubicación, accesibilidad, acceso, etc. El CT deberá carecer de materiales combustibles y todos los elementos estructurales deberán tener una resistencia al fuego tal que satisfagan las Condiciones Técnicas de Edificabilidad (CTE) [36].

Para la realización del testeo de resistividad eléctrica, el centro de transformación deberá satisfacer valores de resistividad no inferiores a los $100 \text{ k}\Omega$ al aplicar una diferencia de tensión de 0,5 kV entre dos placas de 100 cm^2 , de acuerdo con la norma UNE 23727.

Se deberá asegurar un aislamiento acústico tal que no se superen los 55 dB en horario diurno y los 30 dB en el nocturno, de acuerdo con lo dispuesto en las Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Tudela.

4.3. Aparamenta en cabinas metálicas a 13,2 kV

La aparamenta situada en las cabinas metálicas será de interior, autoportante, modular y con una tecnología de corte de hexafluoruro de azufre (SF_6), contenido dentro de los interruptores automáticos destinados a su protección. Se deberá asegurar un grado de protección de la envolvente externa IP 2XD, de acuerdo con la norma UNE 60529 [31].

La acometida de los conductores se realizará desde la cara frontal y los accionamientos se deberán instalar en la cara frontal a una altura de entre 1,3 y 1,7 m de altura.

Se utilizará un único equipo a modo de interruptor-seccionador y seccionador de puesta a tierra y dispondrá de tres posiciones: abierto, cerrado y a tierra, asegurando en todo momento la imposibilidad de cierre simultáneo entre el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra. Las posiciones abierto y a tierra del seccionador deberán ser visibles, de acuerdo con la normativa vigente a tal respecto.

Los compartimentos incluidos en las celdas serán los siguientes, de acuerdo con la norma UNE 62271 [26]:

- **Compartimento de aparillaje:** Relleno de SF₆ y sellado. Queda terminantemente prohibida la manipulación del gas durante la vida útil de la instalación, garantizando así condiciones de sobrepresión en el interior del compartimento.
- **Compartimento del juego de barras:** Se instalarán tres barras aisladas de cobre.
- **Compartimento de conexionado de cables.**
- **Compartimento de mando:** Incluye mandos de interruptor-seccionador y del seccionador de puesta a tierra. Este compartimento tiene que ser accesible en tensión.
- **Compartimento de control:** Compartimento equipado de bornas de conexión y elementos interruptores de corriente de la parte de baja tensión. Tiene que ser accesible en tensión tanto para barras como para cables.

En general, las características eléctricas de las celdas son las siguientes:

Tabla 33 -Pliego de condiciones: Celdas de MT

Característica	Valor
<i>Tensión nominal [kV]</i>	24
<i>Nivel de aislamiento [kV]</i>	
<i>A frecuencia industrial (50 Hz)</i>	50
<i>A impulso tipo rayo – cresta</i>	125
<i>Intensidad nominal de línea [A]</i>	400
<i>Intensidad de corta duración [kA]</i>	21
<i>Potencia de corte [kAp]</i>	52.5

Las cabinas metálicas deberán contener aparamenta de alta tensión y estarán conformadas por paredes dobles. Con el fin de evitar accesos no autorizados, las caras laterales y traseras no dispondrán de compuerta de abertura externa. La base deberá ser de chapa metálica continua con un espesor superior al usado en el resto de la envolvente de la celda.

Todo elemento susceptible a sufrir corrosión será de material no férrico o galvanizado en zinc, nunca cadmiado.

Las compuertas de acceso a los interruptores dispondrán de una ventana que facilite la inspección y de un enclavamiento metálico que evite la apertura del interruptor cuando está cerrado y viceversa. El aislamiento será de una adecuada resina epoxi, en función del elemento a aislar.

4.4. Instalación de celdas

Las celdas estarán ubicadas sobre solera o bancadas, de tal forma que se imposibilite el desplazamiento. Estarán alineadas entre sí y aplomadas. Tras la instalación definitiva, se realizará el test de funcionamiento correspondiente, asegurándose la coordinación entre fases para la apertura y cierre de interruptores.

Se deberá asegurar el correcto funcionamiento de los circuitos de disparo automáticos. El conexionado entre celdas se hará a través de barras aisladas para 13,2 kV y con las clemas adecuadas. Las envolventes de chapa de celdas contiguas estarán fijadas mediante tornillos referenciados por los fabricantes. Las envolventes se unirán a la red de herrajes del Centro de Transformación.

4.5. Barras de Media Tensión

Las conexiones con las barras se harán mediante el uso de cobre. Las barras serán capaces de soportar el paso de las corrientes de cortocircuito máximas dimensionadas por la aparamenta, sin poner en riesgo su integridad.

4.6. Componentes de Baja Tensión

Todos los componentes de baja tensión; esto es, accionadores, controles, equipos de medida, relés, etc. serán puestos a tierra. El aislamiento respecto de la parte de alta tensión estará facilitado por compartimentos metálicos estancos que faciliten el acceso a las operaciones sin intervenir con la parte de media tensión. En el caso en el que se disponga de canalizaciones para cableado, éstas deberán estar puestas a tierra.

Con el fin de facilitar el montaje, se deberá tener:

- Acceso total a la cara frontal para el posicionamiento y desmontaje de agrupaciones.
- Acceso libre a contactos y mecanismos, a través de estructuras no desmontables.

4.7. Interruptores automáticos

Los IA utilizados serán capaces de cortar una corriente de falta no inferior a la corriente de cortocircuito de la aparamenta, manteniendo el interruptor operativo y transportando e interrumpiendo la corriente nominal. Los testeos se realizarán a tensiones máximas de diseño y se deberán suministrar los certificados correspondientes.

Todos los interruptores automáticos, así como los seccionadores, deberán cumplir las especificaciones comentadas en el documento relativo a la memoria, con un poder de corte de 20 kA.

En operaciones manuales, se utilizarán interruptores no desmontables de actuación exterior, equipados con enclavamientos abierto y cerrado. En la operación, se requerirá el uso de un interruptor de operación destinado expresamente para tal fin.

Dispondrán de un mecanismo de rápida apertura, capaz de abrir o cerrar el IA de forma independiente al accionamiento manual o la velocidad de accionamiento.

- IA manuales o con accionamiento directo, apertura montada en el chasis.
- IA energizado, apertura en sí.
- Los fabricará íntegramente el fabricante seleccionado y estarán montados en un único chasis de acero soldado, asegurando el aislamiento seguro cuando se encuentre abierto.
- Serán de único contacto por fase y sin contactos auxiliares accionados por muelle.
- Cuando estén abiertos, deberán indicarlo adecuadamente.

Los actuadores empleados serán energizados, equipados mediante mecanismo de rápida apertura y con las características indicadas previamente para los IA. Dispondrán de un solenoide de disparo que liberará la energía almacenada en un tiempo total no superior a 4 ciclos desde la energización del equipo. Además, deberán disponer de un actuador manual que facilite el cierre del interruptor y que permita la recarga del mecanismo de rápida apertura.

Los actuadores deberán estar integrados completamente en el interruptor y no se podrán extraer. Deberán equiparse de un indicador de posición del IA, en función de si está abierto o cerrado, y dispondrán de un panel de protección al operador para manipulaciones de exterior.

4.8. Interruptor de corte (SF6)

Se utilizarán interruptores de corte tripolares, fijos, con cierre mediante energía almacenada. Incorporarán equipos de emergencia manual para cierre y disparo, así como los enclavamientos correspondientes para con los seccionadores ubicados aguas arriba.

4.9. Transformadores de medida, protección y control

Con el fin de facilitar el control del suministro en la operación, en el interior de los paneles se suministrarán trafos de intensidad y de tensión. Estarán equipados con equipamiento de corte adecuados a las características de la aparamenta.

4.10. Celda de medida

La celda de medida estará equipada por trafos de medida en la parte de alta tensión, así como un maxímetro homologado que contará la demanda de energía activa y reactiva, con los correspondientes accesorios de conexión e instalación.

Los trafos de medida deberán ser tales que aseguren un aislamiento de 13,2 kV, por lo que se atenderán a las recomendaciones realizadas por los fabricantes. Los cables de alimentación a los transformadores serán de secciones no inferiores a 4 mm² para los de tensión y de 6 mm² para los de corriente.

Las interconexiones necesarias se realizarán mediante conductor de cobre 0,6/1 kV aislado con material termoplástico. El resto de los aspectos en relación con grado de protección, montaje, etc. tendrán como referencia el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares de i-DE [3].

4.11. Transformadores de potencia

Los transformadores de potencia serán trifásicos, secos, de interior y con un dimensionamiento tal que se asegure la operatividad continua a tensión y potencia nominal en las siguientes condiciones de temperatura:

- Máxima temperatura: 40 °C
- Temperatura media diaria: 30 °C
- Temperatura media anual: 20 °C
-

Las características de los transformadores son las siguientes:

Tabla 34 - Pliego de Condiciones: Transformador de Potencia

Característica	Valor
<i>Tensión primaria [V]</i>	13200
<i>Tipo Aislamiento (Tmax)</i>	F (100 °C)
<i>Tensión secundaria [V]</i>	400
<i>Tipo Aislamiento (Tmax)</i>	F (100 °C)
<i>Número de fases</i>	3
<i>Número de conductores (Esquema Neutro)</i>	4 (3F+PEN)
<i>Frecuencia [Hz]</i>	50
<i>Potencia [kVA]</i>	800

Deberán estar dimensionados para soportar las pruebas de corrientes de cortocircuito pertinentes. Se deberán documentar las pruebas a realizar, previo aviso a la Dirección Facultativa.

Núcleo del transformador

El núcleo del transformador está conformado por láminas de chapa de grano orientado, cortada para pérdida mínima. Las láminas se aislarán por ambas caras y el ancho será escalonado, con el fin de conseguir una sección aproximadamente circular. Tendrá un acabado especial que impida que se corroiga. Las láminas estarán apretadas entre bridas mecánicamente ligadas a través del núcleo estructural. Tanto las láminas como el núcleo serán desmontables.

Devanados

En baja tensión se devanará mediante bobinado en banda, impregnado en resina con el circuito magnético. En alta tensión, mediante hilo aislado de bobinado continuo de gradiente lineal, carente de entrecapas y en vacío con resina epoxi ignífuga. Llevarán indicadores térmicos para operación de 145 y 150 °C, respectivamente.

Terminaciones

Se conectarán a baja tensión a través de pletinas de alimentación hasta el IA general de BT. Los trafos dispondrán de banda flexible que facilite el conexionado a los IA de AT y BT, con el objetivo de reducir vibraciones transmitidas.

4.12. Colocación de Trafos

Se conectará a la puesta a tierra de herrajes a través de los herrajes de los trafos, así como todos elementos susceptibles a ponerse en tensión que tengan relación con los propios transformadores.

4.13. Puentes de MT de alimentación a los trafos

Se realizarán canalizaciones en obra civil o bandejas, de acuerdo con los requerimientos de los conductores. La interconexión con bornas de Media Tensión se indexará a la apartamenta vertical a través de abrazaderas fijadas en tacos antigiratorios de fijación en pared.

El equipamiento de control eléctrico estará montado sobre los puentes, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

4.14. Cables de Media Tensión

Los equipos utilizados en la instalación de conductores de MT deberán ser productos normalizados de fabricantes de garantías reconocidas y que se ajusten a certificaciones homologadas. Cuando se requieran más de una unidad de un mismo elemento, se le deberá solicitar al mismo fabricante.

Conductores eléctricos

Los cables subterráneos estarán conformados por hilos de aluminio, un revestimiento interno extruido de etileno propileno (EPR) y relleno de material adecuado, de tal forma que se garantice el funcionamiento adecuado a las temperaturas de operación.

Los cables estarán apantallados mediante protección metálica formada por flejes, corona de alambres o una trenza continua. Se podrá constituir mediante armadura de flejes continuos de cobre recocido de espesor no inferior a 0,1 mm o pantalla de alambres continuos, en hélice, de cobre recocido y con un diámetro de, al menos, 1 mm.

Los cables deberán incluir una cubierta exterior no metálica que, salvo contradicción especificada, será de PVC para uso exterior y adecuada para la temperatura de operación objetivo. El espesor de la cubierta no metálica deberá satisfacer la siguiente condición:

$$e [mm] = 0,035D + 1 \text{ con } D = \text{Diámetro ficticio bajo cubierta}$$

Los conductores elegidos deberán satisfacer las condiciones de tensión de red, corriente admisible y corriente y duración de faltas trifásicas y monofásicas a tierra.

Testeo de cables de Media Tensión

Los ensayos serán realizados a una temperatura no inferior a los 15°C y no superior a los 25°C, a frecuencia industrial (no inferior a 49 Hz y no superior a 50 Hz) y con forma de onda senoidal.

Los ensayos a realizar serán los siguientes:

- Medida de la resistividad eléctrica del conductor.
- Ensayo de tensión
- Ensayo de descargas parciales de cables aislados (tensiones mínimas de 1,8/3 kV para termoestables y 3,6/6 kV en termoplásticos).
- Examinación del conductor y verificación dimensional.
- Ensayo de alargamiento en termoestables y de baja temperatura en termoplásticos.

4.15. Puesta a tierra

Se instalará un embarrado de puesta a tierra cuyas características de cortocircuitos sean similares al del conjunto, asegurando en todo momento la continuidad eléctrica del mismo. Las celdas de MT se colocarán en la red de protección de acuerdo a las especificaciones impuestas por el fabricante de los Centros de Seccionamiento y Transformación.

Conexión a tierra

El Centro de Transformación estará conectado a tierra mediante barra de cobre de alta conductividad (50 x 60 mm) con una distancia no inferior a 50 mm del cerramiento del centro. Todo equipamiento o elemento susceptible de ponerse a tensión deberá estar conectado a tierra a través de un cable aislado de color verde-amarillo.

Circuitos de puesta a tierra

Se establecerán los siguientes sistemas de PAT, que se unirán de acuerdo con las condiciones de tierra global descritas en los apartados 5.9 *Puesta a Tierra* y *CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA* del ANEXO III:

Tierra de herrajes

El circuito de PAT de herrajes del Centro de Transformación constará de un conductor continuo de 50 mm² de sección eficaz de cobre, donde irán conectadas las masas (envolventes, protecciones, cubas metálicas, apoyos, etc.; en definitiva, todo elemento susceptible de ser puesto a tensión)

Los conductores de cobre se fijarán mediante grapas con tacos antigiratorios, a pared y a una distancia inferior a 0,6 m. Todos los accesorios estarán incluidos en las partidas indicadas en el presupuesto del presente documento.

La arqueta de tierra será visible y permitirá la medición de la resistencia a tierra de todas las masas conectadas al circuito de herrajes. Se deberán hacer los tests necesarios con tal de que se asegure que la resistencia a tierra obtiene valores dentro de los límites indicados previamente. En caso de que no se consiga, se deberá disminuir mediante un aumento de la profundización de los electrodos o, en caso de que sea necesario, aumentado el número de tomas a tierra. En el caso en el que estas soluciones no satisfagan los criterios normativos, recaerá en la Dirección Facultativa las medidas a adoptar.

Tierra de neutro

El neutro del transformador estará puesto a tierra a través de la arqueta de tierra e intentando reducir lo máximo posible su longitud. El conductor será de cobre de 50 mm², abrochado al embarrado del neutro y al conductor de tierra. La resistencia a tierra se deberá comprobar con el fin de asegurar lo mencionado previamente y, en caso de que no se ajuste a lo escrito, se deberá modificar hasta alcanzar dicho valor.

5. Instalaciones eléctricas de Baja Tensión

5.1. Cuadro General de Baja Tensión

La aparamenta incluida en el CGBT deberá soportar de forma continua la corriente nominal de las cargas instaladas, sin sobrepasar los límites de temperatura especificados. En este sentido, de cara a efectos electrodinámicos se deberá tomar como referencia de dimensionamiento la corriente de cortocircuito trifásica a la entrada de la instalación de baja tensión, tomando como criterio de cálculo una corriente asimétrica pico igual a 2,35 veces el valor eficaz de la simétrica. De cara al dimensionamiento térmico, el cuadro deberá soportar los esfuerzos durante, al menos, un segundo, para la condición de cortocircuito previamente mencionada.

El cuadro estará formado por paneles de chapa de 2 mm laminada en frío, autoportante y con acceso frontal a través de puertas con cerradura y con puesta a tierra directa. Los laterales y el fondo serán extraíbles para facilitar las labores de mantenimiento.

El embarrado será de cobre electrolítico y de dimensiones acordes a la demanda de corriente de los circuitos conectados. Estarán soportadas por materiales aislantes, cuya capacidad a esfuerzos dinámicos sea superior a la calculada para los embarrados. En caso de embarrados de gran longitud, se permitirán juntas de expansión, a criterio de la persona instaladora.

El conexionado al embarrado se realizará por medio de conductores, cuya sección no será inferior al 130% del valor nominal de corte del IA alimentado y de, al menos, 4 mm². Cada conexión estará asociada a una única derivación.

La forma de colocación del embarrado será siempre N, R, S, T, empezando desde la parte frontal o inferior, en función del tipo de colocación en cuestión. Se cumplirán los códigos identificativos dispuestos en las normas UNE.

Todo el equipamiento en tensión deberá incorporar una protección frente a contacto directo, de cara a preservar la seguridad de las personas que realicen las acciones de control y/o mantenimiento. Además, todo equipo susceptible a estar en tensión se deberá poner a tierra a través de un embarrado de tierra independiente, de sección no inferior a los 50 mm², con el fin de preservar la seguridad de las personas frente a contactos indirectos. El cable de conexionado entre elementos y embarrado de tierra será de cobre y envuelto de una funda verde-amarilla.

La acometida se realizará por la parte superior y los conductores de salida se sacarán por la parte inferior. Los cables de interconexión serán flexibles.

En caso de que se requieran bornas de fuerza o de alumbrado, éstas serán de un calibre no inferior al 125% del correspondiente al circuito y de, al menos, 6 mm². Se agruparán en función de los servicios de destino y seguirán el orden comentado previamente.

En general, la aparata a instalar en el CGBT deberá ser de las siguientes características a menos que se indique lo contrario:

Tabla 35 - Pliego de Condiciones: CGBT

Característica	Valor
<i>Tensión nominal [V]</i>	400
<i>Frecuencia nominal [Hz]</i>	50
<i>Aislamiento [V]</i>	690
<i>Tensión de ensayo a f industrial (1 seg) [kV]</i>	3
<i>Tensión de ensayo a onda de choque (1,2/50 s) [kV]</i>	8

En el CGBT se incluirá un analizador de redes, protegido por el correspondiente interruptor automático. Gracias a este dispositivo, se podrá recopilar información de valores máximos y mínimos de: tensión simple y compuesta, corriente por fase, potencia activa y reactiva, energía activa y reactiva consumida, factor de potencia de la instalación y frecuencia de uso.

El dimensionado de los equipos de protección se ajustará a los cálculos realizados en el presente documento, en el apartado *CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]*. El equipamiento se instalará adecuándose a los modelos de cuadros incluidos en los planos del presente documento.

Los relés de protección deberán operar desde cualquier posición y dispondrán de control local y centralizado. Serán de apertura doble y se adecuarán a las cargas que protegerán aguas debajo de su ubicación, ajustándose a lo descrito en la documentación del presente documento.

Se deberán realizar pruebas de aislamiento, de operatividad de las protecciones, de enclavamientos (en caso de que se requieran), de continuidad entre aparata eléctrica y de puesta a tierra.

5.2. Cuadros de Distribución

Los Cuadros de Distribución serán de instalación de interior y con un grado de protección no inferior a IP44. El cerramiento será metálico, de 2 mm de espesor, y estará recubierto de una capa de pintura electrostática. Dispondrán de tapa metálica con cerradura.

Los embarrados serán de cobre electrolítico y estarán dimensionados para soportar esfuerzos térmicos debidos a la corriente de corto inicial simétrica, de acuerdo con los cálculos proporcionados en el presente documento. Así mismo, al igual que en el CGBT, se deberá colocar un embarrado de

tierra, con dimensiones acordes a los requerimientos de carga del cuadro, que vendrán asignados en función de las recomendaciones del fabricante.

La acometida se realizará por la parte superior y los conductores de salida se sacarán por la parte inferior. Los cables de interconexión serán flexibles.

El dimensionado de los equipos de protección se ajustará a los cálculos realizados en el presente documento. El equipamiento se instalará adecuándose a los modelos de cuadros incluidos en los planos del presente documento.

Los relés de protección deberán operar desde cualquier posición y dispondrán de control local y centralizado. Serán de apertura doble y se adecuarán a las cargas que protegerán aguas abajo de su ubicación, ajustándose a lo descrito en la documentación del presente documento.

Se deberán realizar pruebas de aislamiento, de operatividad de las protecciones, de enclavamientos (en caso de que se requieran), de continuidad entre apartamento eléctrica y de puesta a tierra.

5.3. Canalizaciones

Por lo general, las canalizaciones de las instalaciones se realizarán mediante chapa de acero galvanizada y tubo de PVC en las bajantes de las derivaciones a terminales. Se seguirá lo comentado en el punto *Requerimientos básicos de electricidad* del presente documento, en relación con los criterios constructivos.

Todos los accesorios férricos deberán estar protegidos frente a agentes corrosivos a través de un proceso de galvanizado en caliente o de granallado.

5.4. Cables eléctricos de Baja Tensión

Los cables eléctricos de BT a instalar en la nave serán RZ1-K con tensiones asignadas de 0,6/1 kV y suministradas por un fabricante de prestigio reconocido, que trabaje en base a certificaciones y estándares homologados. Los conductores serán de cobre, tendrán un aislamiento de polietileno reticulado y serán no propagadores de llama.

La alimentación a receptores se regirá en función de las siguientes características:

- Alimentación a tomas de fuerza, receptores monofásicos o alumbrado, con riesgo por contacto indirecto: 3 conductores (1 fase + N + T) canalizados por bandeja, pasando por la caja de derivación correspondiente.
- Alimentación a tomas de fuerza o receptores trifásicos, con riesgo por contacto indirecto: 5 conductores (3 fases + N + T) canalizados por bandeja, pasando por la caja de derivación correspondiente.

- Alimentación a tomas de fuerza o receptores trifásicos, sin riesgo por contacto indirecto: 4 conductores (3 fases + PEN) canalizados por bandeja, pasando por la caja de derivación correspondiente.

En todo momento se deberá buscar un óptimo equilibrado de cargas, siguiendo las recomendaciones dispuestas en el presente documento. La sección del conductor será constante, independientemente del número de derivaciones que disponga y nunca inferior a 2,5 mm².

5.5. Identificación de equipos

El equipamiento relevante de la instalación deberá disponer de una placa identificativa que indique las características más importantes (nombre, número, modelo, etc.), de acuerdo con la normativa vigente. Queda a criterio de la Dirección Facultativa la solicitud de identificadores en equipamiento complementario.

6. Instalaciones eléctricas del generador fotovoltaico

6.1. Sistemas de Generación Fotovoltaica

Los módulos empleados deberán satisfacer los requerimientos recogidos en las normas UNE-EN 61215, cuyos certificados se deberán remitir a la Dirección Facultativa. Así mismo, el módulo deberá disponer de una placa identificativa que recoja el modelo y nombre del fabricante, así como un código característico de identificación del equipo y su fecha de producción.

Los módulos instalados deberán satisfacer las condiciones exigidas en el presente documento, y, en caso de requerir modificaciones, éstas deberán ser aprobadas previamente por la Dirección Facultativa.

- Los módulos fotovoltaicos deberán incluir diodos de derivación con un grado de protección IP65, ya que estarán a intemperie en cubierta.
- Los marcos de la envolvente serán metálicos, de aluminio o acero inoxidable.
- En caso de que se solicite la instalación de módulos distintos a los propuestos, la potencia nominal en cortocircuito en condiciones estándar no podrá variar más de un 5% de lo calculado en el presente documento.
- La estructura soporte deberá estar conectada a la tierra de protección.

6.2. Soporte

La estructura soporte a instalar deberá cumplir con lo dispuesto en el Código Técnico de Edificación, RD 314/2006y resto de normas aplicables. En este sentido, se deberá asegurar la resistencia en las condiciones extremas dispuestas en el CTE en relación con sobrecargas de nieve y viento.

Se deberán instalar tantos puntos de anclaje al cerramiento del edificio como se requieran, con el fin de evitar flexiones indeseadas en la inclinación del módulo fotovoltaico. Se protegerá frente acciones ambientales.

6.3. StringBox

Las cajas de conexión de los módulos fotovoltaicos deberán ajustarse a los requerimientos especificados en el presente documento, contando con las protecciones requeridas. Deberán estar situados en la cubierta del edificio y, por tanto, tendrán un grado de protección IP 65.

Deberán certificar el cumplimiento de la normativa vigente, cuyas certificaciones se deberán remitir a la Dirección Facultativa previa instalación.

6.4. Inversores

Los inversores empleados se ajustarán a los requerimientos especificados en el presente documento y. contarán con un regulador de potencia de corriente continua, con el fin de maximizar la generación de la instalación fotovoltaica. El grado de protección será de, al menos, IP 30, y deberá garantizar el correcto funcionamiento en temperaturas de entre 2 y 35°C a una humedad relativa no inferior al 80%.

Los inversores empleados deberán certificar el cumplimiento del RD 186/2016 de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, cuya documentación se deberá remitir a la Dirección Facultativa previa instalación de la aparamenta.

6.5. Cables eléctricos de Corriente Continua

Ambos conductores eléctricos (polos positivos y negativos) de los cables deberán conducir por separado y deberán estar protegidos de acuerdo con las normas en vigor; esto es UNE 21123.

Se utilizarán conductores de cobre de sección correspondiente a los criterios térmicos y de caída de tensión, conforme lo calculado en el ANEXO *Instalación fotovoltaica*. En cualquier caso, y de acuerdo con la normativa vigente, la caída de tensión máxima admisible en la instalación de baja tensión deberá ser de 1,5%.

6.6. Conexión a red

La instalación fotovoltaica deberá cumplir lo dispuesto en la normativa vigente del RD 1669/2011 en relación con tarifación, medición y facturación de las instalaciones, así como protección, cortes de suministro, armónicos y compatibilidad electromagnética.

7. Canalizaciones enterradas

Las excavaciones de terreno se realizarán en función a los requerimientos detallados en los planos del proyecto y de acuerdo con las prescripciones dotadas antes y durante la ejecución de las mismas. El contratista podrá modificar las cotas de excavación del terreno, así como las dimensiones de la zanja, si bien es cierto que los gastos adicionales correrán a su cargo.

Todas las condiciones de excavación quedan dispuestas en el pliego de condiciones relativo a tal fin, junto con los destinados a elementos estructurales, quedando fuera del alcance de este documento.

Los conductos enterrados serán de policloruro de vinilo rojo, cuyas dimensiones se ajustarán a lo detallado en la memoria del presente proyecto. Se enterrarán directamente, salvo que se ubiquen bajo calzada que, en dicho caso, se embeberán en cemento. Previo tendido de los conductores se realizará una prueba de mandrinado de las canalizaciones. Incluirán hilo guía.

Los tubos estarán colocados sobre soportes distanciadores y se hormigonarán o se cubrirán con arena, según el caso. Se deberá incluir la cinta de señalización en el proceso de relleno de tierra o de compactación del terreno. El empalme se realizará con manguitos destinados a tal fin.

7.1. Arquetas de paso y de derivación

Se permite la instalación de arquetas prefabricadas o realizadas in situ. La zanja deberá estar dimensionada para tal fin, prevista acorde a los planos de excavación del terreno. La tapa de la zanja estará a cota del terreno. En función del punto de ubicación se tendrán dos tipos de arqueta:

- Arqueta de tendido: Destinada a facilitar el tendido de los conductores que, a menos que se indique lo contrario, se ubicarán con un distanciamiento no superior a 30 m.
- Arqueta de derivación: Destinada a colocar las derivaciones de la canalización.

8. Elementos de puesta a tierra

8.1. Conductor de cobre

El conductor de cobre a emplear en la Puesta a Tierra será de trenza de hilos recocidos, desnudo y con una sección de 50 mm².

8.2. Picas

En caso de que se requiera la instalación de picas en la Puesta a Tierra, éstas serán de alma de acero al carbono con un espesor uniforme de cobre. Las dimensiones son: 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud.

8.3. Arqueta registrable

La arqueta de Puesta a Tierra será prefabricada, de hormigón armado y de dimensiones tales que facilite la toma de medidas, el registro de datos y las operaciones de mantenimiento. Todos los elementos que componen la arqueta serán prefabricados.

9. Batería de condensadores

Con el fin de mejorar el factor de potencia de la instalación, debido al consumo de potencia reactiva, se instalará una batería de condensadores, variable y gestionada por el regulador electrónico correspondiente.

Se protegerá ante cortocircuitos y sobrecargas con un interruptor automático dimensionado para las características del banco, de acuerdo con los cálculos realizados en el presente documento.

Los condensadores serán autorregenerables con dieléctrico seco, ubicados en cápsula de vacío y protegidos bajo plástico rígido, dentro de una caja metálica aislada. Se deberán complementar con resistencias de descarga rápida, para no retener la carga de los condensadores durante un tiempo prolongado tras su desconexión. Deberá tener un borne de conexión a tierra.

El banco deberá estar dimensionado para las siguientes condiciones:

- Sobretensión de larga duración: 10%
- Sobretensión de corta duración 20% en un máximo de 5 min.
- Sobreintensidad por armónicos: 30%.

Las pérdidas por disipación de energía se ajustarán a valores entorno a los 0,3 W/kVAr, restringiéndose la temperatura de operación a los 40°C.

10. Protección frente a descargas atmosféricas

El sistema de captación de rayos deberá asemejarse a los requerimientos dispuestos en el presente proyecto. La instalación del interior del edificio no será visible, en los lugares visibles estará correctamente protegida y oculta y el material instalado prevendrá de la acción electrolítica en presencia de humedad.

Los elementos metálicos del cerramiento del edificio deberán conectarse a la bajante más próxima, a través de conectores específicos para esta aplicación y nunca en puntos de prueba o entre éstos y picas a tierra. No podrán estar ubicadas a una distancia inferior a los 0,5 m.

Los cables en la cubierta del edificio podrán estar expuestos y conectarán con la tierra de servicio a través de bajantes ubicadas a lo largo del cerramiento de la nave industrial. La instalación, medida de la resistividad y puesta a punto de la instalación será supervisada por un representante de la empresa suministradora del equipamiento de protección.

La conexión entre derivadores y tierra se realizará mediante barras de penetración protegidas frente a agentes corrosivos o mediante bandas de acero en fleje, ubicadas bajo la superficie del terreno. Así mismo, se deberá instalar un contador de rayos en cada bajante de la instalación de derivación, ubicado a una altura no inferior a 3 m. Además, a esa misma altura se instalará un tubo de acero galvanizado de 40 mm de diámetro, a modo de protección de la derivación.

Previa conexión de la derivación con la red de tierras se deberá conectar una arqueta seccionable con puente de medida para facilitar la verificación de la vía de derivación de la corriente en el momento de descarga atmosférica.

Por último, y de acuerdo con la configuración UNESA, cada bajante tendrá configurada una red propia formada por un triángulo de picas de diámetro no inferior a 14,3 mm y longitud de 2 m, separadas entre sí la misma distancia. Las picas estarán unidas al conductor de cobre mediante soldadura aluminotécnica. Se cumplirán las normas de referencia para tal fin; esto es, UNE 21185, UNE 21186.

11. Ensayos y puesta en marcha de servicios eléctricos

Los materiales recibidos deberán ser adecuadamente inspeccionados, con el objetivo de encontrar cualquier deficiencia. Todo defecto deberá ser subsanado sin coste adicional alguno.

Tras la finalización de la instalación, se realizarán los ensayos pertinentes. A menos que se indique lo contrario, se deberá comprobar la adecuada operatividad de todos los equipos instalados en el servicio, de acuerdo con los requerimientos dispuestos en el presente proyecto y con la presencia de representantes por parte de la Dirección Facultativa.

En adición a los ensayos previamente descritos y solicitados, se deberán realizar ensayos en:



- Ensayo de aislamiento de cables tendidos, verificando que la resistencia es superior a la recomendada. En caso de que no se satisfaga esta condición, se sustituirán sin coste adicional alguno. Se deberá comprobar la resistencia de aislamiento de los conductores sustituidos.
- Todo el equipamiento deberá probarse bajo las mismas condiciones de testeo una vez realizadas las conexiones pertinentes.
- Prueba de operatividad de interruptores.
- Prueba de enclavamiento.
- Continuidad eléctrica en conductores.
- Medida y verificación de puesta a tierra.
- Medida y verificación del factor de potencia (no inferior a 0,98) a potencias comprendidas entre el 25 y el 100% de la potencia nominal.
- Verificación del suministro desde el inversor a la instalación eléctrica a partir de una generación del 10%.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO II

PLANOS

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021

ÍNDICE DEL ANEXO II: PLANOS

1.	EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	185
2.	DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN INDUSTRIAL.....	190
3.	DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	216
4.	LAYOUT DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	219
5.	ILUMINACIÓN: EMERGENCIA	221
6.	DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y FUERZA.....	224
7.	ILUMINACIÓN: LUMINARIAS NORMALES.....	227
8.	ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN DE CUADROS.....	231
9.	ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN A RECEPTORES	234
10.	DISTRIBUCIÓN DE CANALIZACIONES.....	236
11.	PUESTA A TIERRA.....	241
12.	ESQUEMÁTICO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	242
13.	SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	246
14.	PLANOS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO [29-C].....	248
15.	PLANOS CONSTRUCTIVOS DE CUADROS ELÉCTRICOS	250

NOTA:

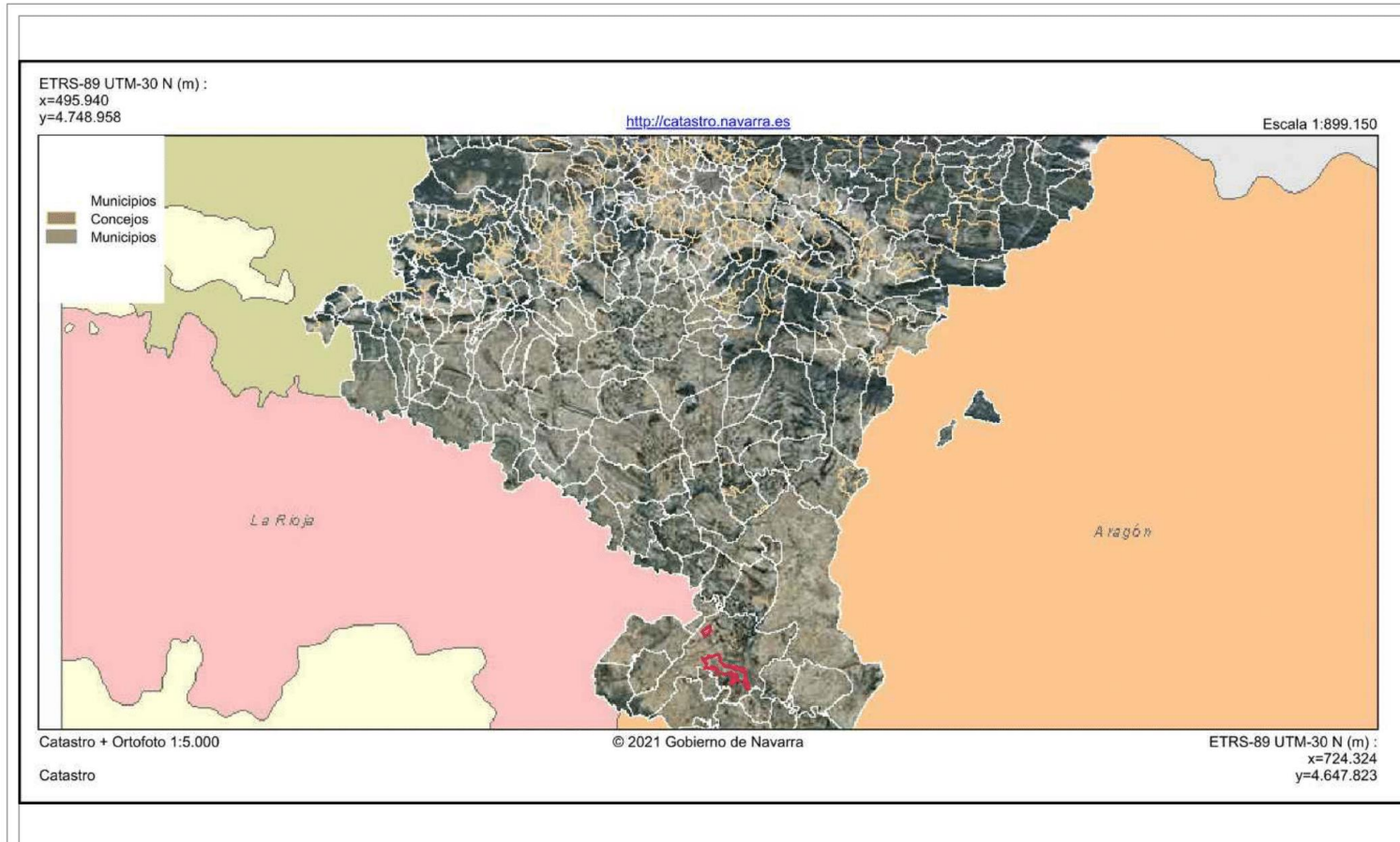
Si bien es cierto que los planos realizados para el proyecto están adjuntos en las páginas siguientes, clicando en el siguiente icono se abre el documento en formato .pdf, facilitando así la posibilidad de aumentar o de reducir la vista de los esquemas:



ANEXO II
PLANOS.pdf



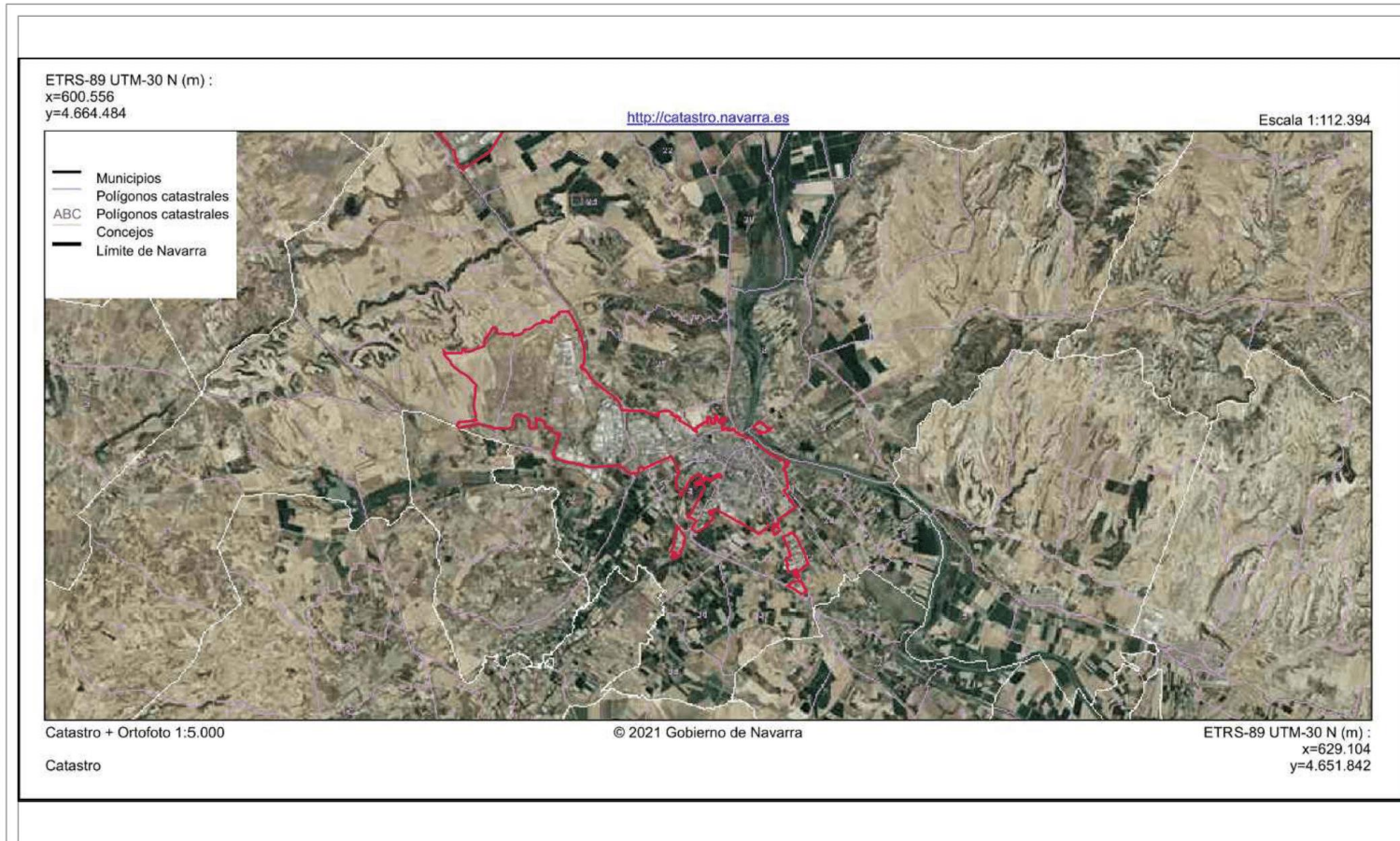
1. EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE INDUSTRIAL



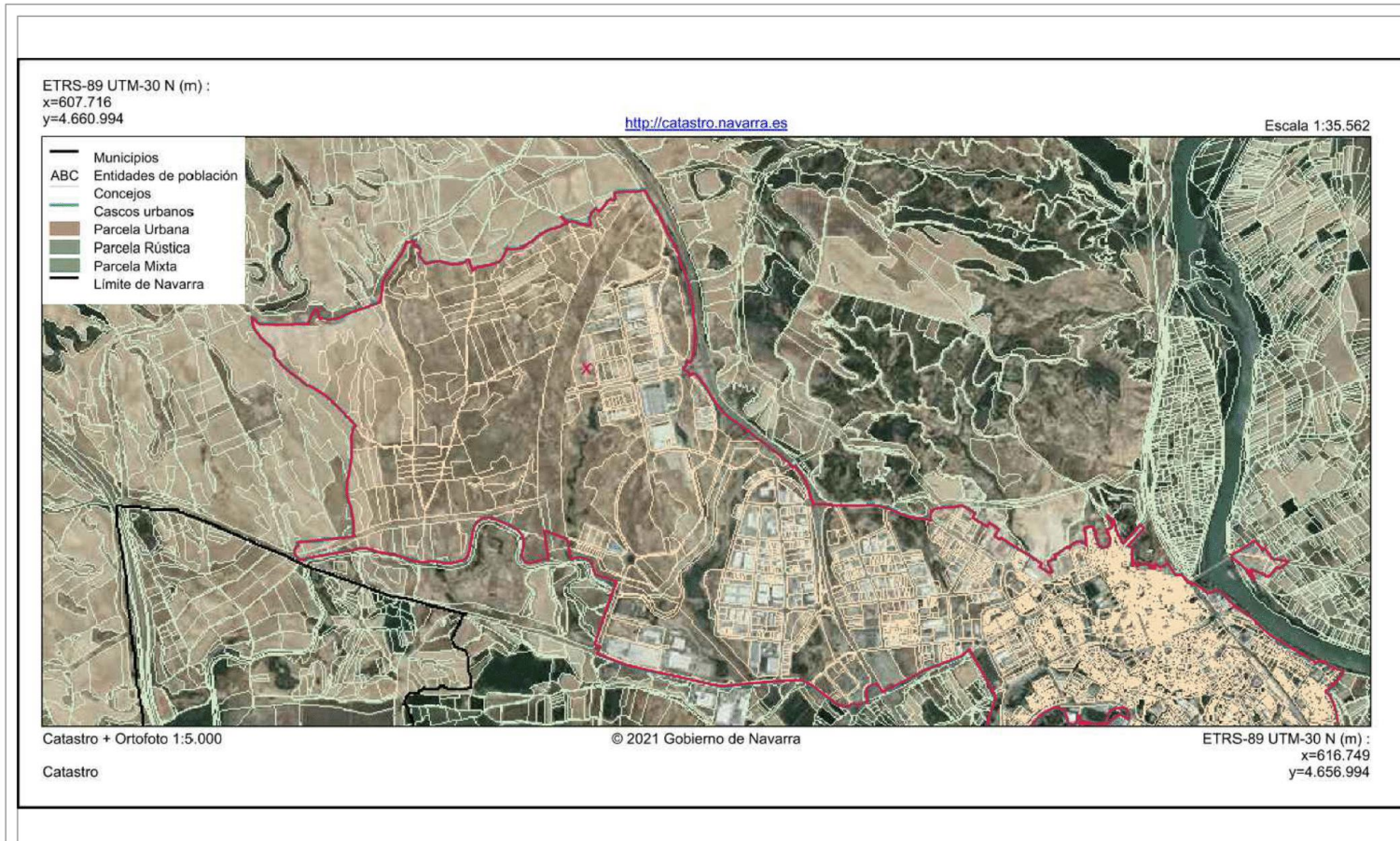
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
		Yeray Rodríguez Rincón		
Plano: Emplazamiento de la nave industrial: Navarra	Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:900.000	Nº plano: 01	



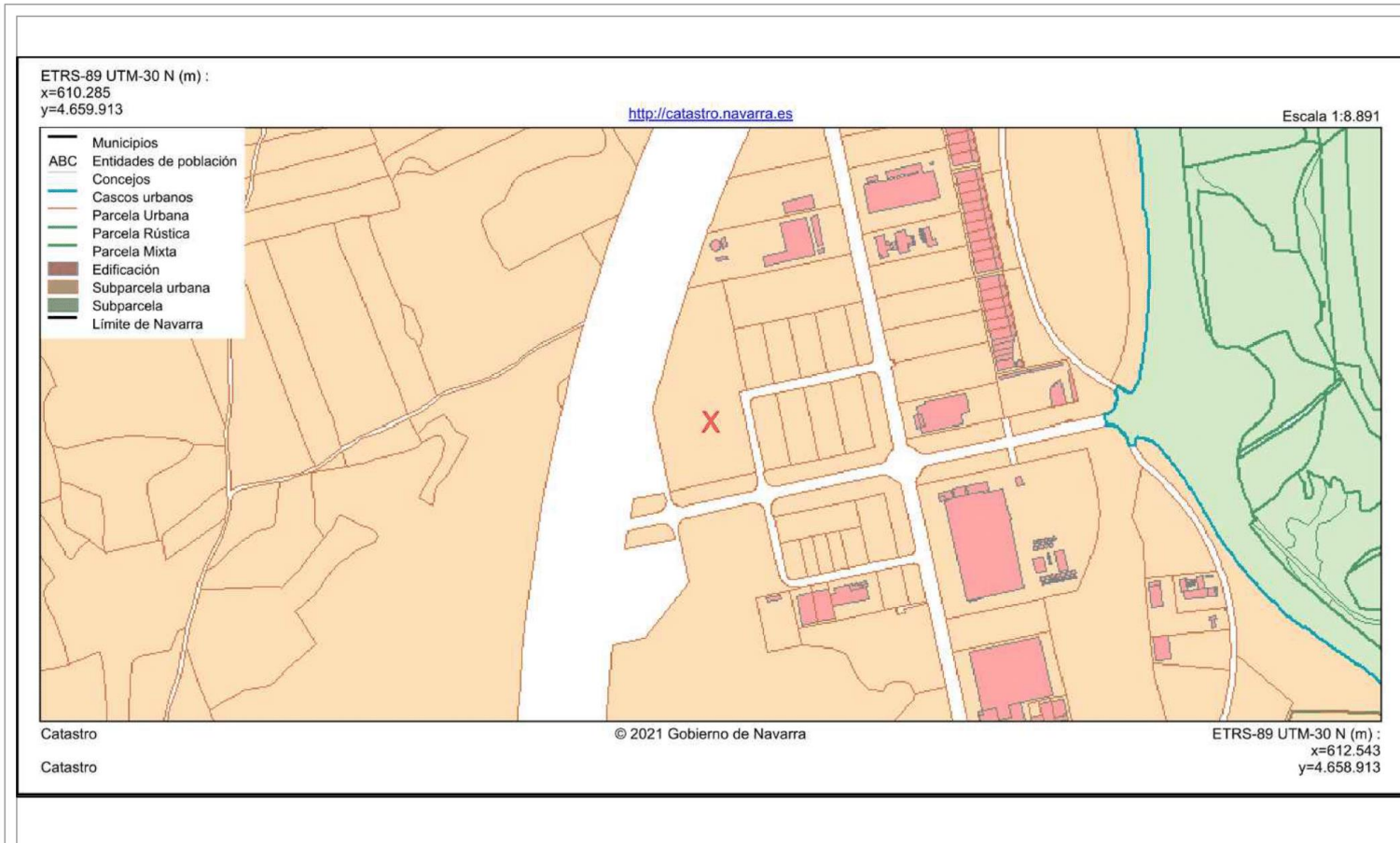
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
		Yeray Rodríguez Rincón		
Plano: Emplazamiento de la nave industrial: Tudela	Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:115.000	Nº plano: 02	



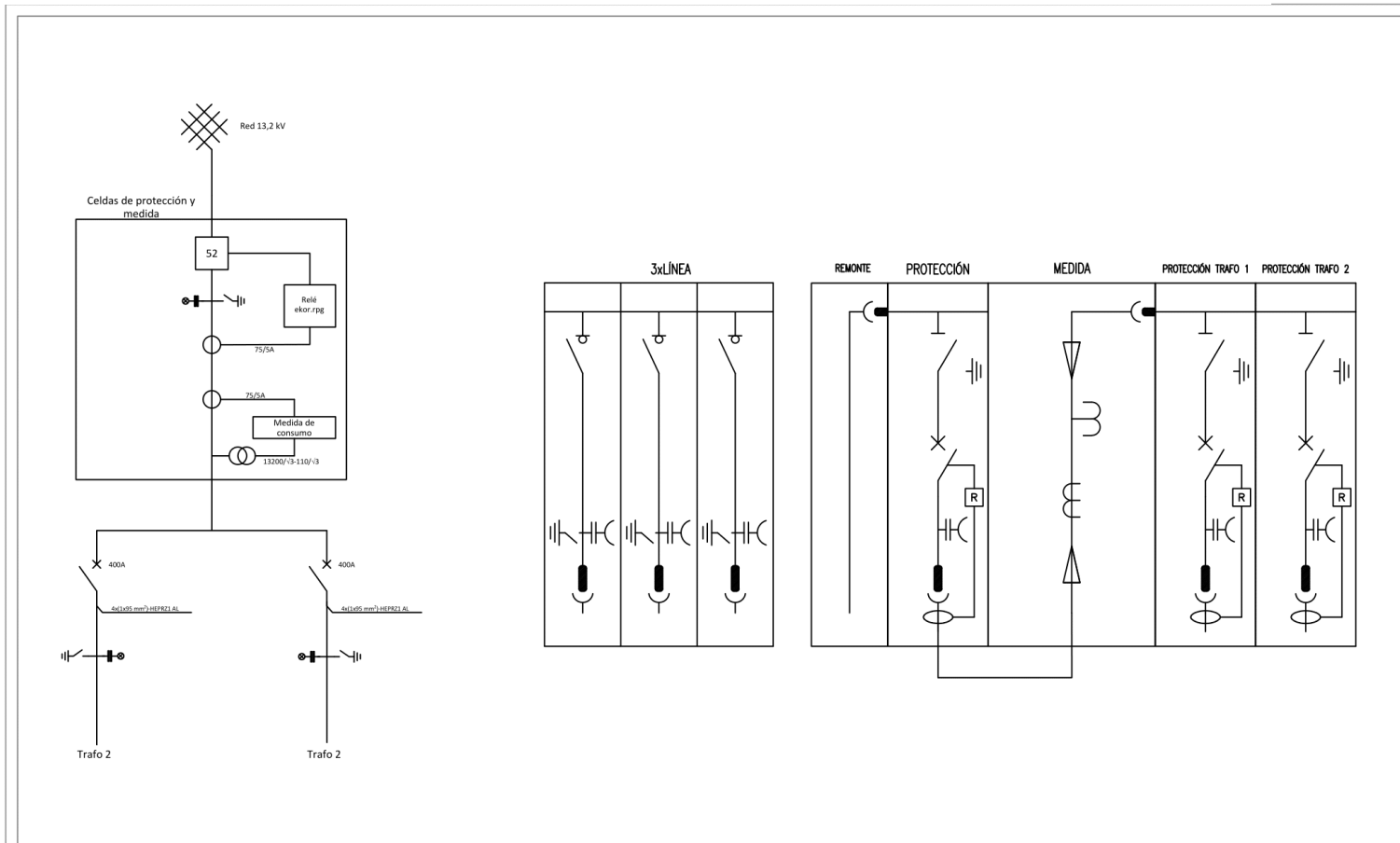
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Emplazamiento de la nave industrial: Polígono La Serna</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:355.000</p>	<p>Nº plano: 03</p>



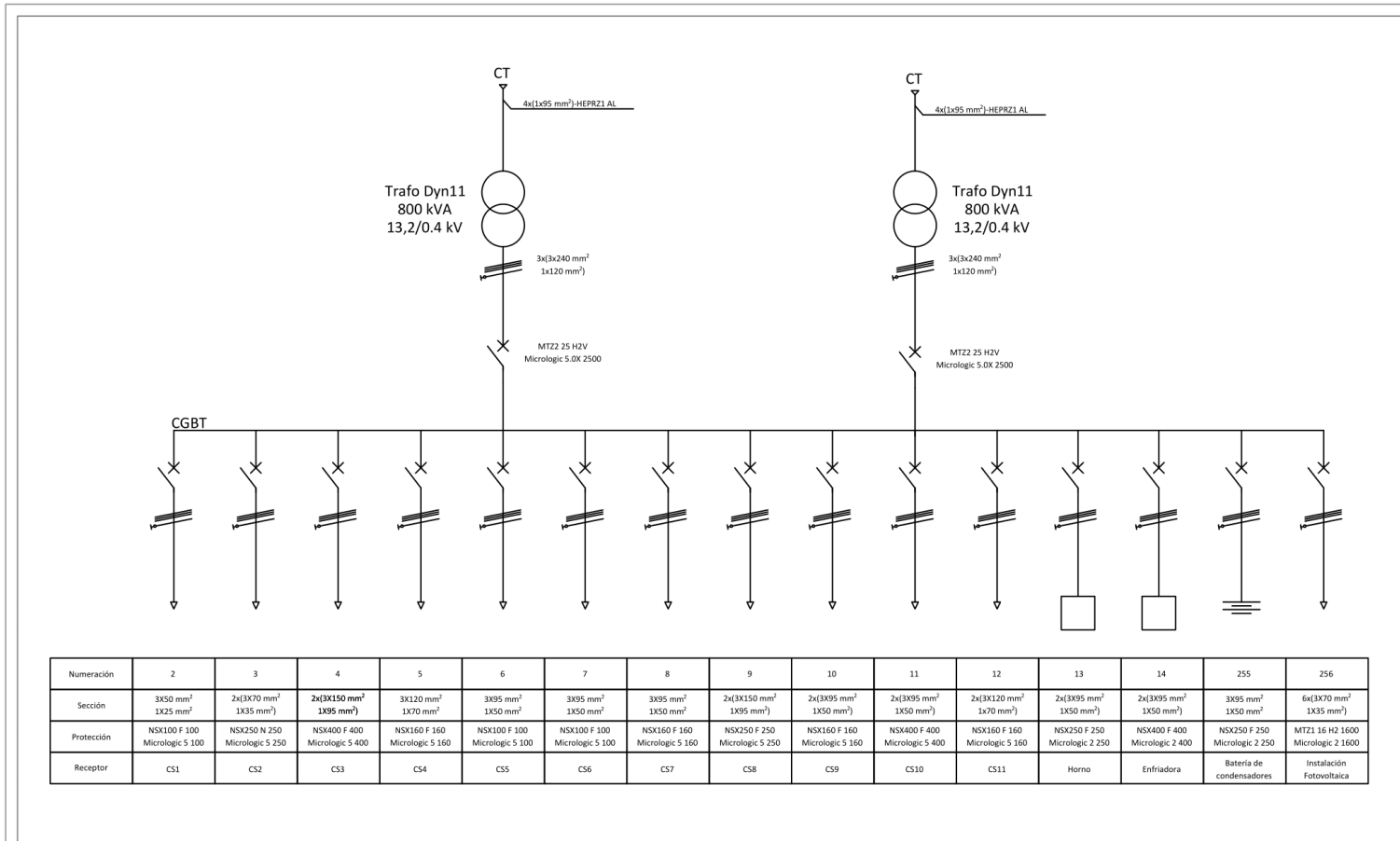
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Emplazamiento de la Nave Industrial: Parcela 4-5</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:9.000</p>	<p>Nº plano: 04</p>



2. DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN INDUSTRIAL



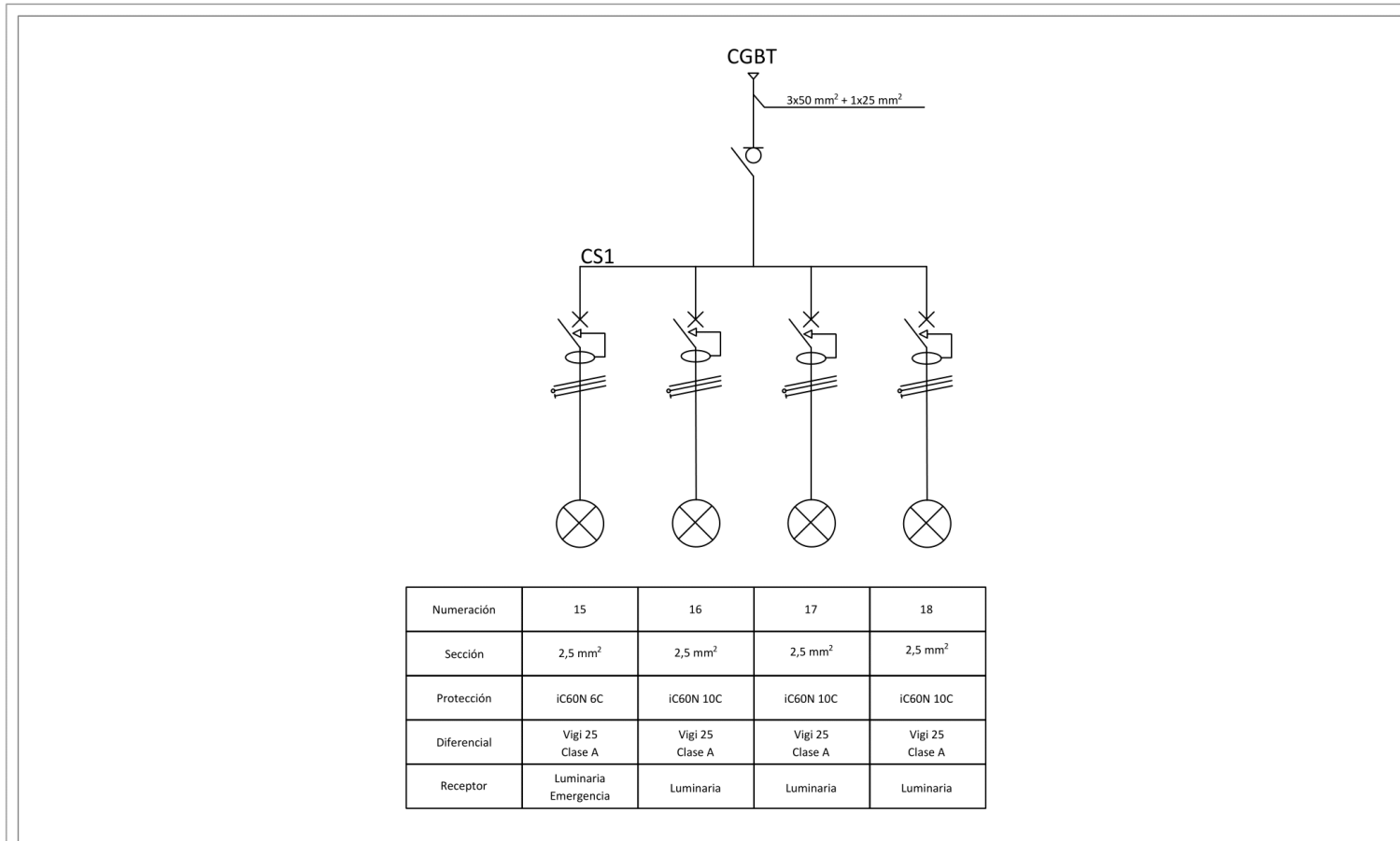
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Esquema Unifilar: Acometida y Celdas de Media Tensión</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 06</p>



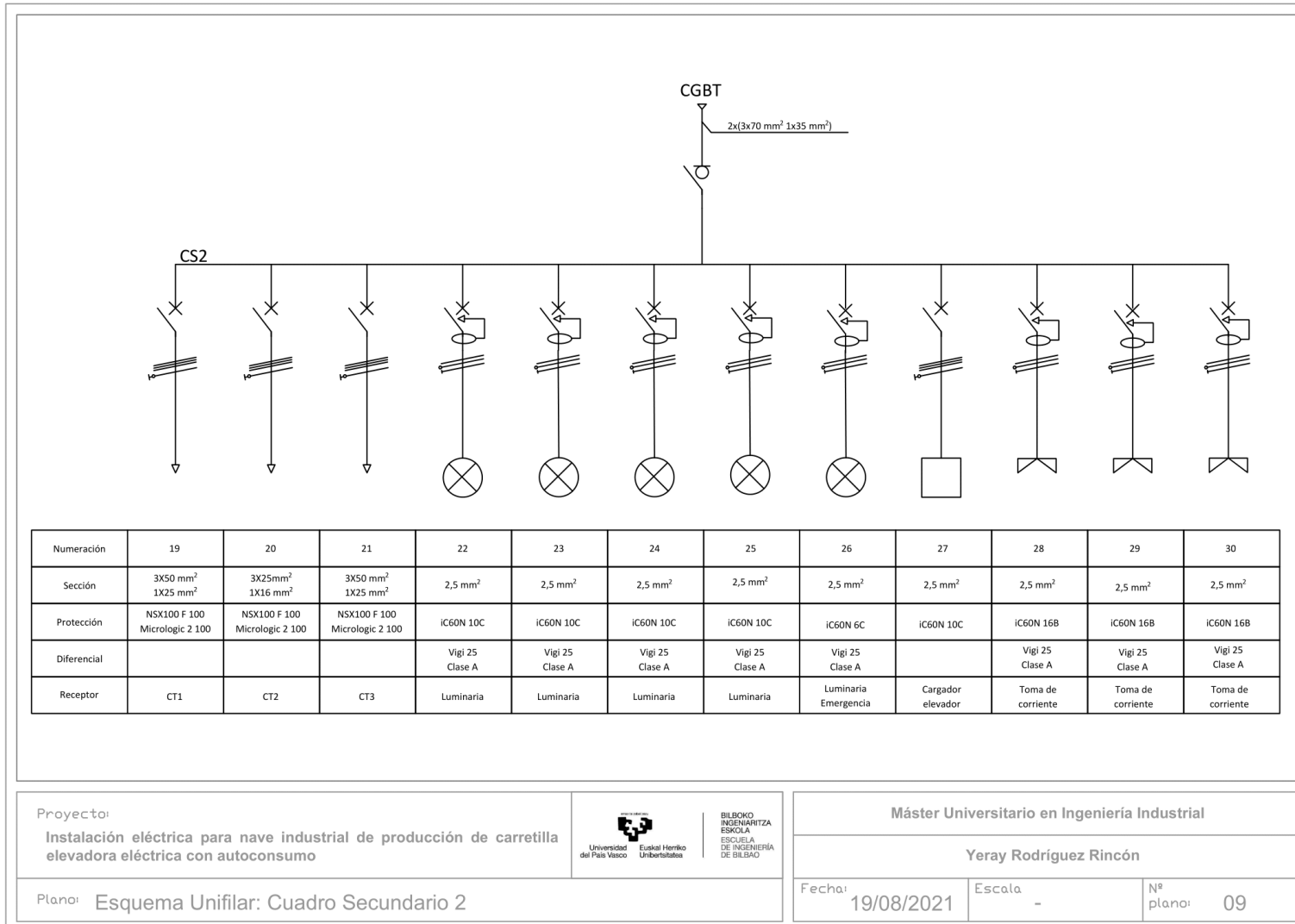
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Plano: Esquema unifilar: Cuadro General de Baja Tensión		Yeray Rodríguez Rincón
Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 07

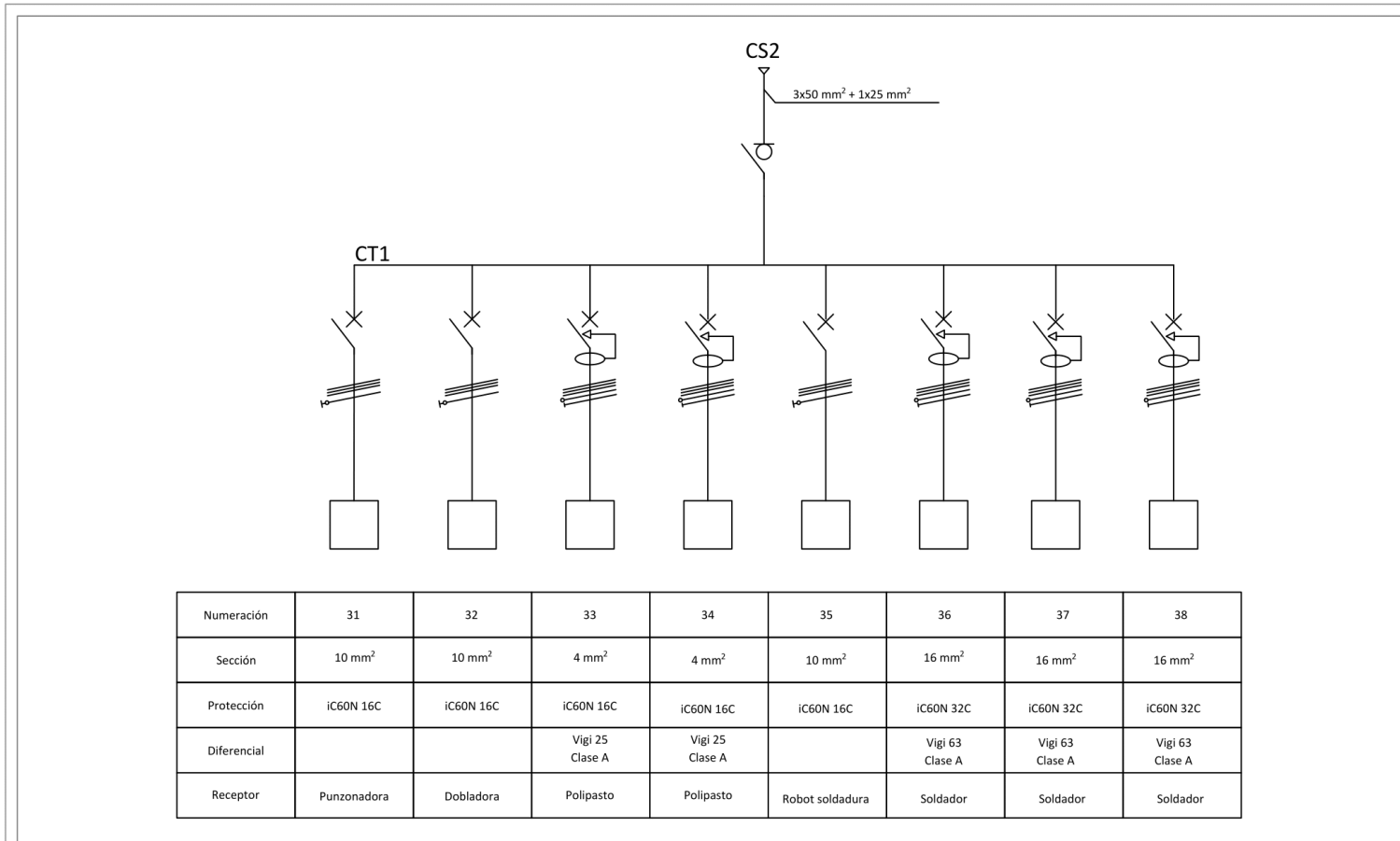


YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

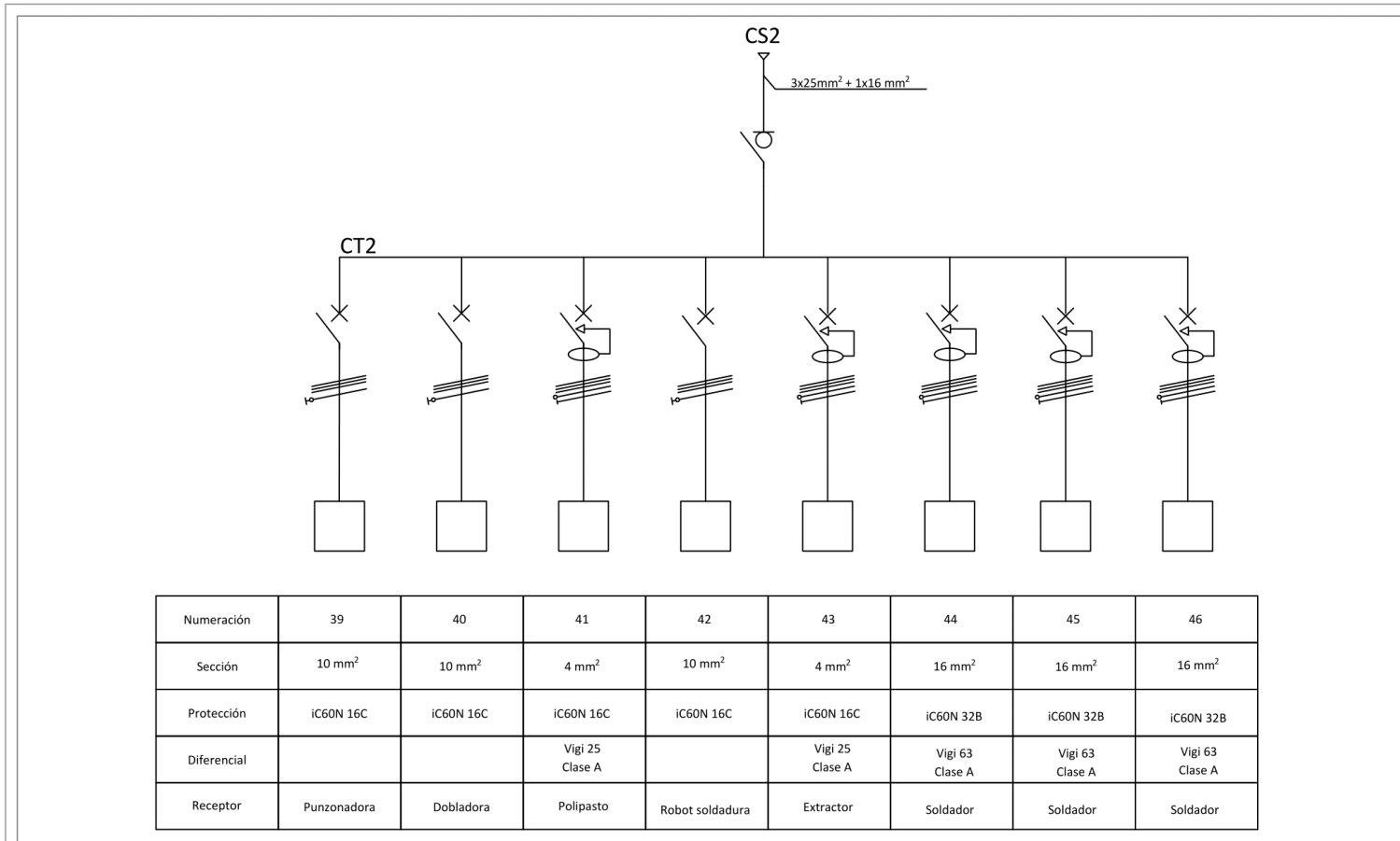


Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 1	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 08

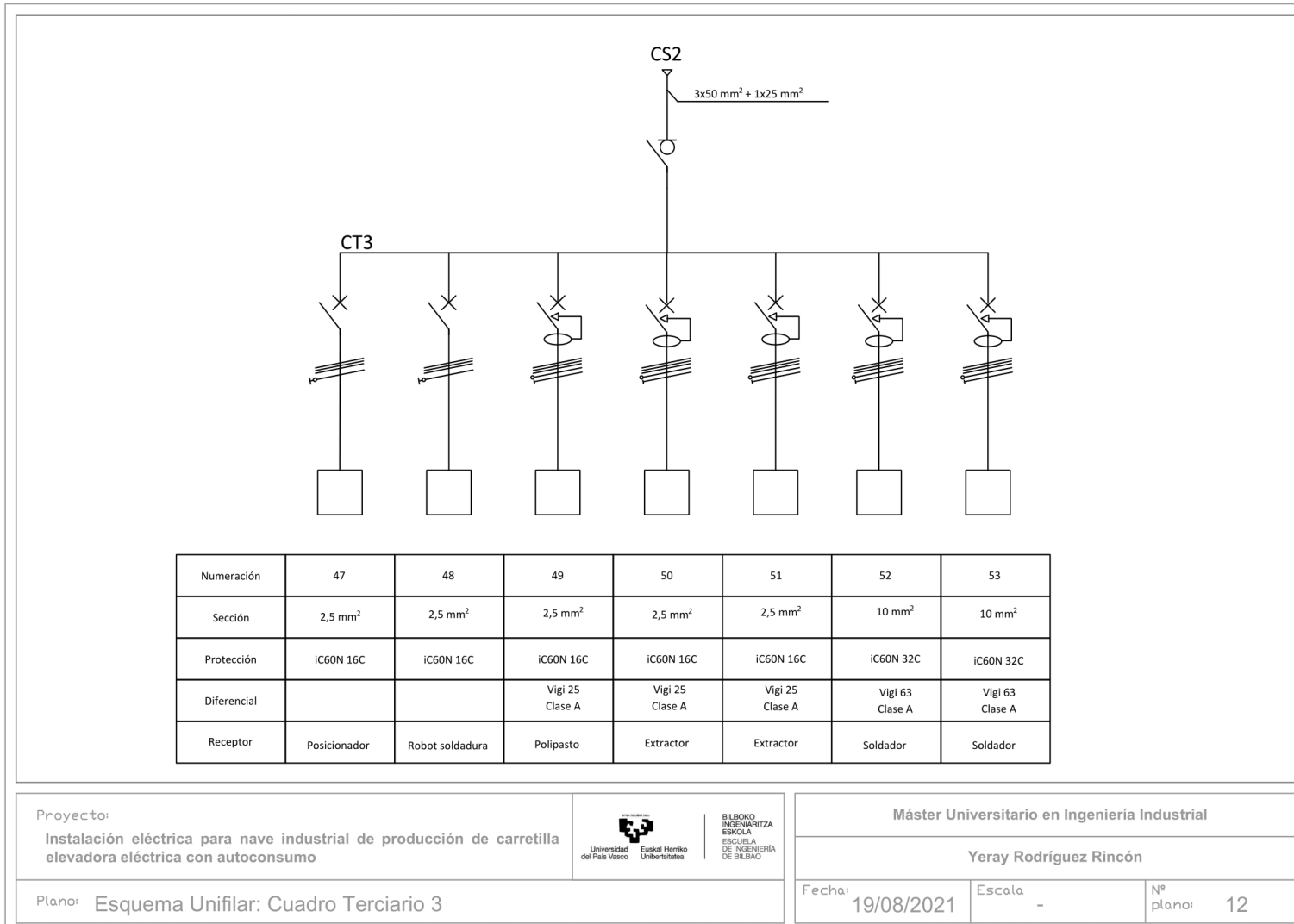


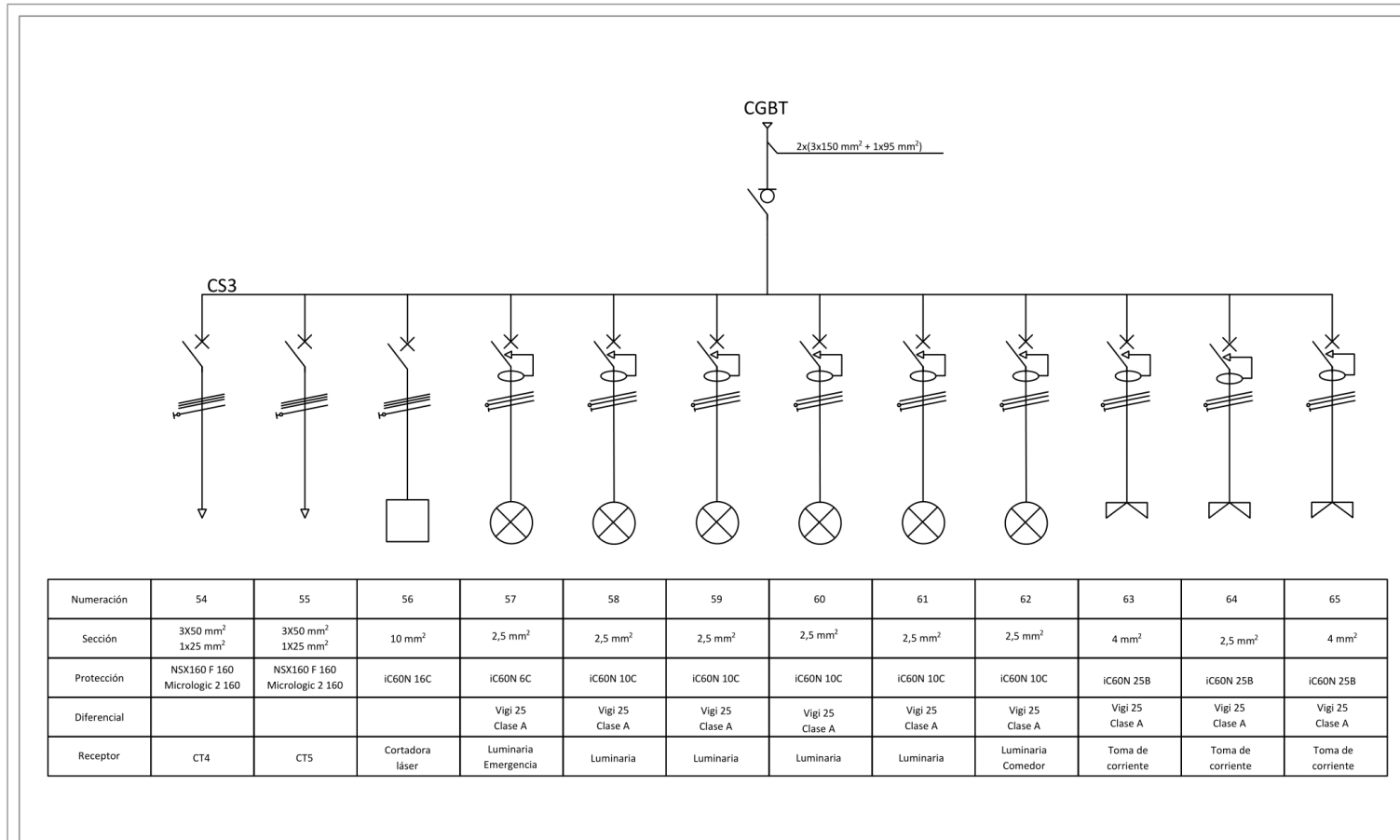


Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 1	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 10



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 2		Fecha: 19/08/2021	Escala: -
		Nº plano: 11	

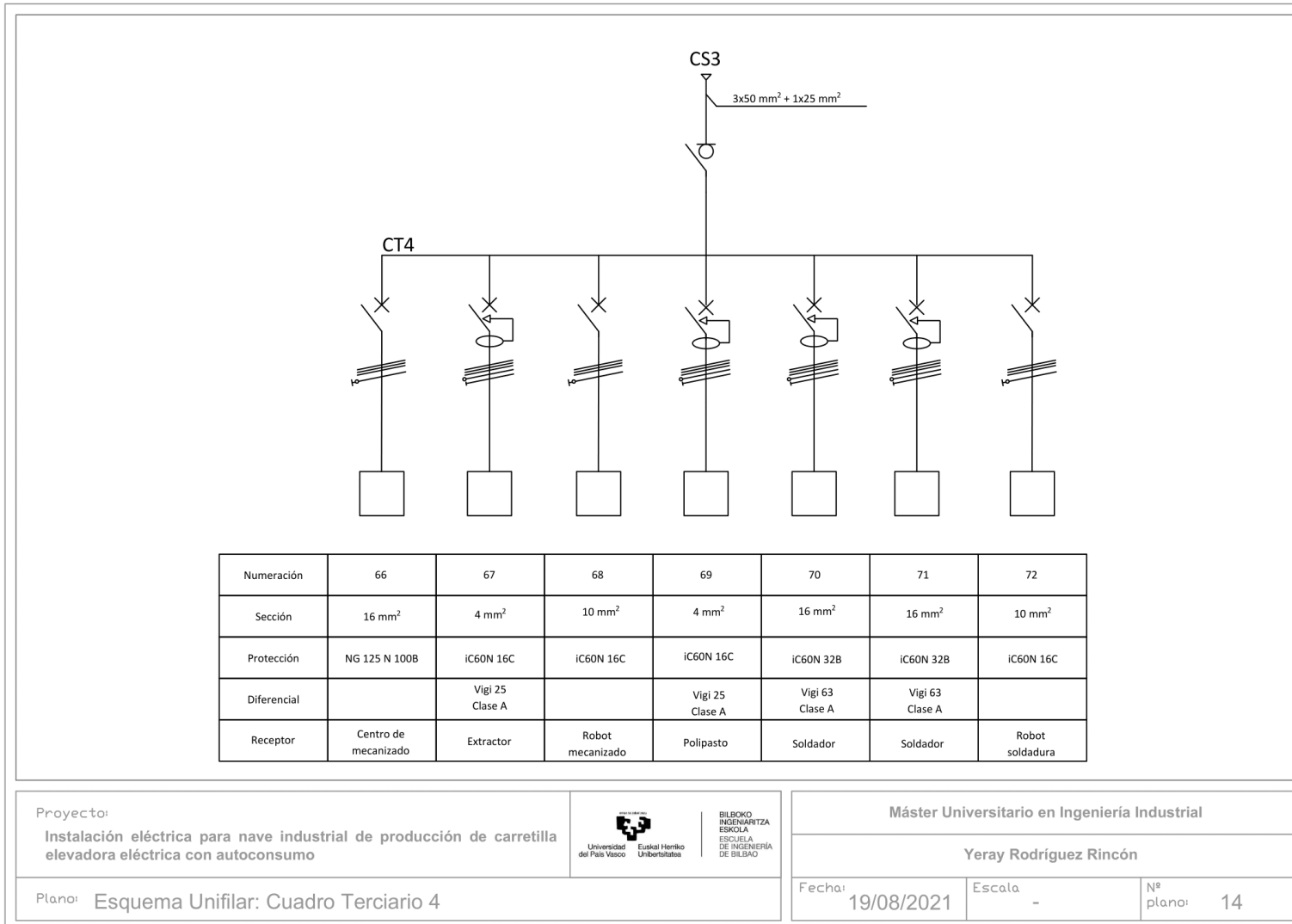




Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 3	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 13

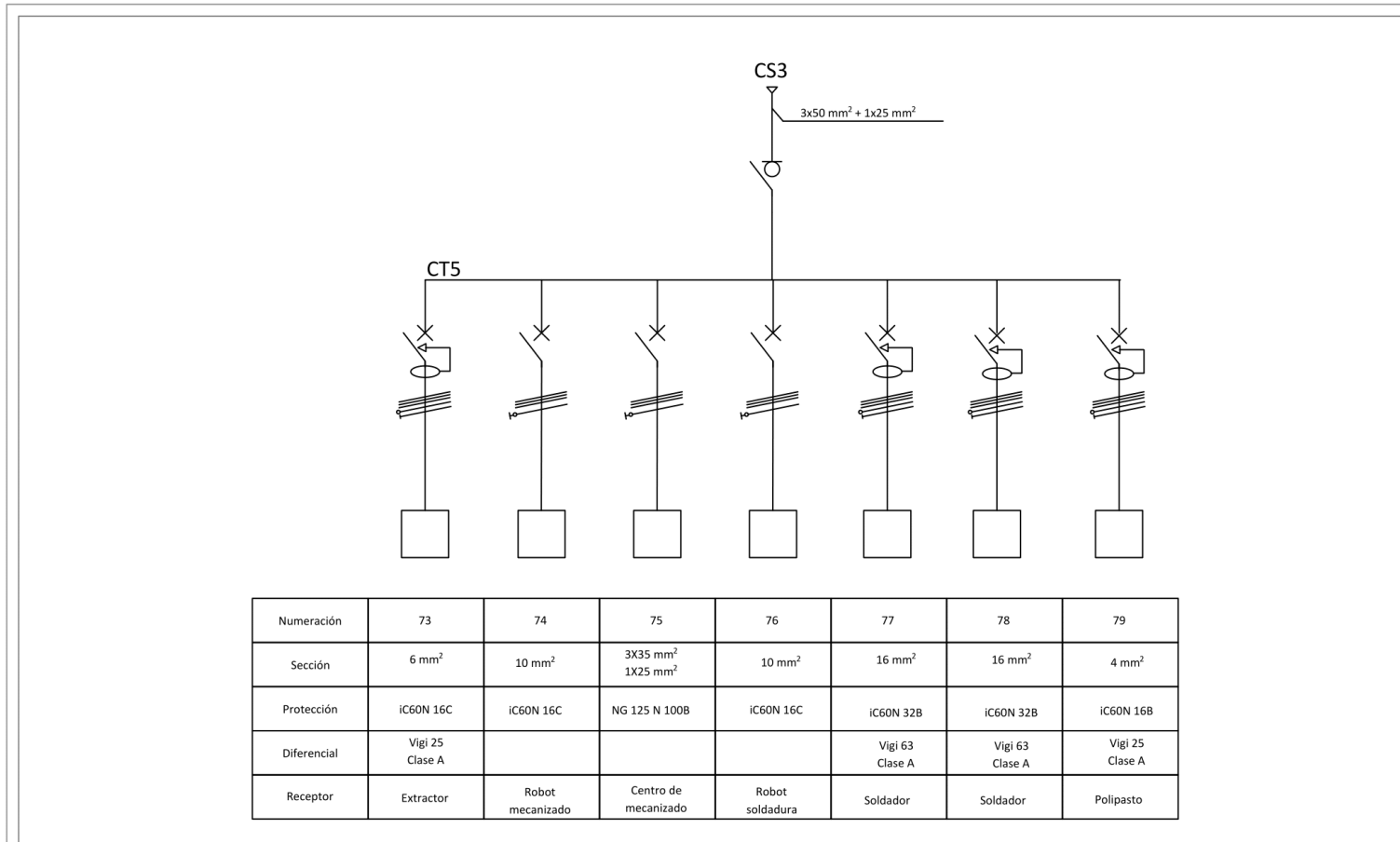


YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

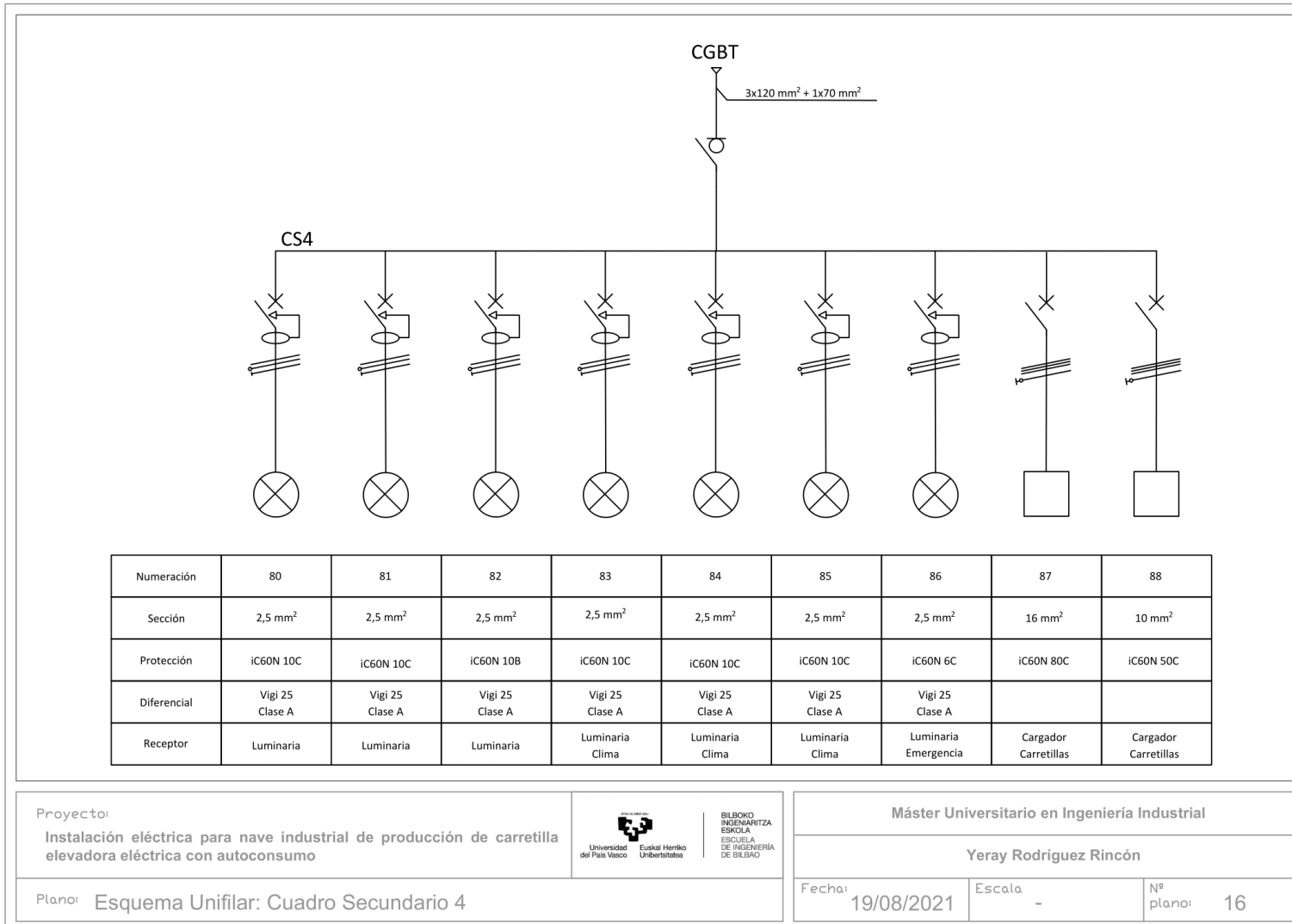


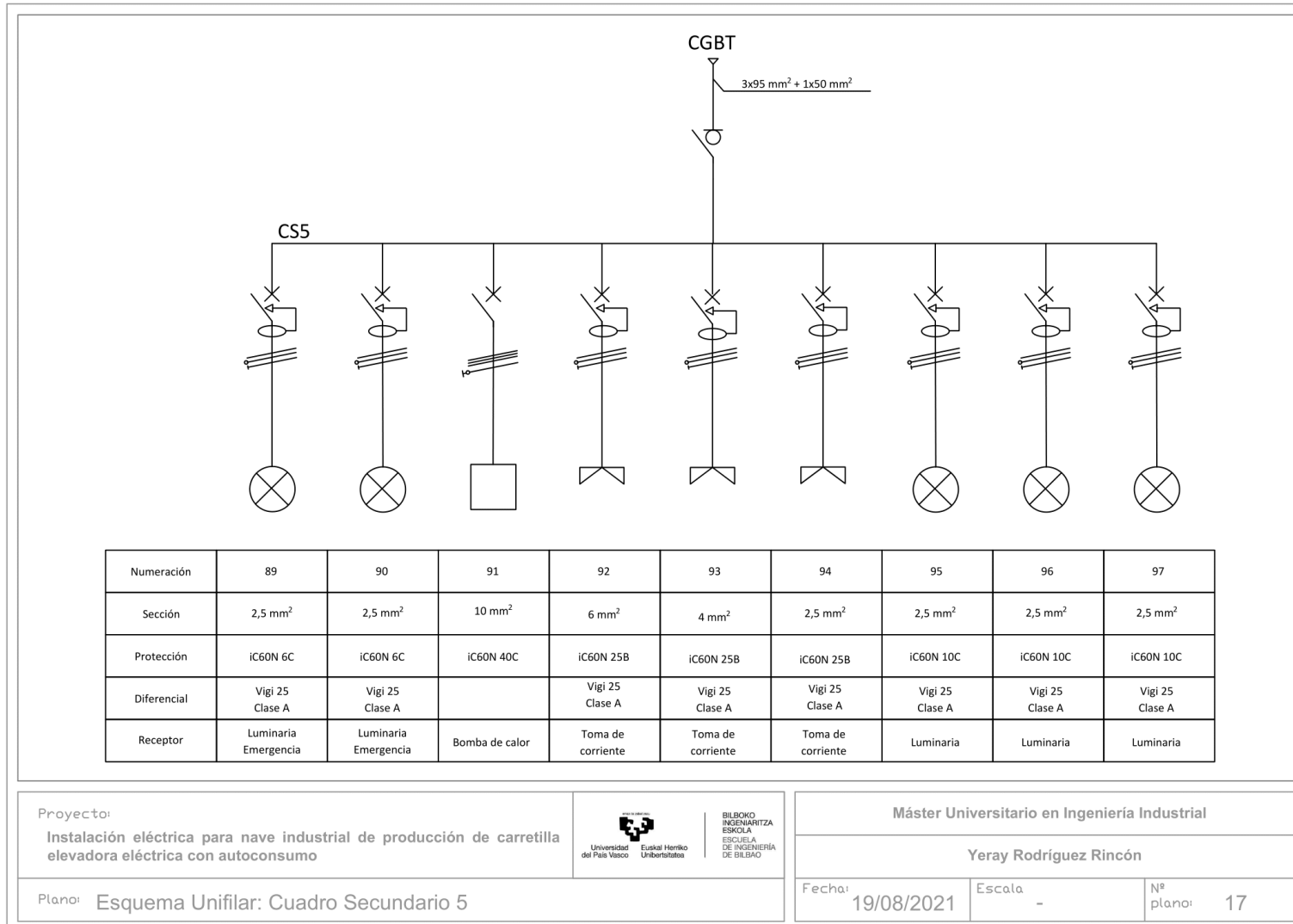


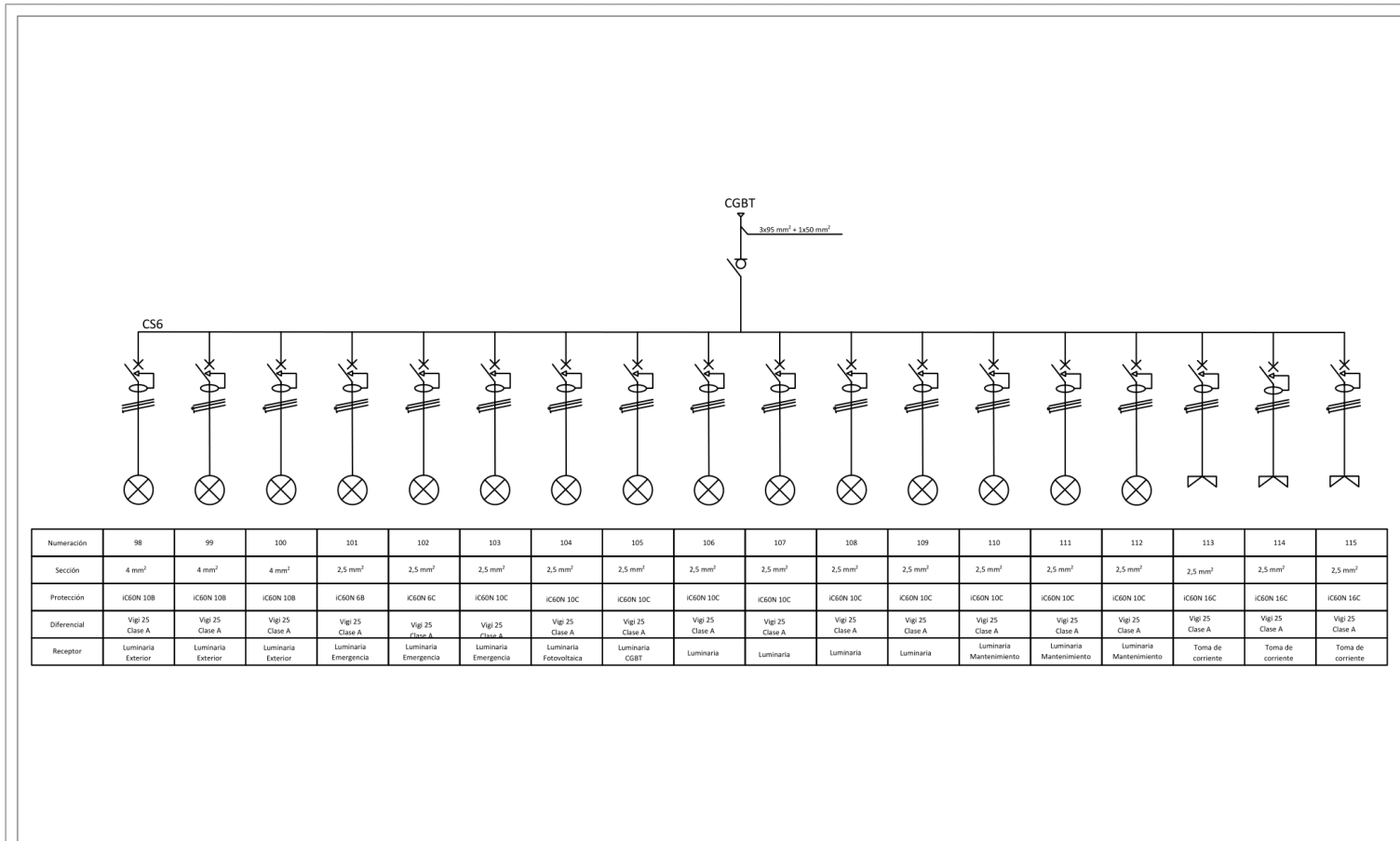
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 5	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	N° plano: 15



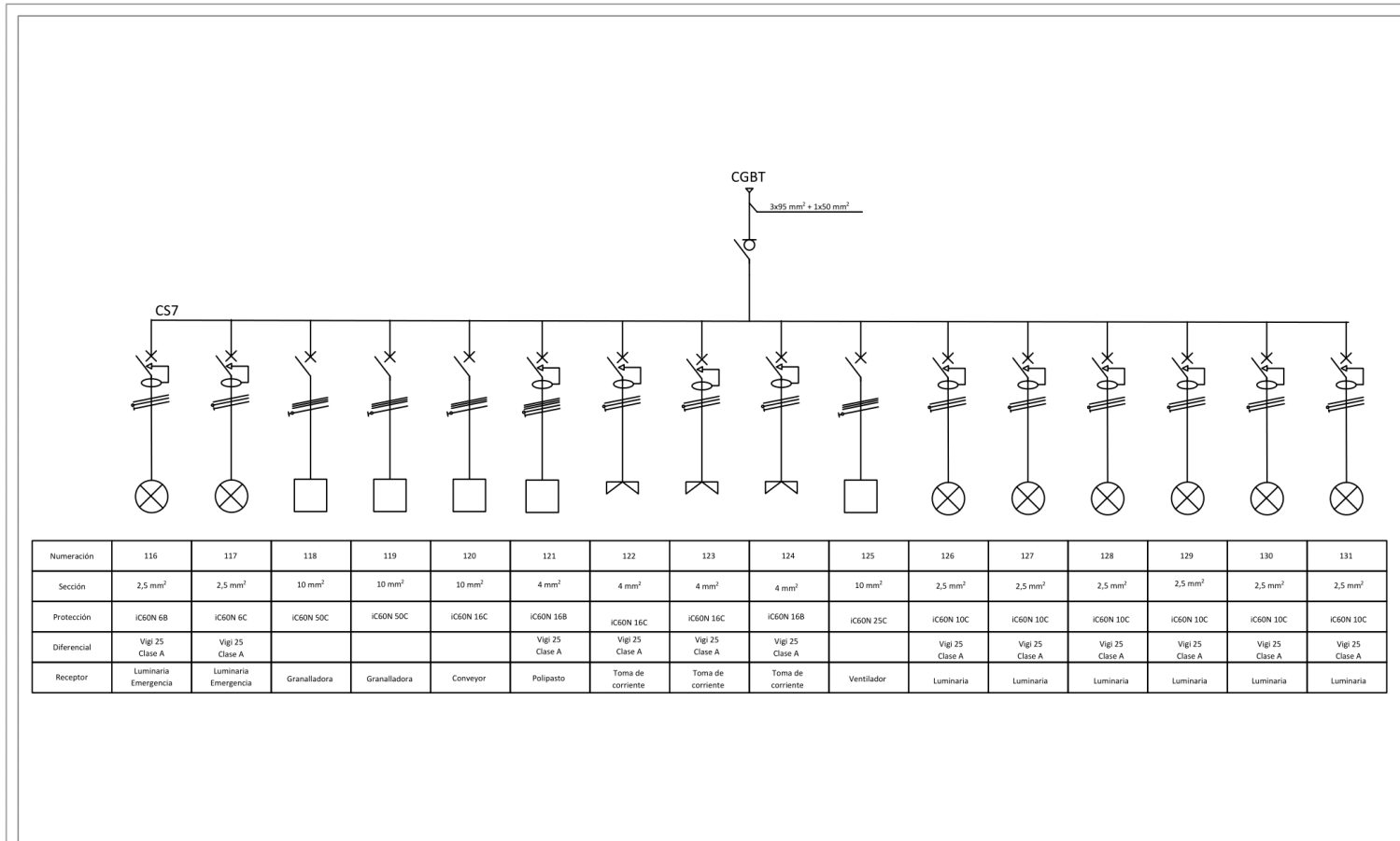




Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 6		Fecha: 19/08/2021	Escala: - Nº plano: 18



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



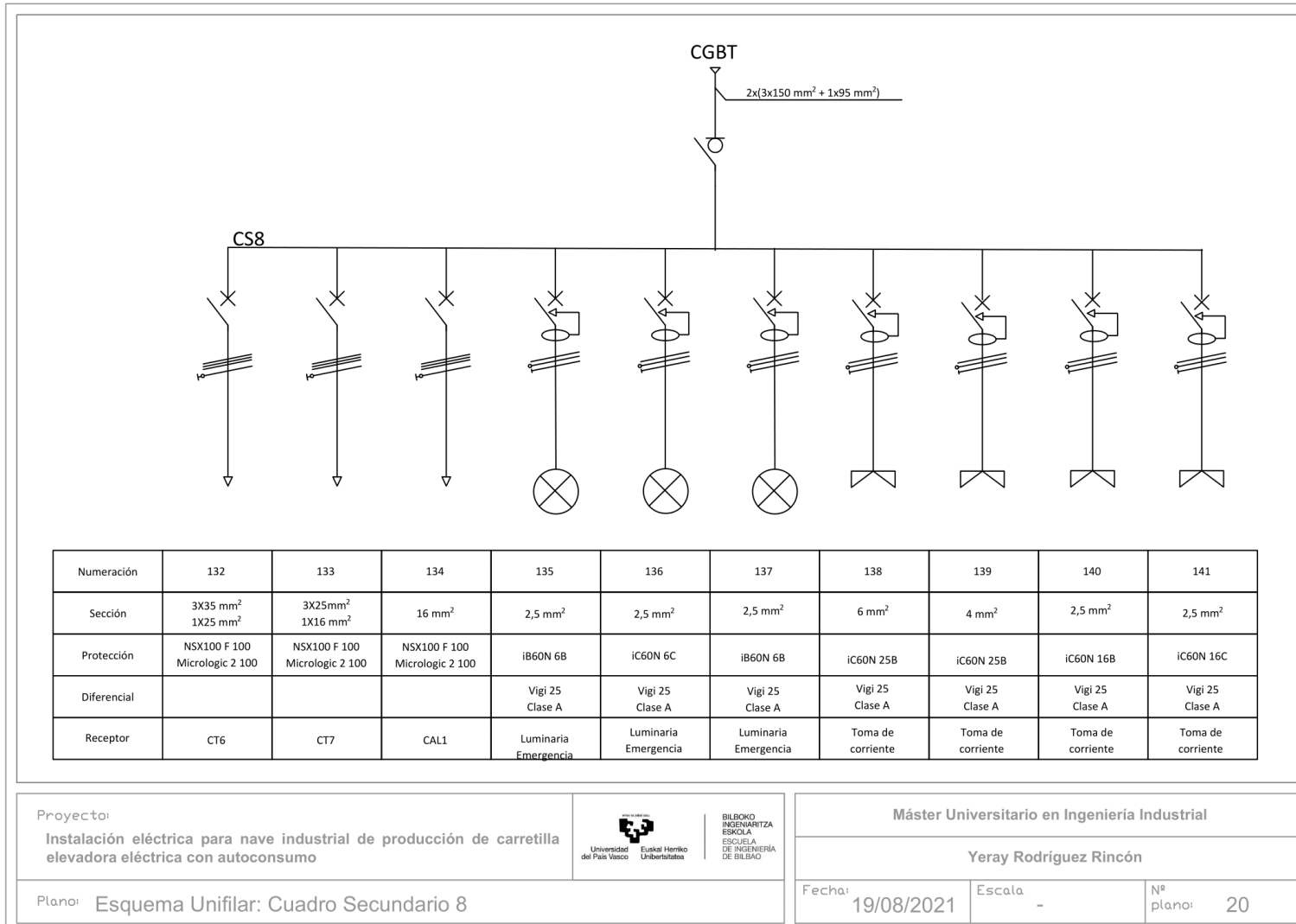
Proyecto:
Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo

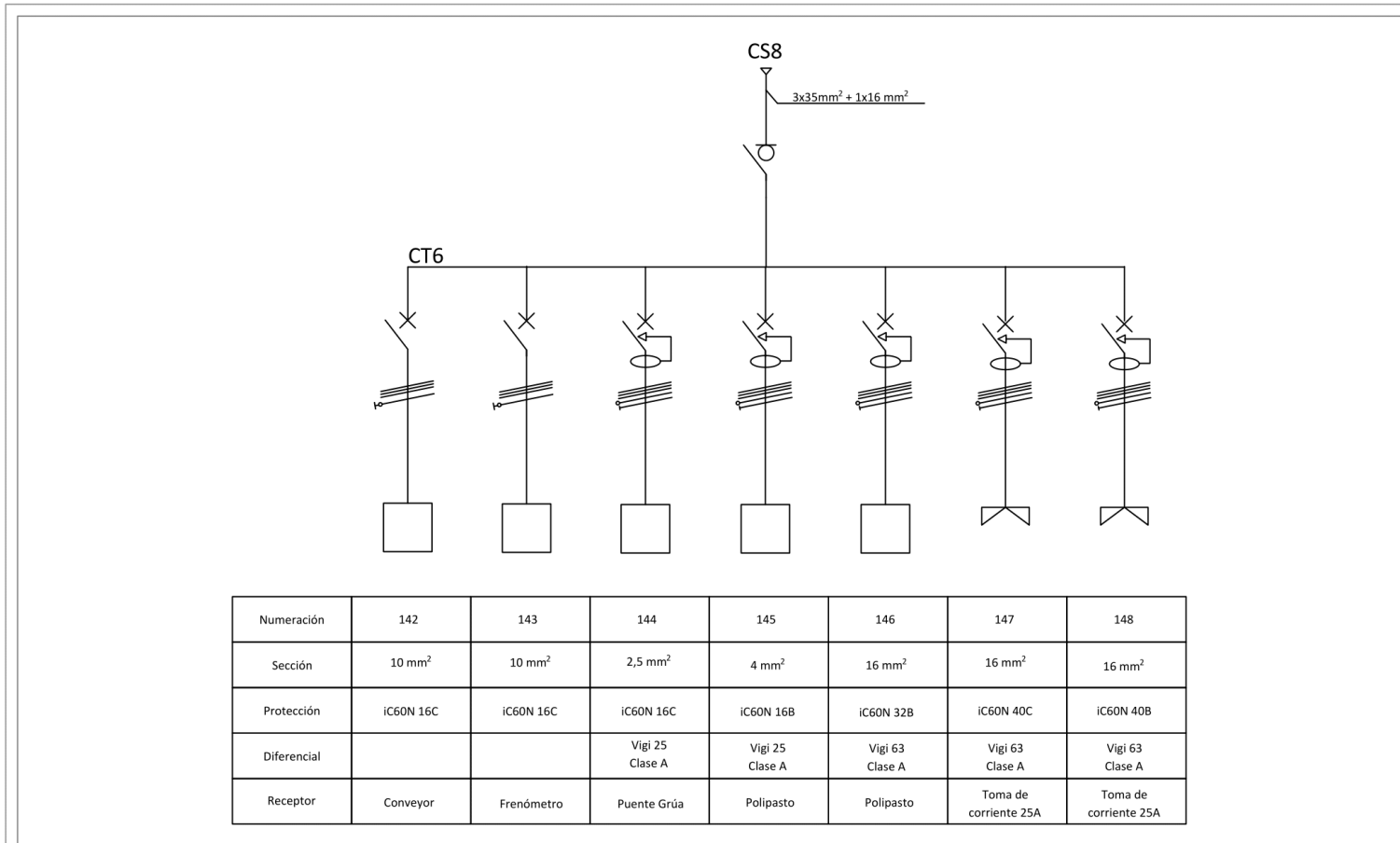
Plano: **Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 7**

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Yeray Rodríguez Rincón

Fecha: 19/08/2021 Escala: - N° plano: 19

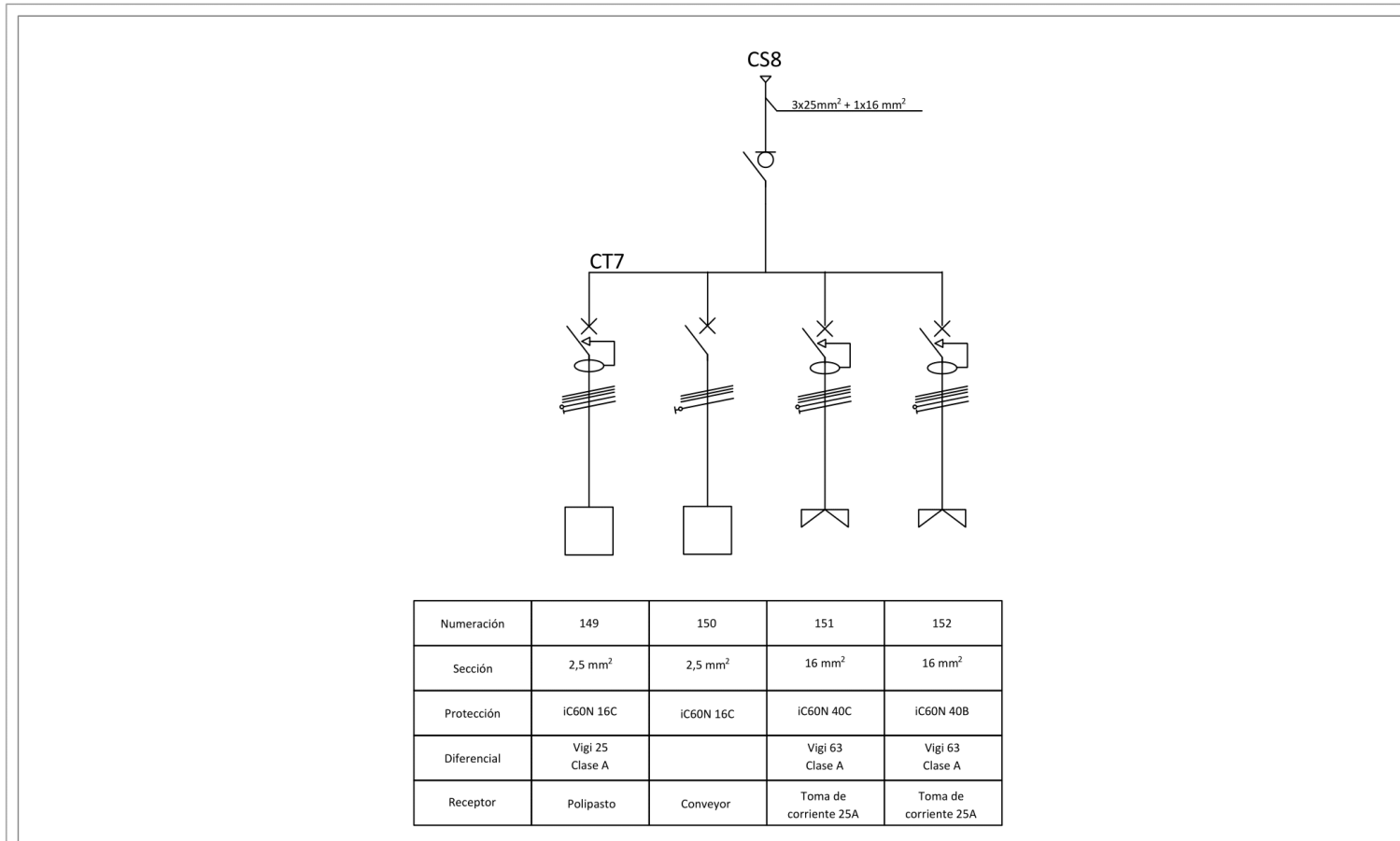




Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 6		Fecha: 19/08/2021	Escala: - Nº plano: 21



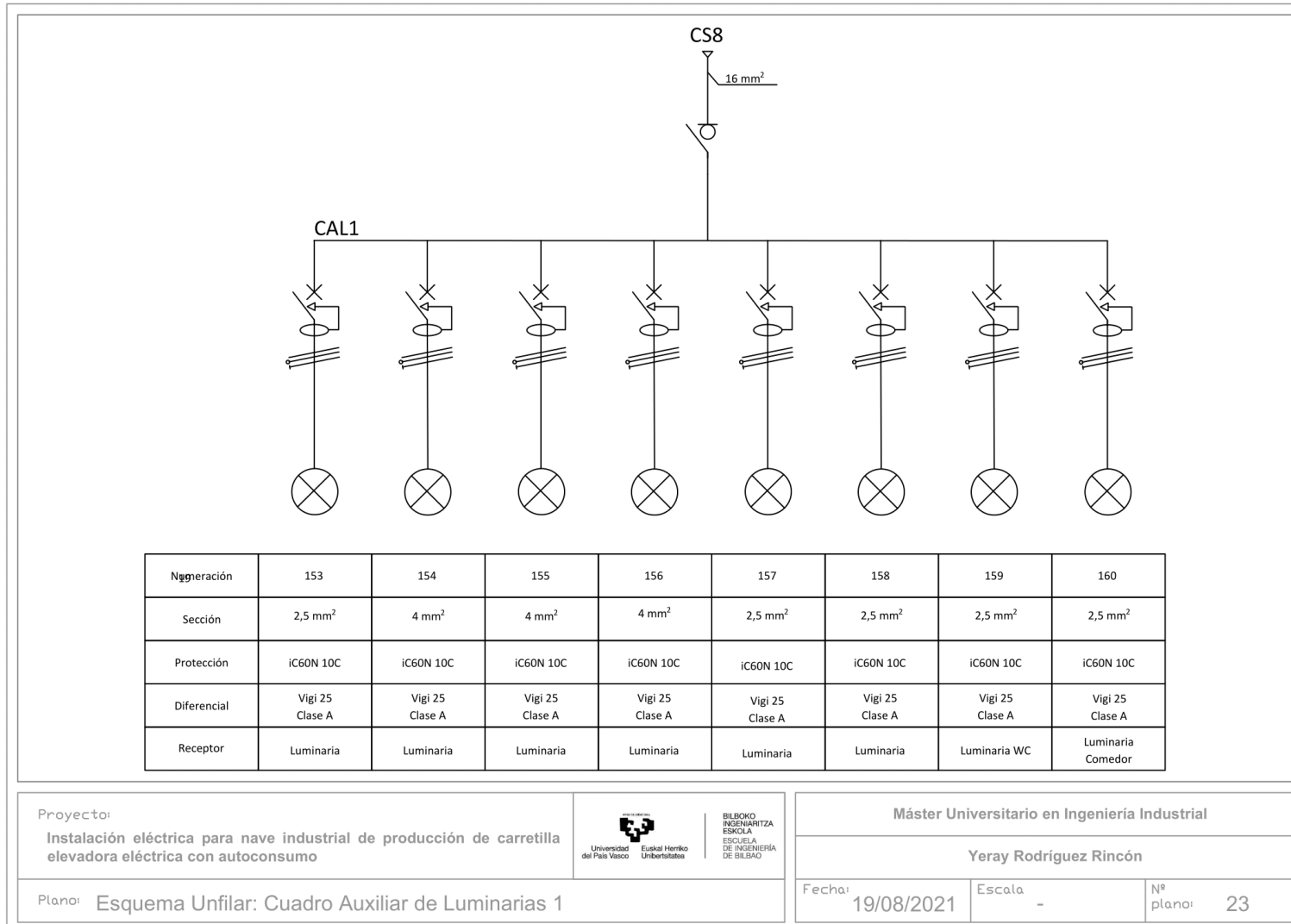
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

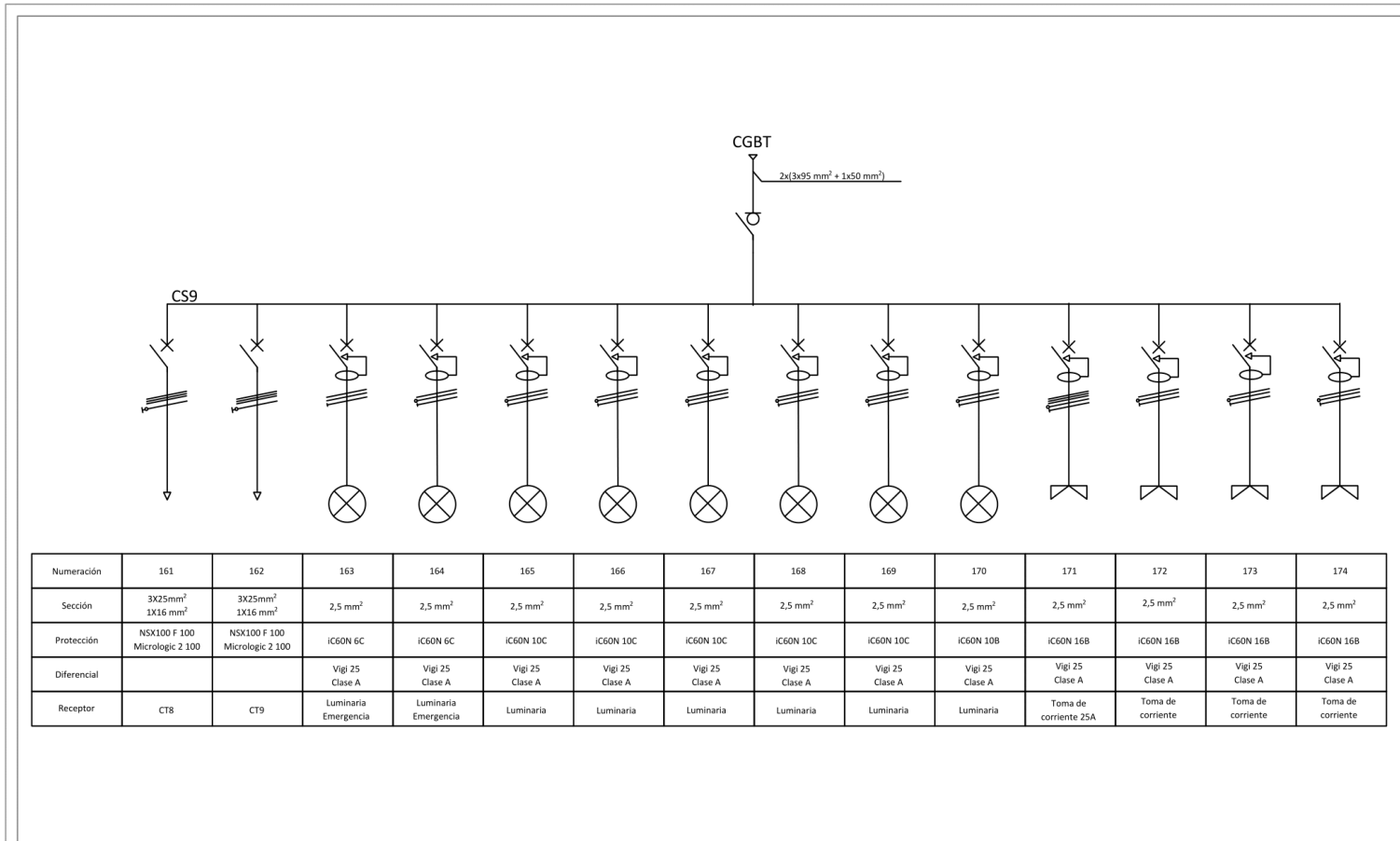


Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unfilari: Cuadro Terciario 7	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 22

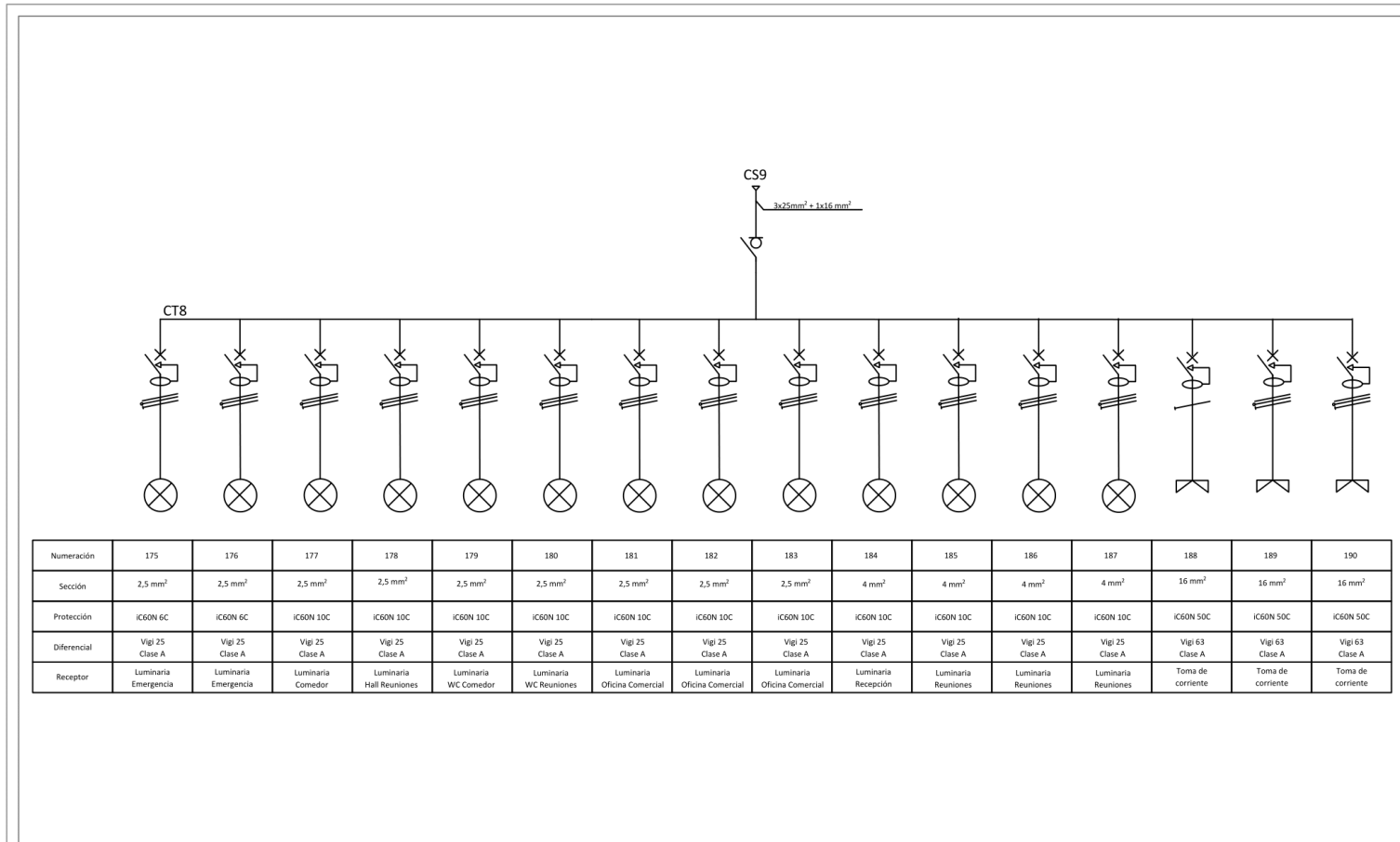


YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN





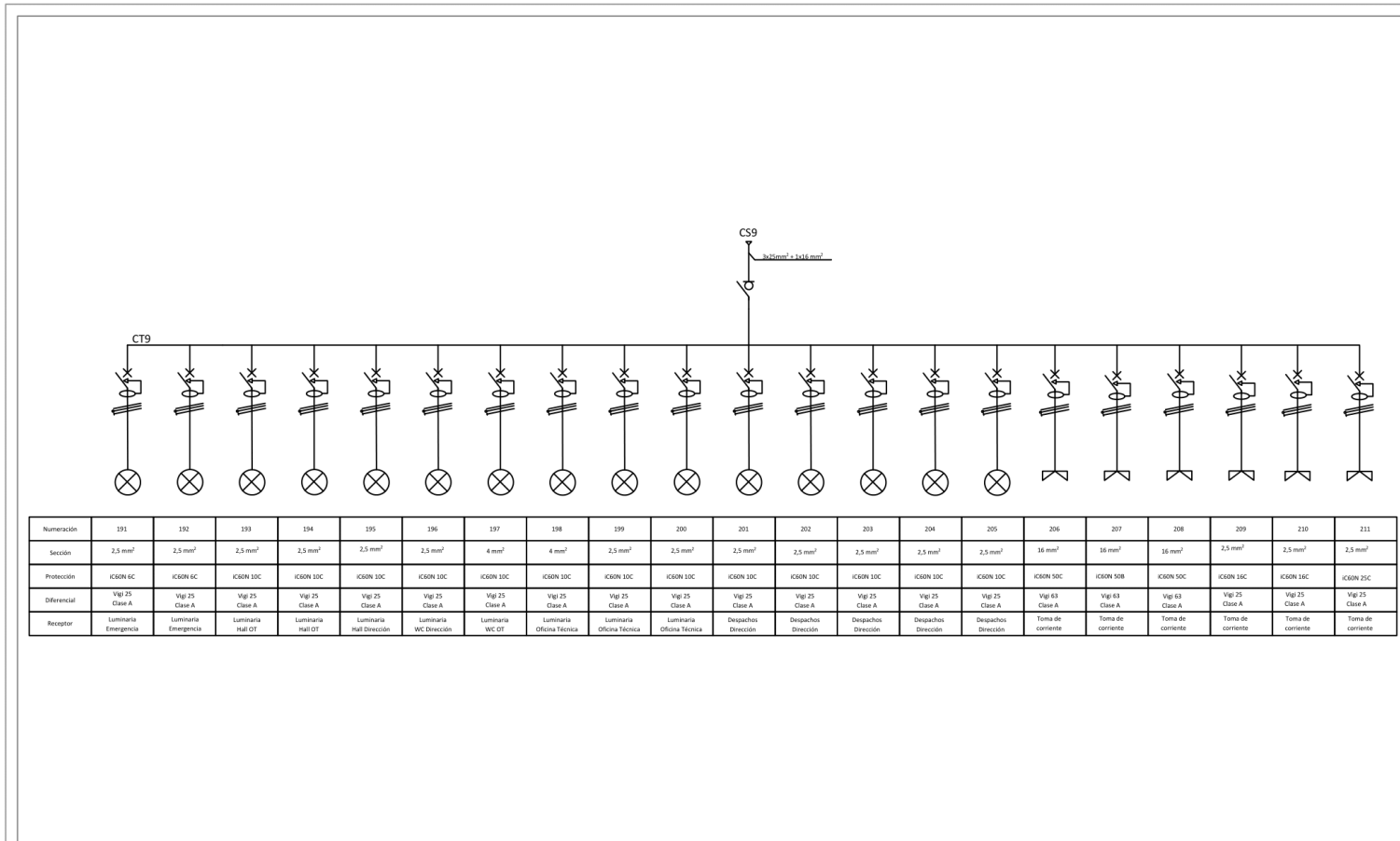
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 9	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 24



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 8		Fecha: 19/08/2021	Escala: -
		N° plano: 25	



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



Proyecto: **Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo**

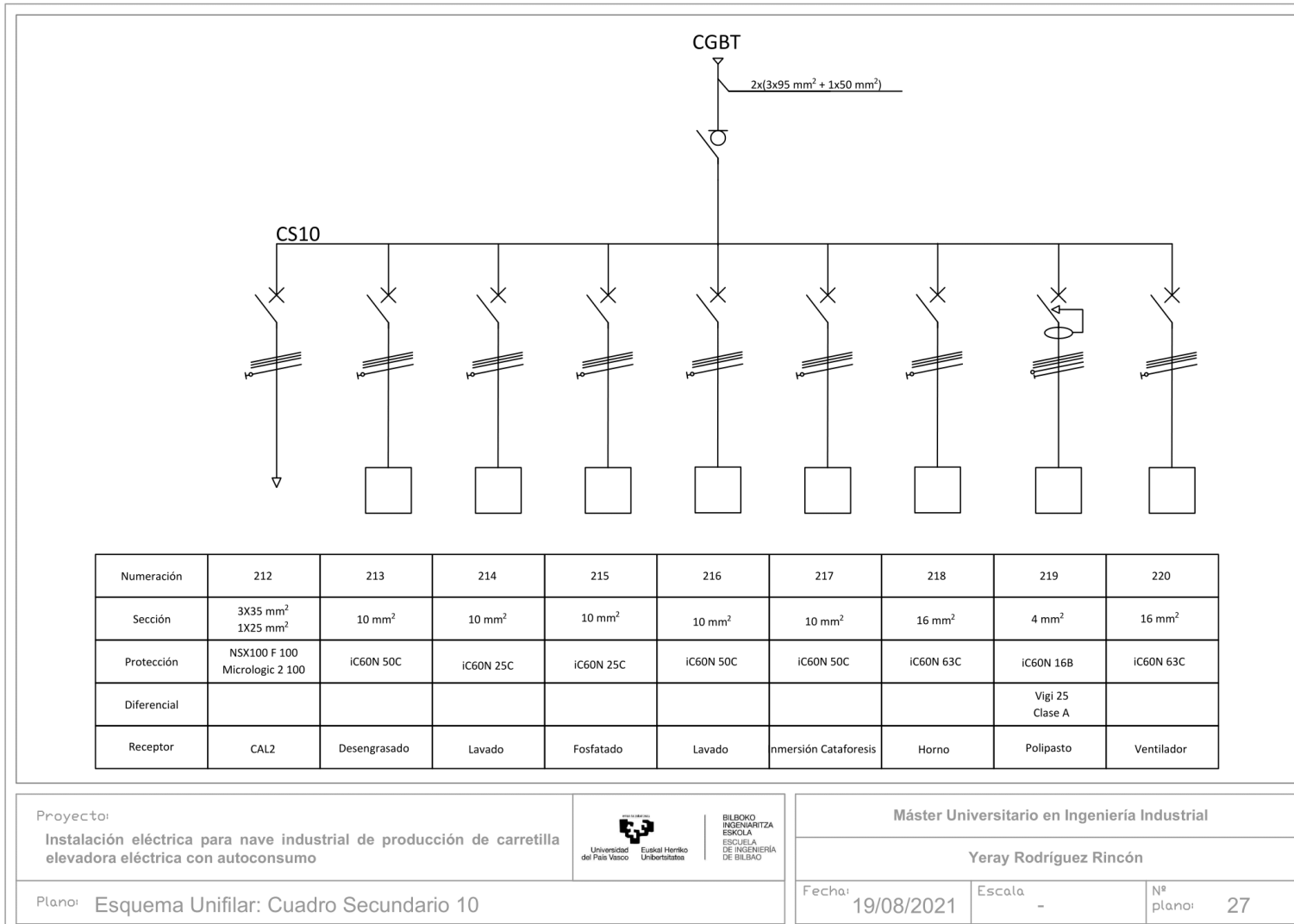
Plano: **Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 9**

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Yeray Rodríguez Rincón

Fecha: 19/08/2021 | Escala: - | Nº plano: 26



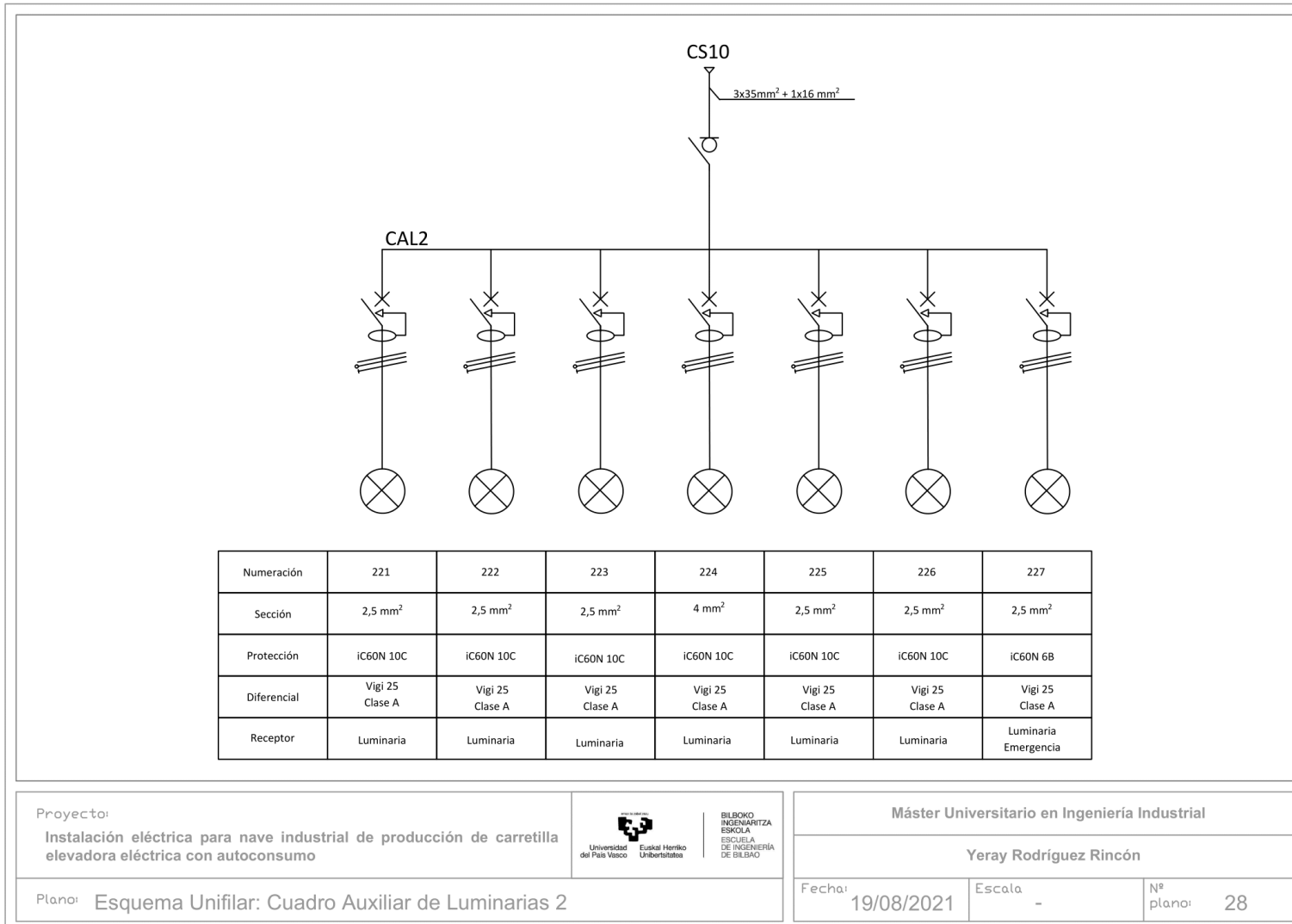
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo



Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Yeray Rodríguez Rincón
Fecha: 19/08/2021 Escala: - Nº plano: 27



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



Proyecto:

Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo



Máster Universitario en Ingeniería Industrial

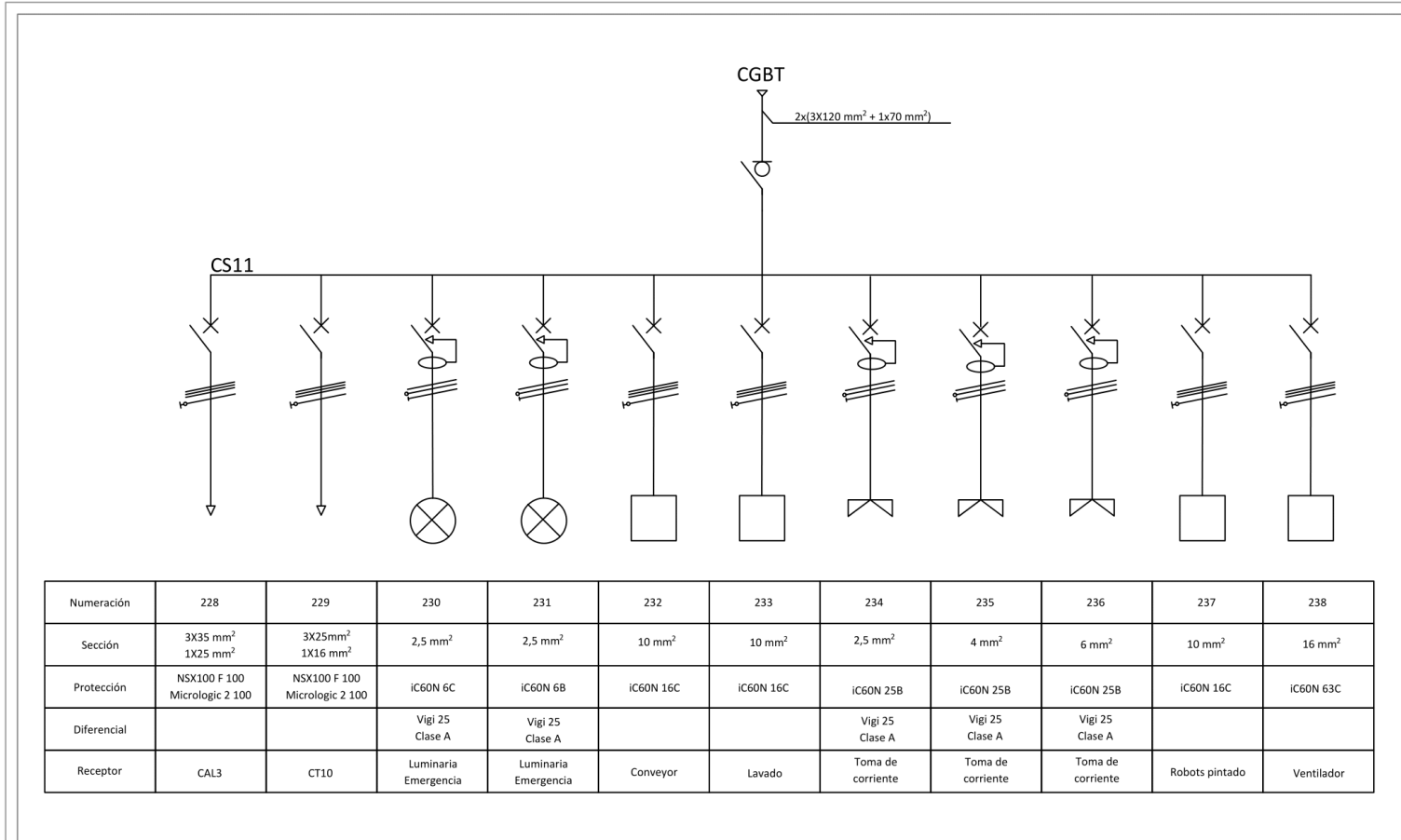
Yeray Rodríguez Rincón

Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Auxiliar de Luminarias 2

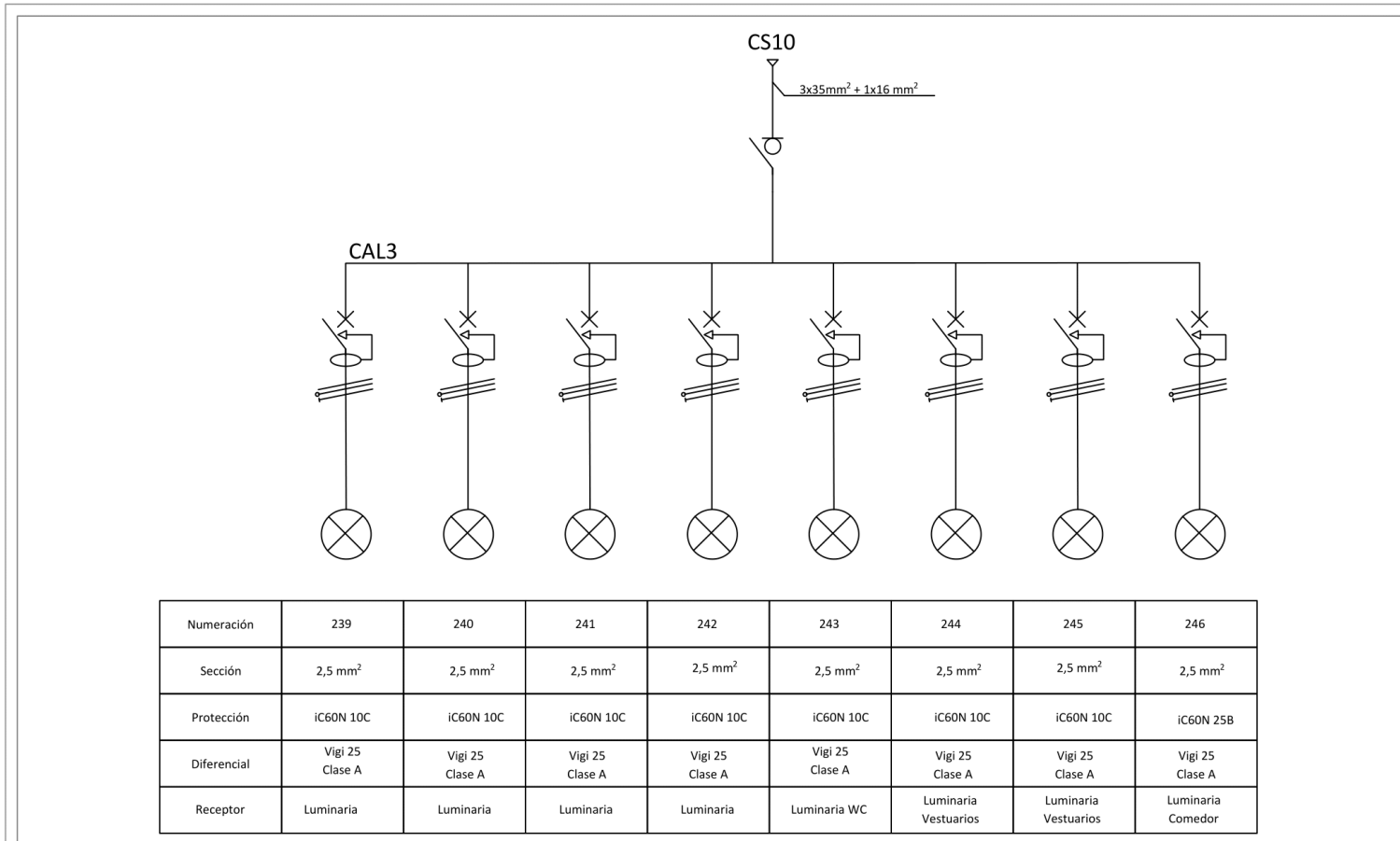
Fecha: 19/08/2021

Escala: -

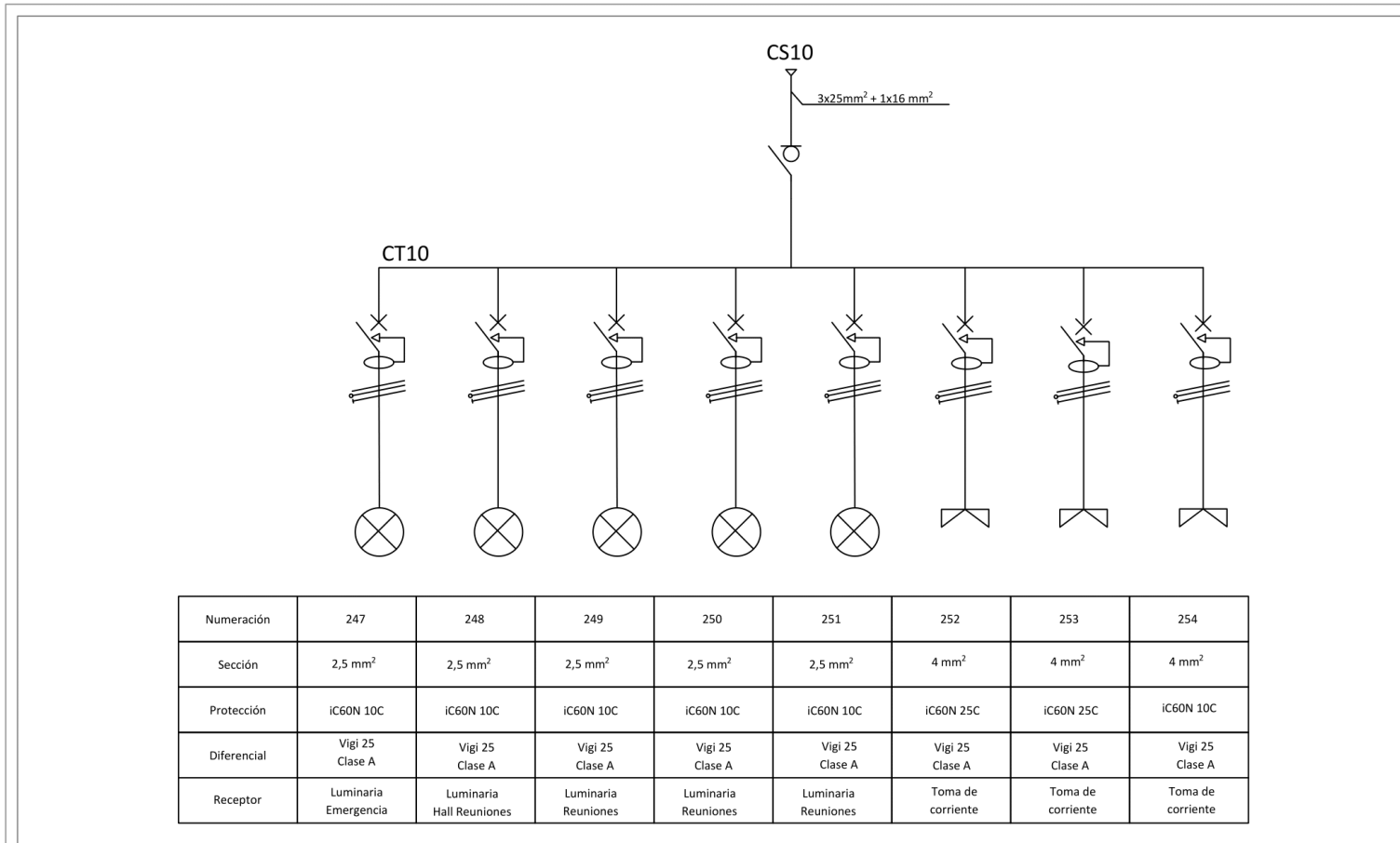
Nº plano: 28



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Secundario 11	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 29



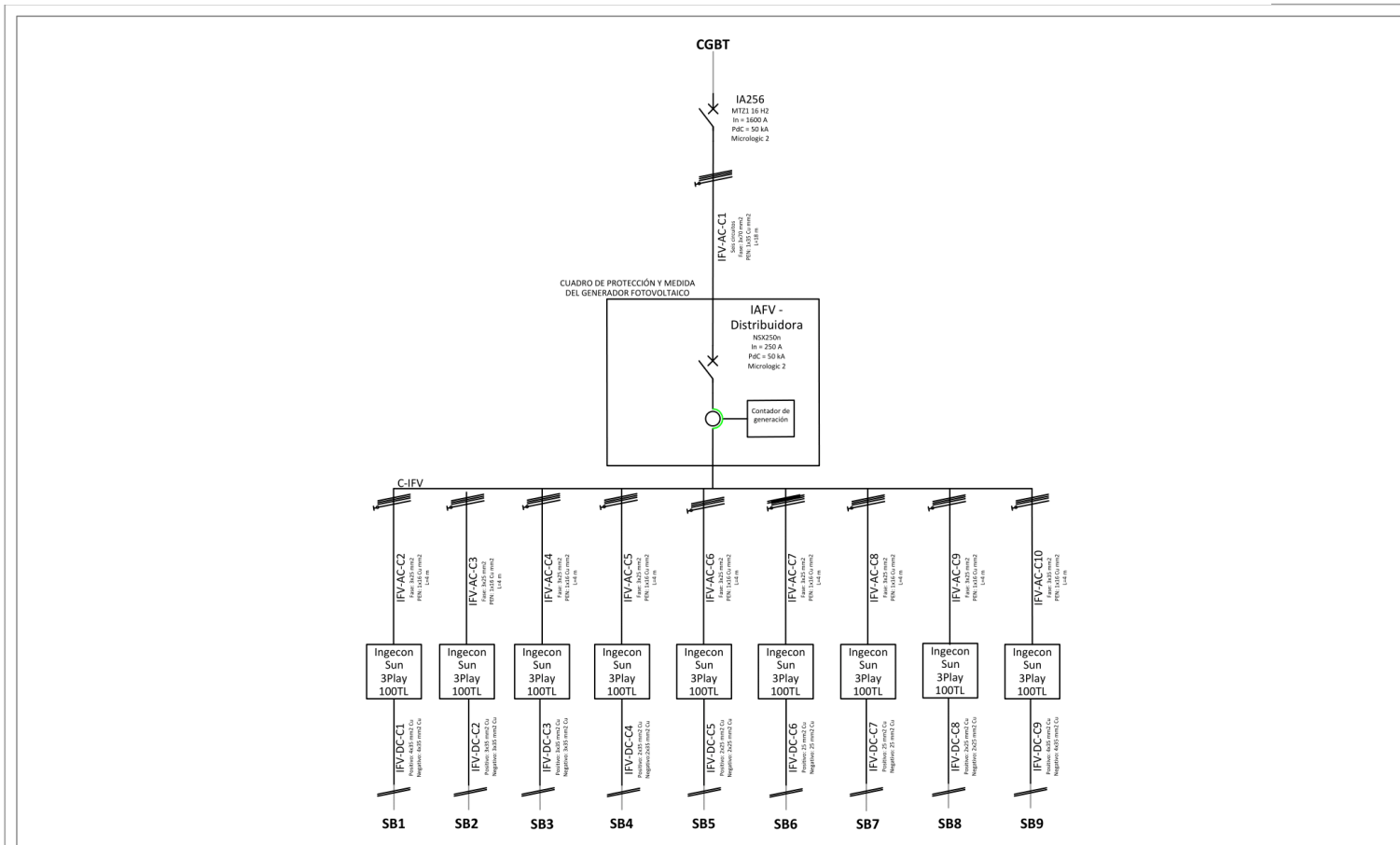
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Auxiliar de Luminarias 3	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 30



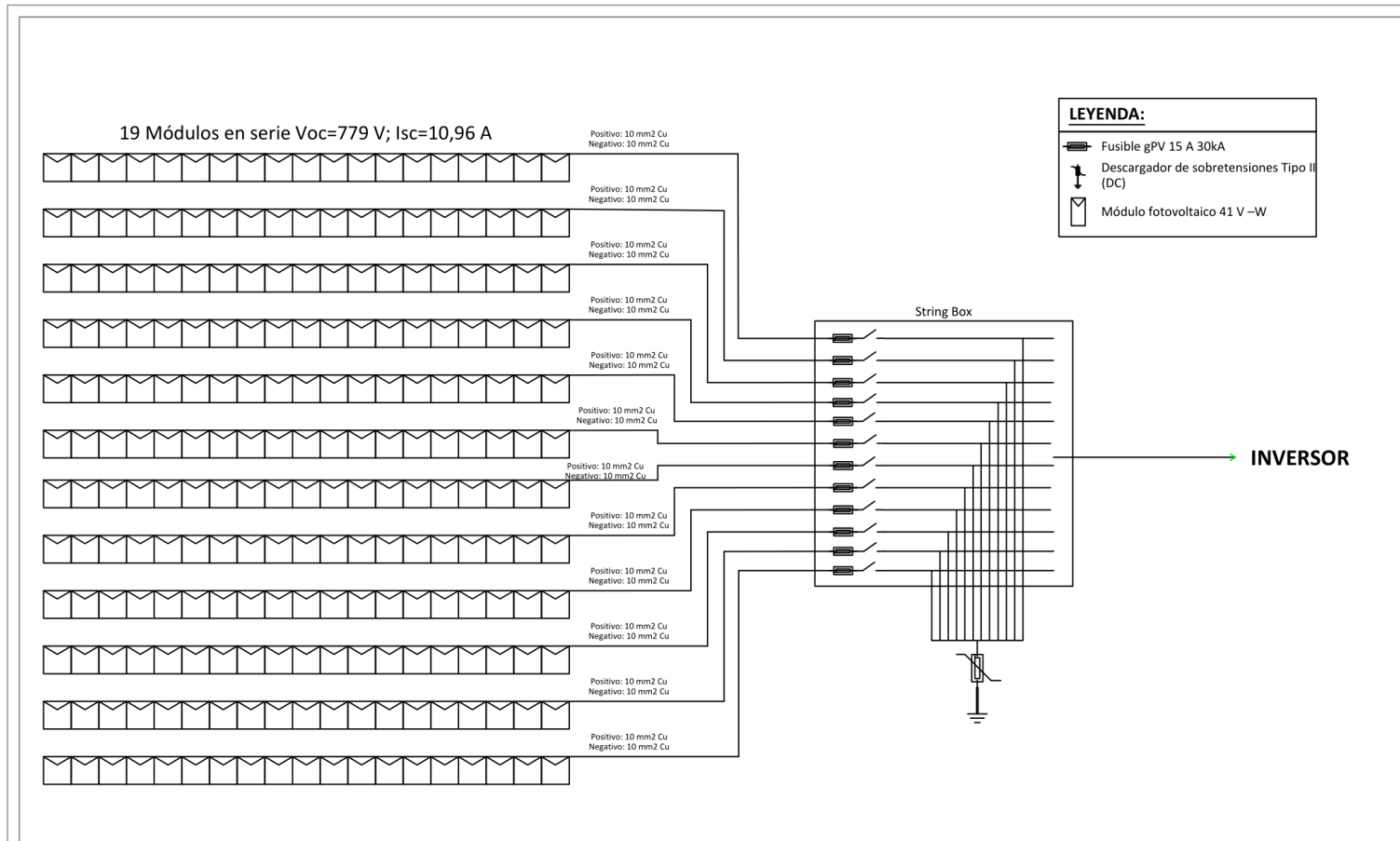
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial	
		Yeray Rodríguez Rincón	
Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 10		Fecha: 19/08/2021	Escala: - Nº plano: 31



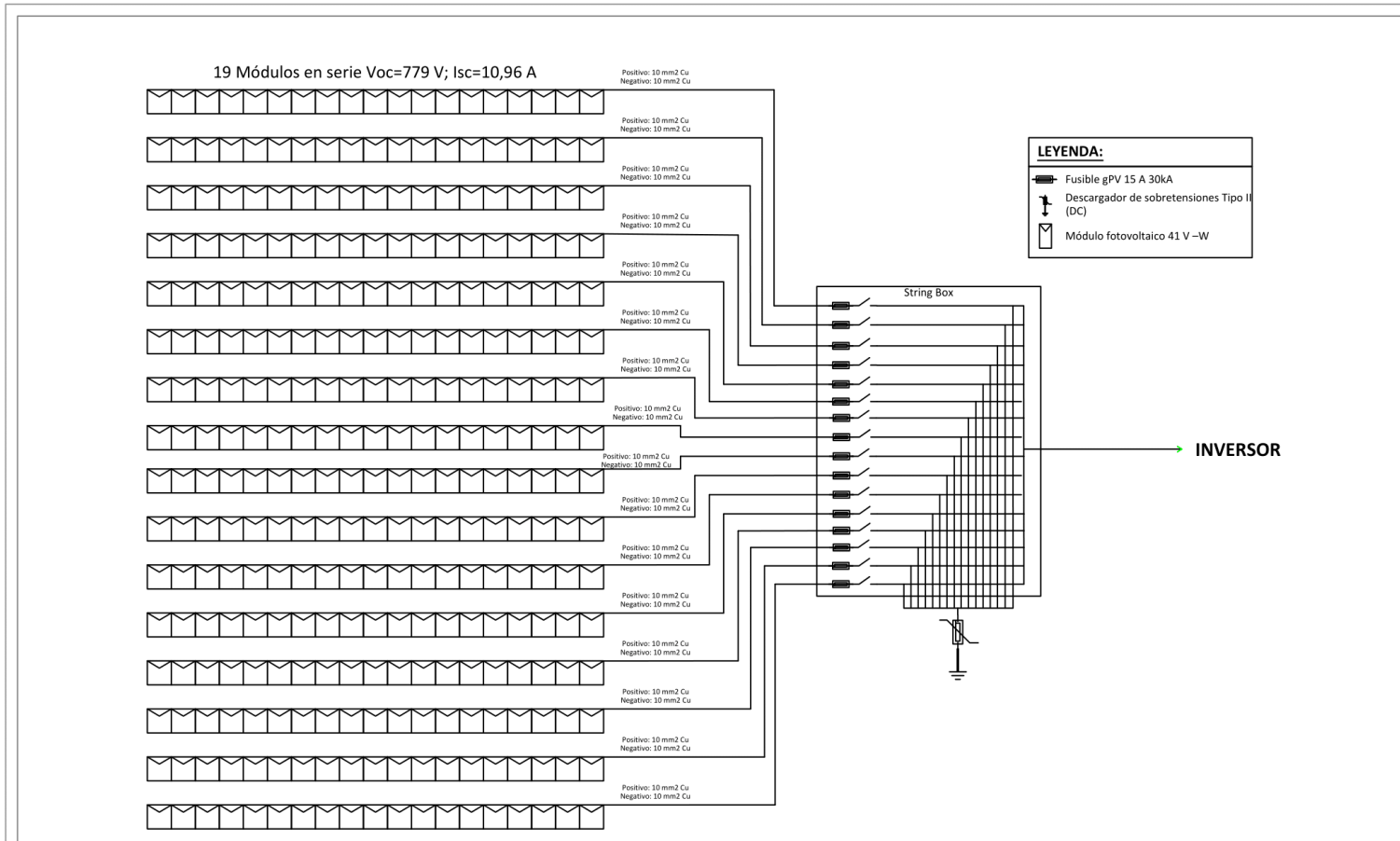
3. DIAGRAMA UNIFILAR: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	<p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Esquema Unifilar: Inversores Fotovoltaicos</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 32</p>	



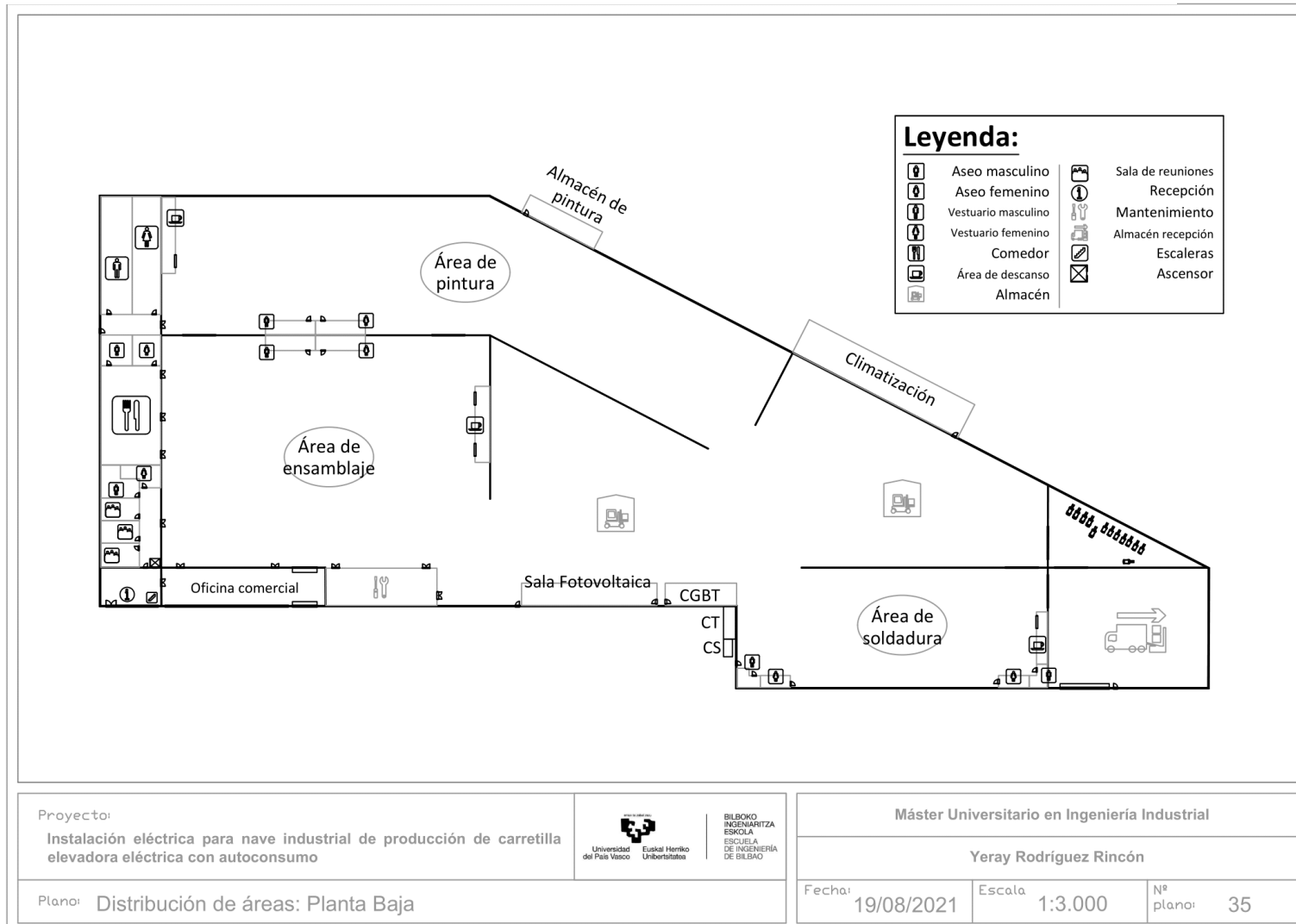
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Esquema Unifilar: String 12</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: - Nº plano: 33</p>

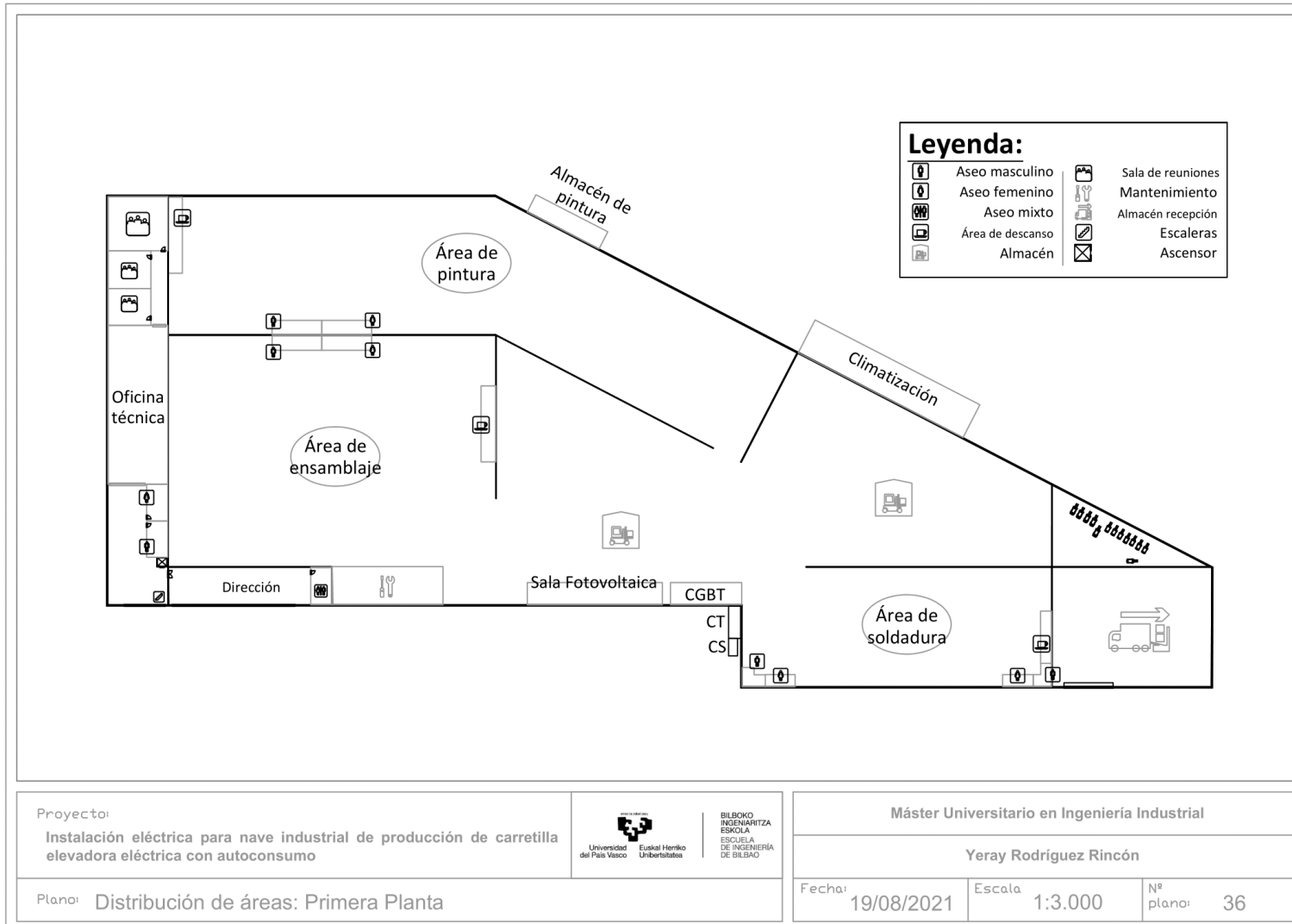


<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Esquema Unifilar: String 16</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 34</p>



4. LAYOUT DE LA NAVE INDUSTRIAL





Proyecto: **Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo**

Plano: **Distribución de áreas: Primera Planta**



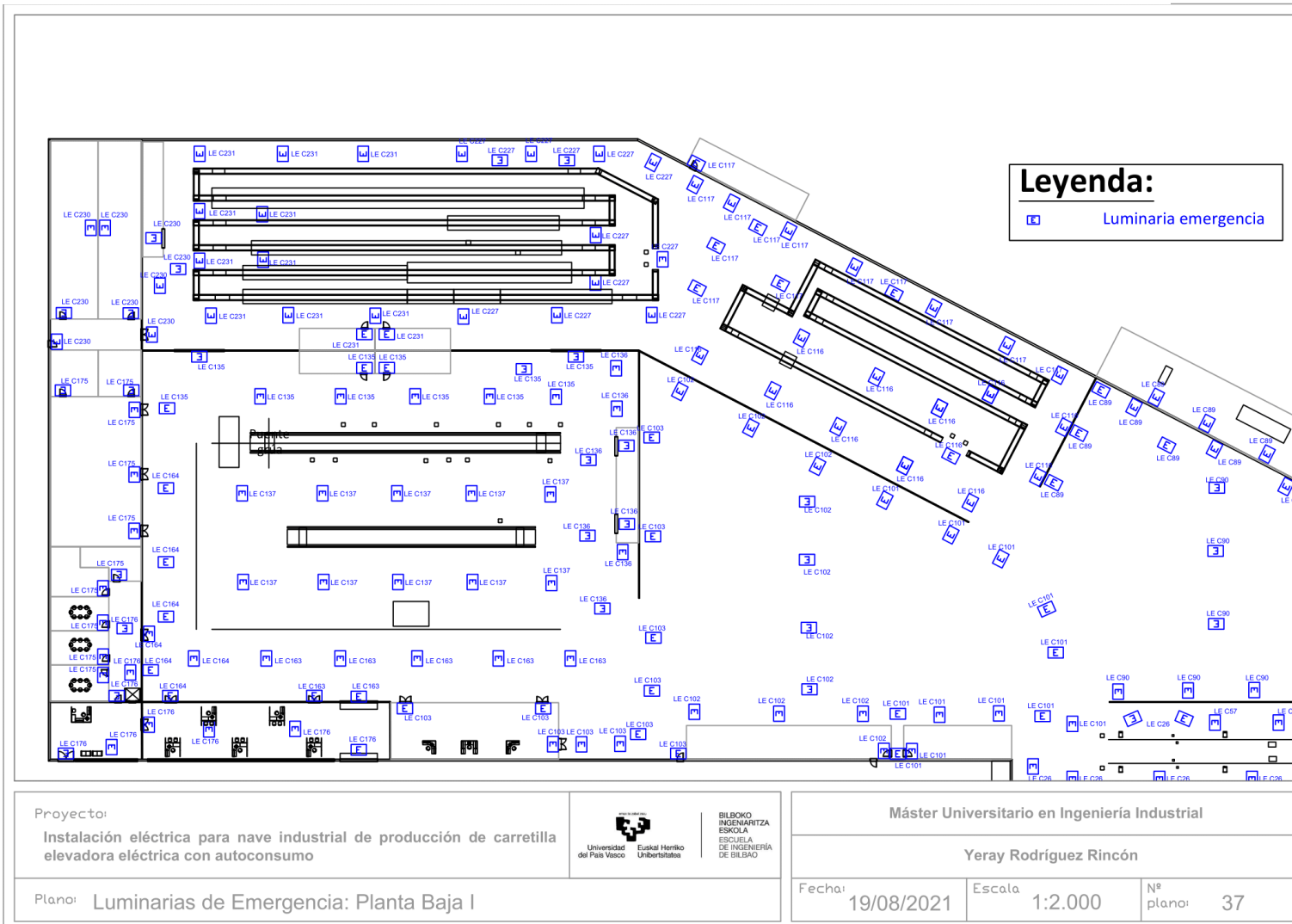
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

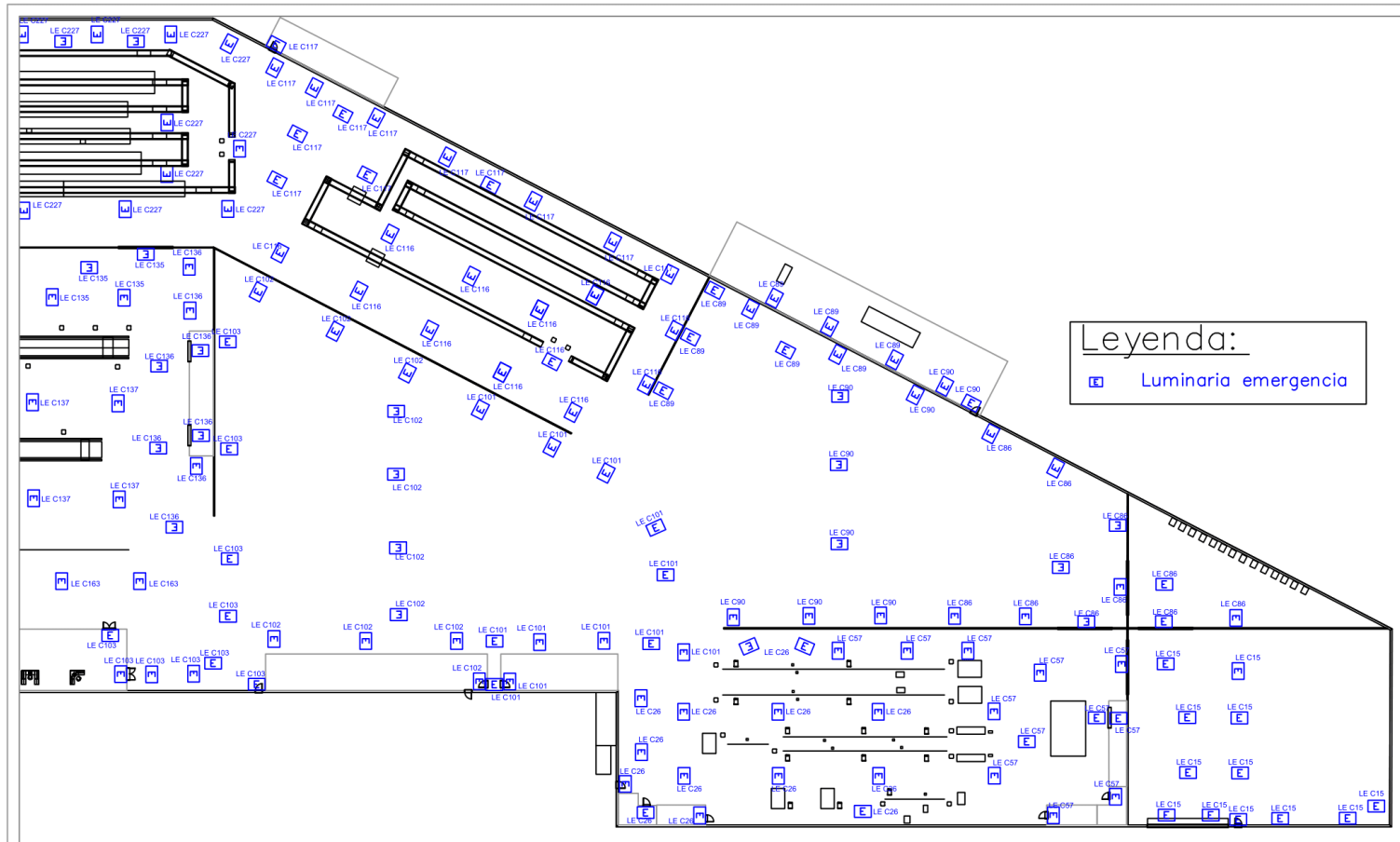
Yeray Rodríguez Rincón

Fecha: 19/08/2021 Escala: 1:3.000 Nº plano: 36



5. ILUMINACIÓN: EMERGENCIA

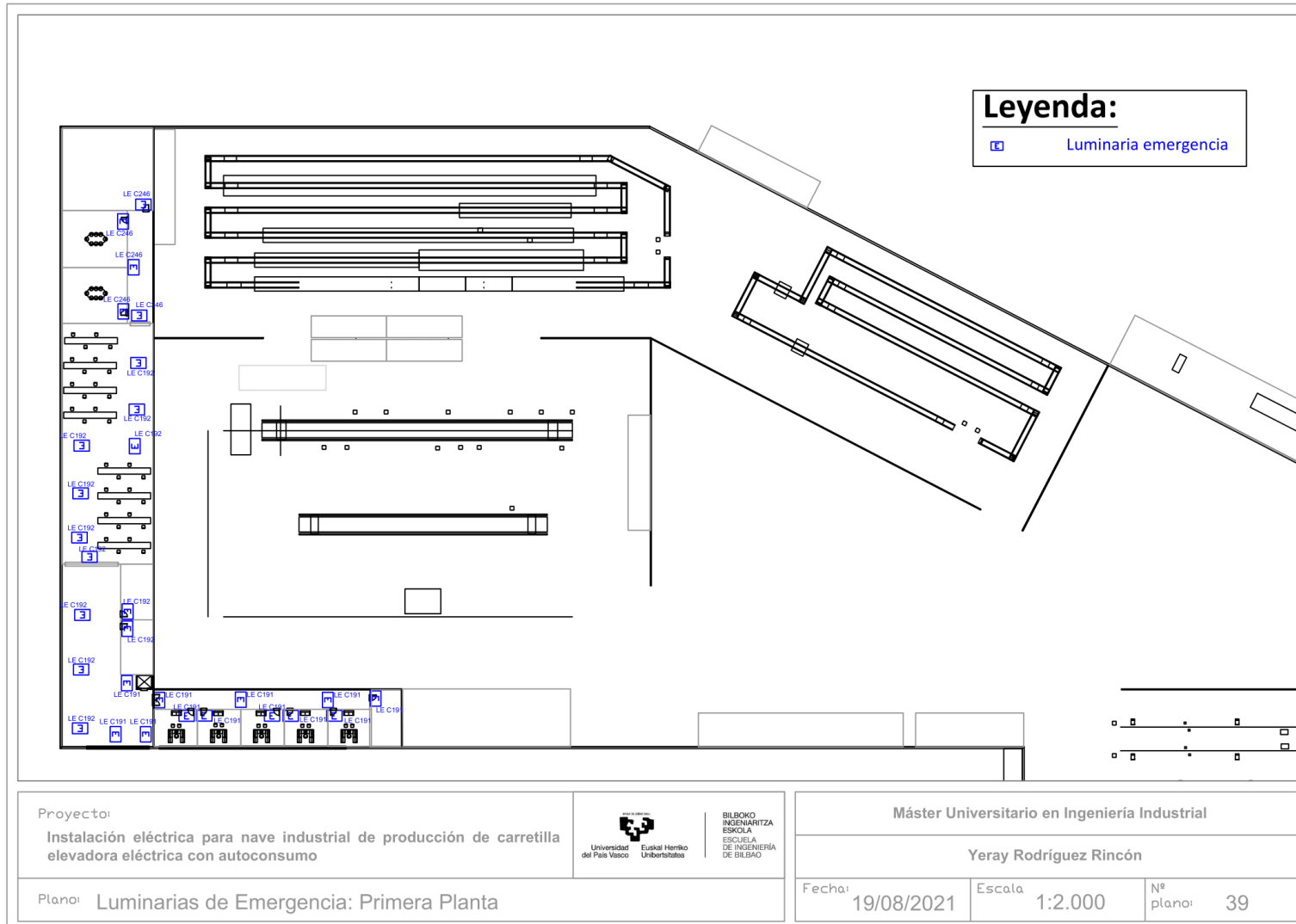




<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Luminarias de Emergencia: Planta Baja II</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		<p>Fecha: 9/14/2021 Escala: 1:2.000 Nº plano: 38</p>



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo

Plano: Luminarias de Emergencia: Primera Planta

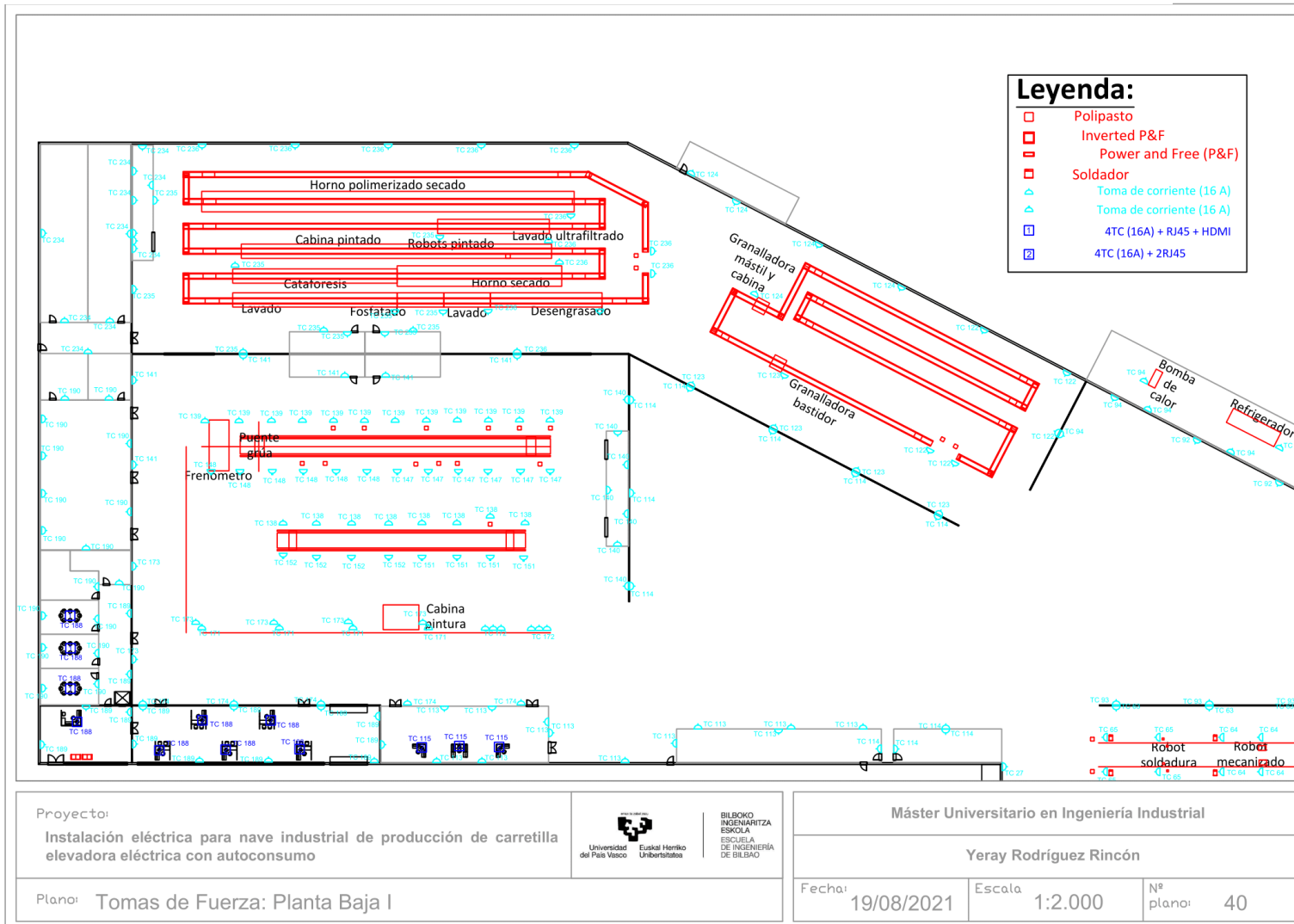


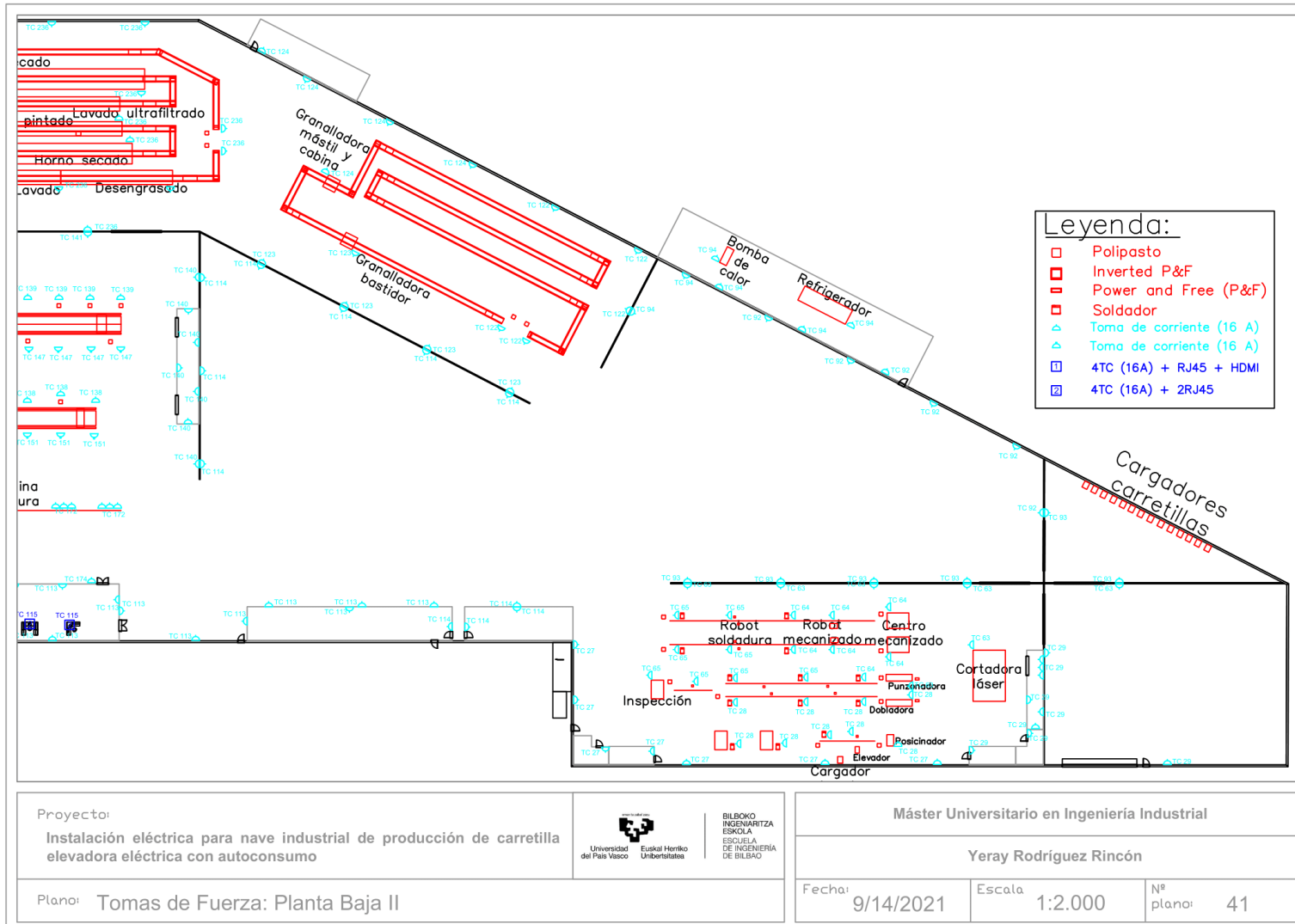
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

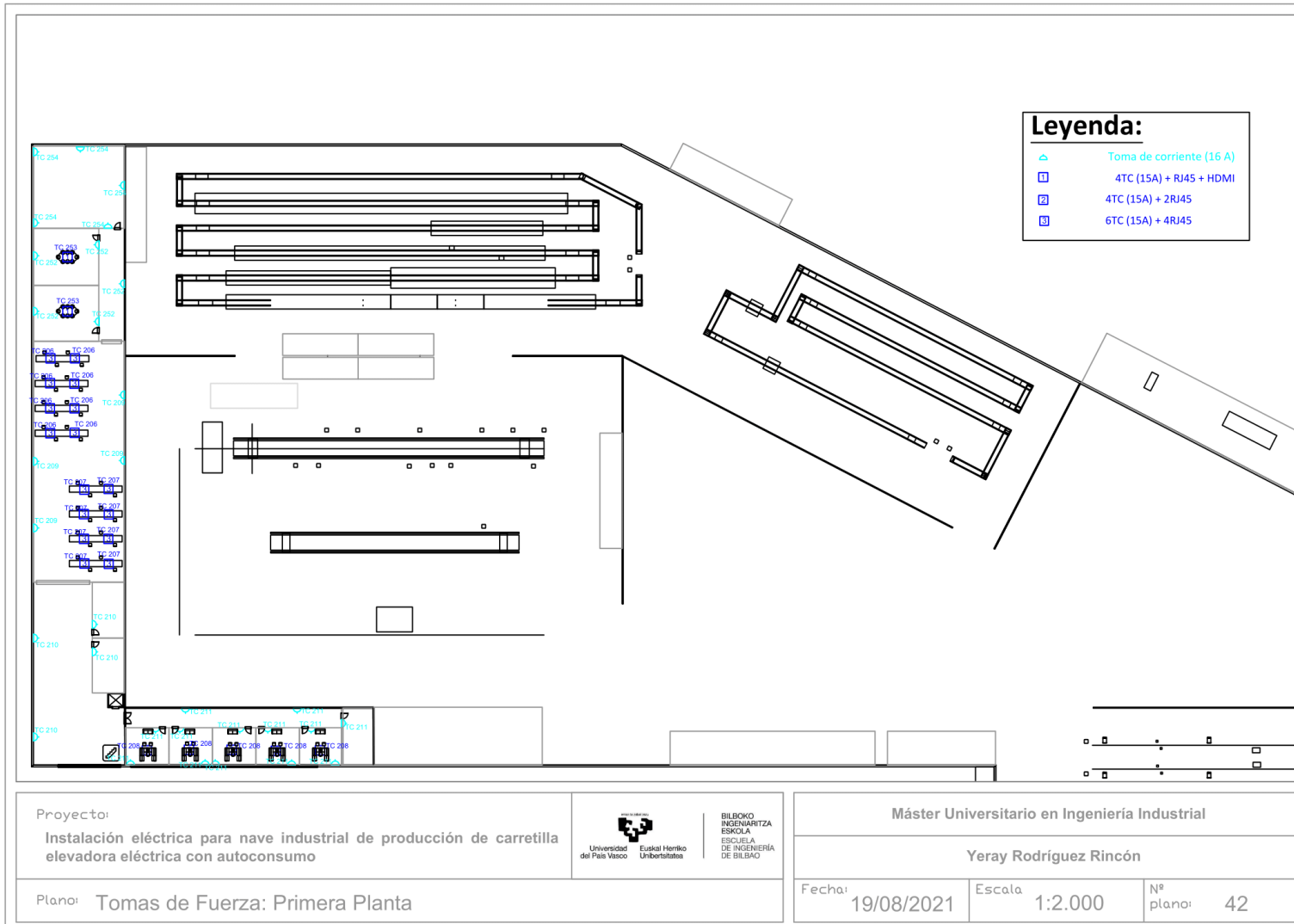
Yeray Rodríguez Rincón

Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 39
-------------------	-----------------	--------------

6. DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y FUERZA









7. ILUMINACIÓN: LUMINARIAS NORMALES

Lista de luminarias (Planta Industrial, Planta G)								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Philips	WT100 G2 PSU L1000	LED005/4- NO	8000 lm	0.80	48 W	875	
2		DR1485 PSU 0218	LED005/830	2100 lm	0.80	21 W	88	
#	Nombre	Parámetros	Mín	Máx	Medio	Mín./Medio	Mín./Máx.	
1	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	88.7 lx	251 lx	151 lx	0.39	0.33	
2	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	17.4 lx	250 lx	152 lx	0.11	0.087	
3	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	77.8 lx	408 lx	285 lx	0.27	0.18	
4	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	183 lx	400 lx	210 lx	0.53	0.41	
5	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	138 lx	388 lx	280 lx	0.46	0.33	
6	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	129 lx	612 lx	327 lx	0.39	0.21	
7	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	172 lx	412 lx	321 lx	0.54	0.42	
8	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	119 lx	372 lx	271 lx	0.44	0.32	
9	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	231 lx	373 lx	197 lx	0.61	0.082	
10	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	147 lx	380 lx	245 lx	0.43	0.35	
11	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	182 lx	608 lx	372 lx	0.44	0.27	
12	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	85.4 lx	388 lx	255 lx	0.38	0.25	
13	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	117 lx	548 lx	283 lx	0.40	0.21	
14	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	101 lx	441 lx	270 lx	0.37	0.33	
15	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	85.8 lx	153 lx	138 lx	0.89	0.58	
16	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	105 lx	491 lx	278 lx	0.38	0.33	
17	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	104 lx	449 lx	278 lx	0.38	0.33	
18	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	123 lx	560 lx	289 lx	0.41	0.32	
19	Plano 018 (Ovalada)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	83.8 lx	575 lx	330 lx	0.33	0.15	

Lista de luminarias (Almacén plátano, PG, Almacén plátano)								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Philips	WT100 G2 PSU L1000	LED005/4- NO	8000 lm	0.80	48 W	4	
#	Nombre	Parámetros	Mín	Máx	Medio	Mín./Medio	Mín./Máx.	
1	Plano 018 (Almacén plátano)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	38.0 lx	416 lx	164 lx	0.22	0.087	

Lista de luminarias (Olimpicos, PG, Olimpicos)								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Philips	WT100 G2 PSU L1000	LED005/4- NO	8000 lm	0.80	48 W	27	
#	Nombre	Parámetros	Mín	Máx	Medio	Mín./Medio	Mín./Máx.	
1	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	124 lx	423 lx	300 lx	0.45	0.32	

Lista de luminarias (Olimpicos, PG)								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	Philips	WT100 G2 PSU L1000	LED005/4- NO	8000 lm	0.80	48 W	62	
2		DR1485 PSU 0218	LED005/830	2100 lm	0.80	21 W	38	
3		RCL32V 800,00 PSD OC	LED438/840/4- NO	4300 lm	0.80	37 W	114	
#	Nombre	Parámetros	Mín	Máx	Medio	Mín./Medio	Mín./Máx.	
1	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	142 lx	480 lx	327 lx	0.43	0.32	
2	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	179 lx	798 lx	502 lx	0.38	0.23	
3	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	163 lx	477 lx	370 lx	0.44	0.34	
4	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	370 lx	770 lx	643 lx	0.58	0.48	
5	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	388 lx	801 lx	670 lx	0.58	0.48	
6	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	388 lx	818 lx	680 lx	0.58	0.48	
7	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	85.8 lx	333 lx	252 lx	0.34	0.28	
8	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	92.1 lx	412 lx	287 lx	0.34	0.22	
9	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	58.0 lx	438 lx	293 lx	0.19	0.13	
10	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	77.8 lx	378 lx	218 lx	0.38	0.21	
11	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	65.8 lx	370 lx	250 lx	0.38	0.18	
12	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	119 lx	338 lx	282 lx	0.45	0.35	
13	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	88.6 lx	482 lx	217 lx	0.32	0.14	
14	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	73.4 lx	489 lx	240 lx	0.21	0.15	
15	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	76.7 lx	538 lx	258 lx	0.30	0.14	

Lista de luminarias (Olimpicos, PG)								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
2		DR1485 PSU 0218	LED005/830	2100 lm	0.80	21 W	88	
3		RCL32V 800,00 PSD OC	LED438/840/4- NO	4300 lm	0.80	37 W	338	
#	Nombre	Parámetros	Mín	Máx	Medio	Mín./Medio	Mín./Máx.	
1	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	130 lx	406 lx	293 lx	0.44	0.32	
2	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	310 lx	728 lx	573 lx	0.54	0.43	
3	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	290 lx	702 lx	581 lx	0.53	0.41	
4	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	288 lx	711 lx	588 lx	0.54	0.42	
5	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	308 lx	718 lx	586 lx	0.54	0.43	
6	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	288 lx	718 lx	582 lx	0.53	0.41	
7	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	85.4 lx	583 lx	251 lx	0.22	0.088	
8	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	85.8 lx	608 lx	302 lx	0.22	0.11	
9	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	128 lx	337 lx	286 lx	0.47	0.27	
10	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	123 lx	335 lx	288 lx	0.48	0.27	
11	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	281 lx	640 lx	388 lx	0.44	0.38	
12	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	128 lx	538 lx	318 lx	0.41	0.24	
13	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	281 lx	640 lx	313 lx	0.48	0.38	
14	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	270 lx	631 lx	330 lx	0.51	0.43	
15	Plano 018 (Olimpicos)	Rectángulo perpendicular (Adaptada)	283 lx	608 lx	323 lx	0.50	0.43	

Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo

Plano: Leyenda: Luminarias



BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Yeray Rodríguez Rincón

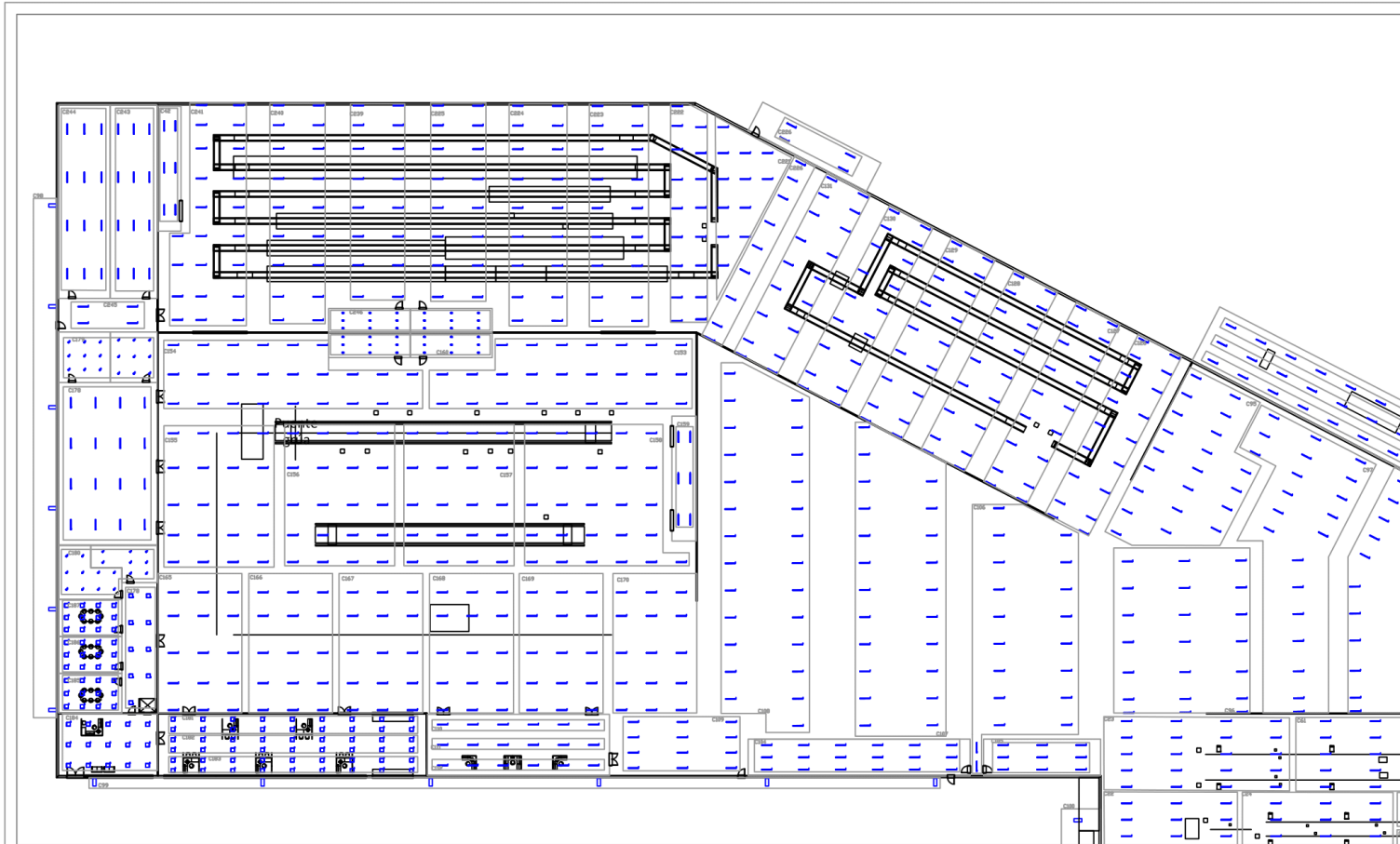
Fecha: 19/08/2021

Escala: -

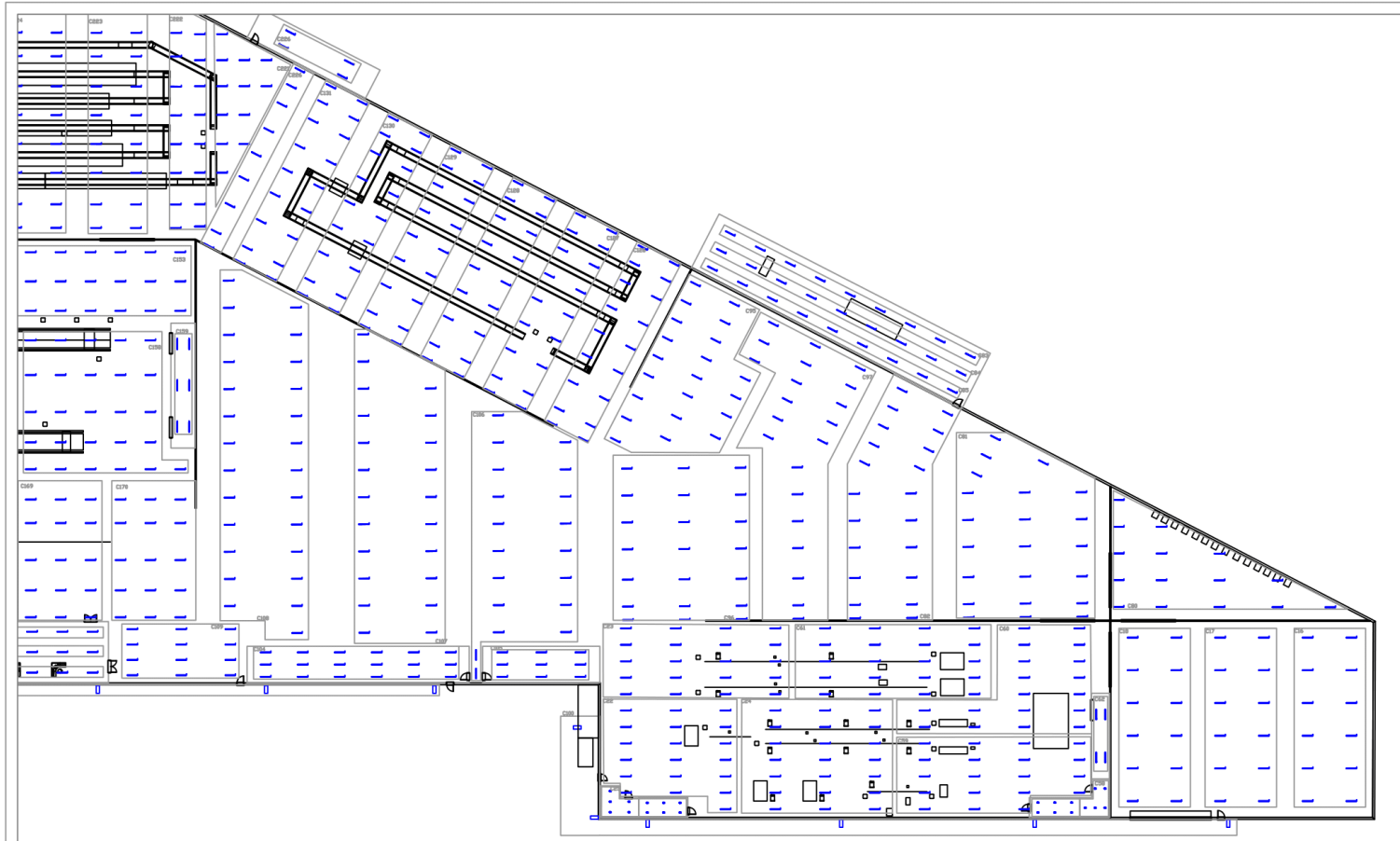
Nº plano: 43



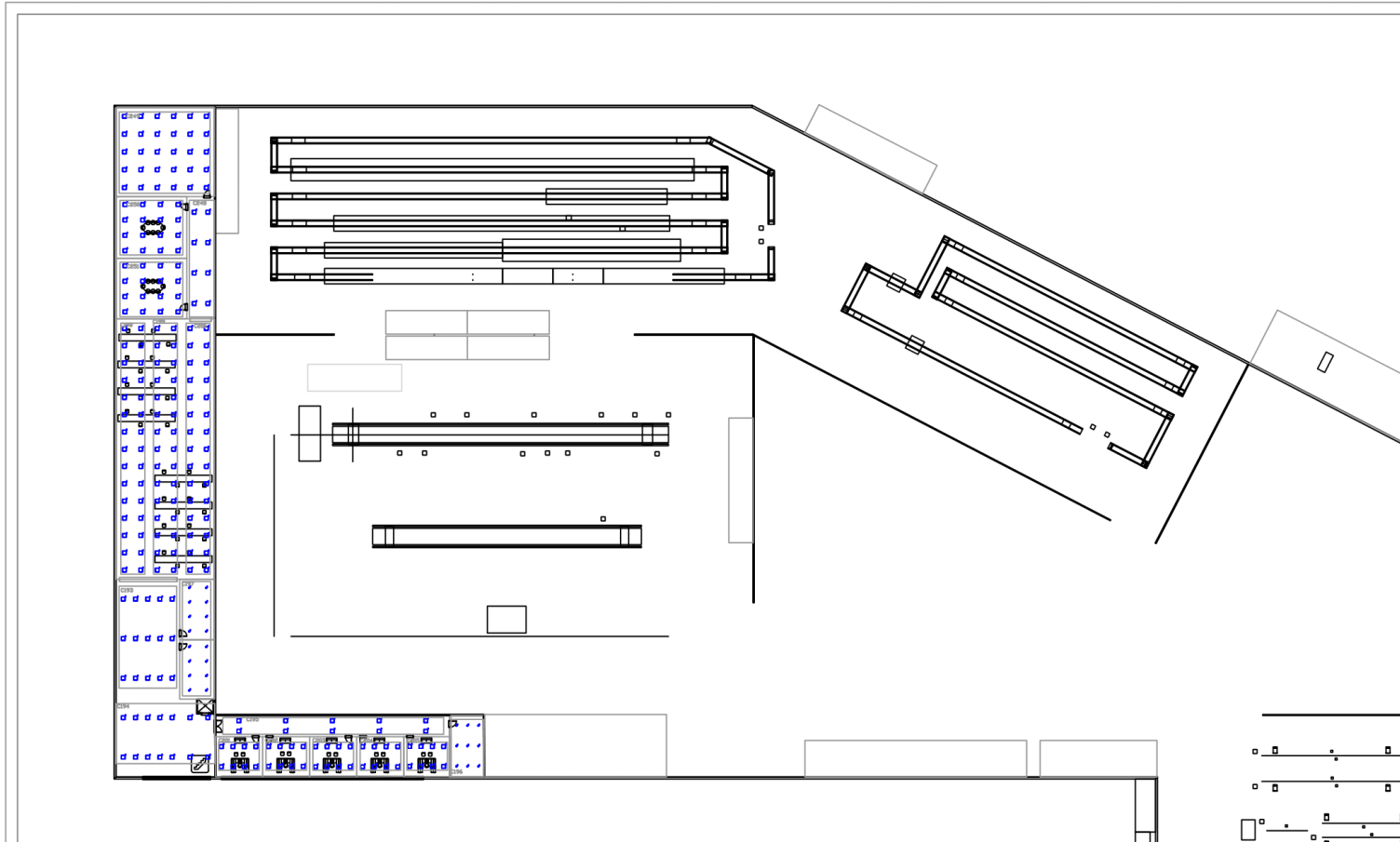
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p> <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Luminarias: Planta Baja I</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		<p>Fecha: 19/08/2021 Escala: 1:2.000 Nº plano: 44</p>



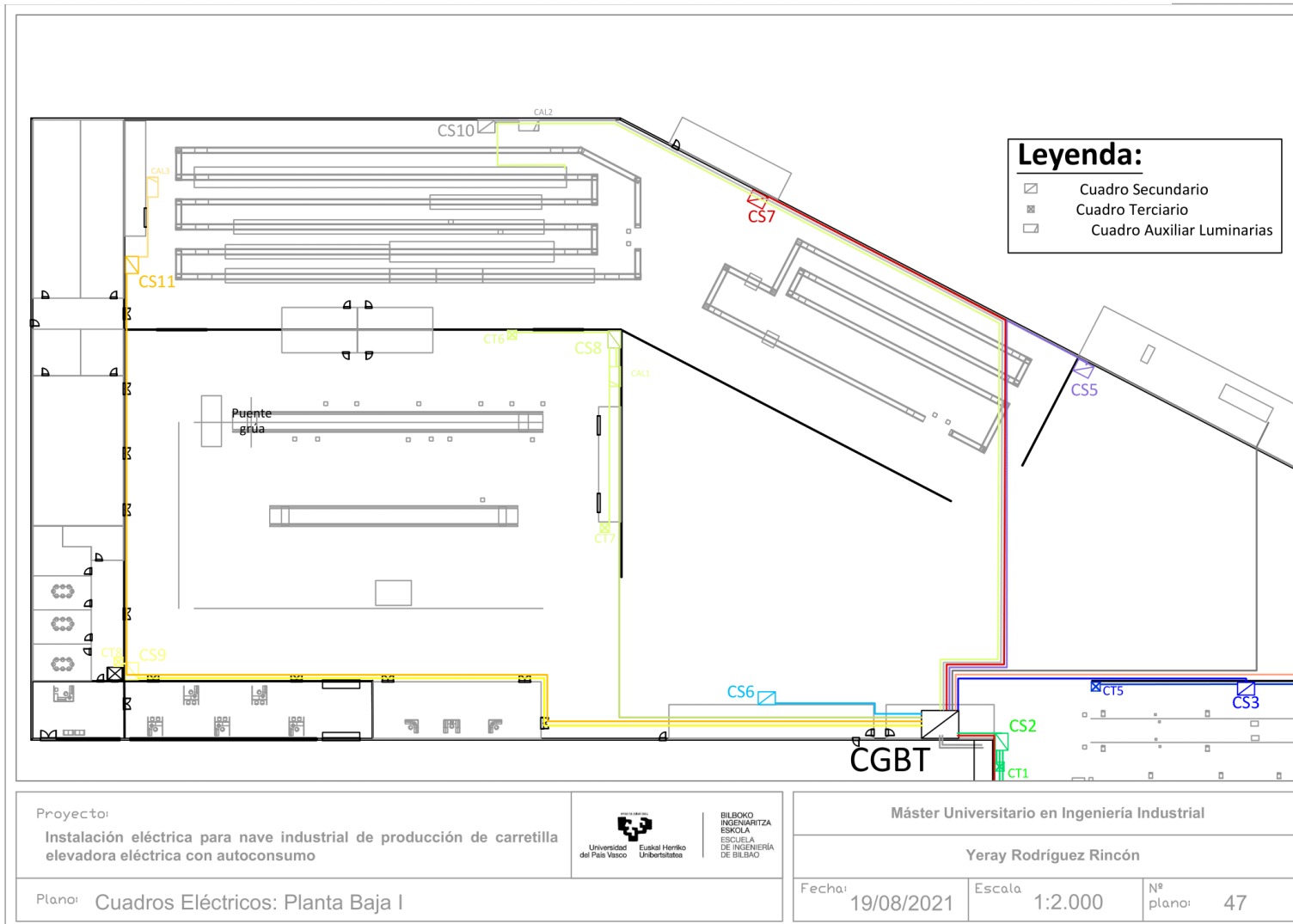
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Luminarias: Planta Baja II</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 45</p>

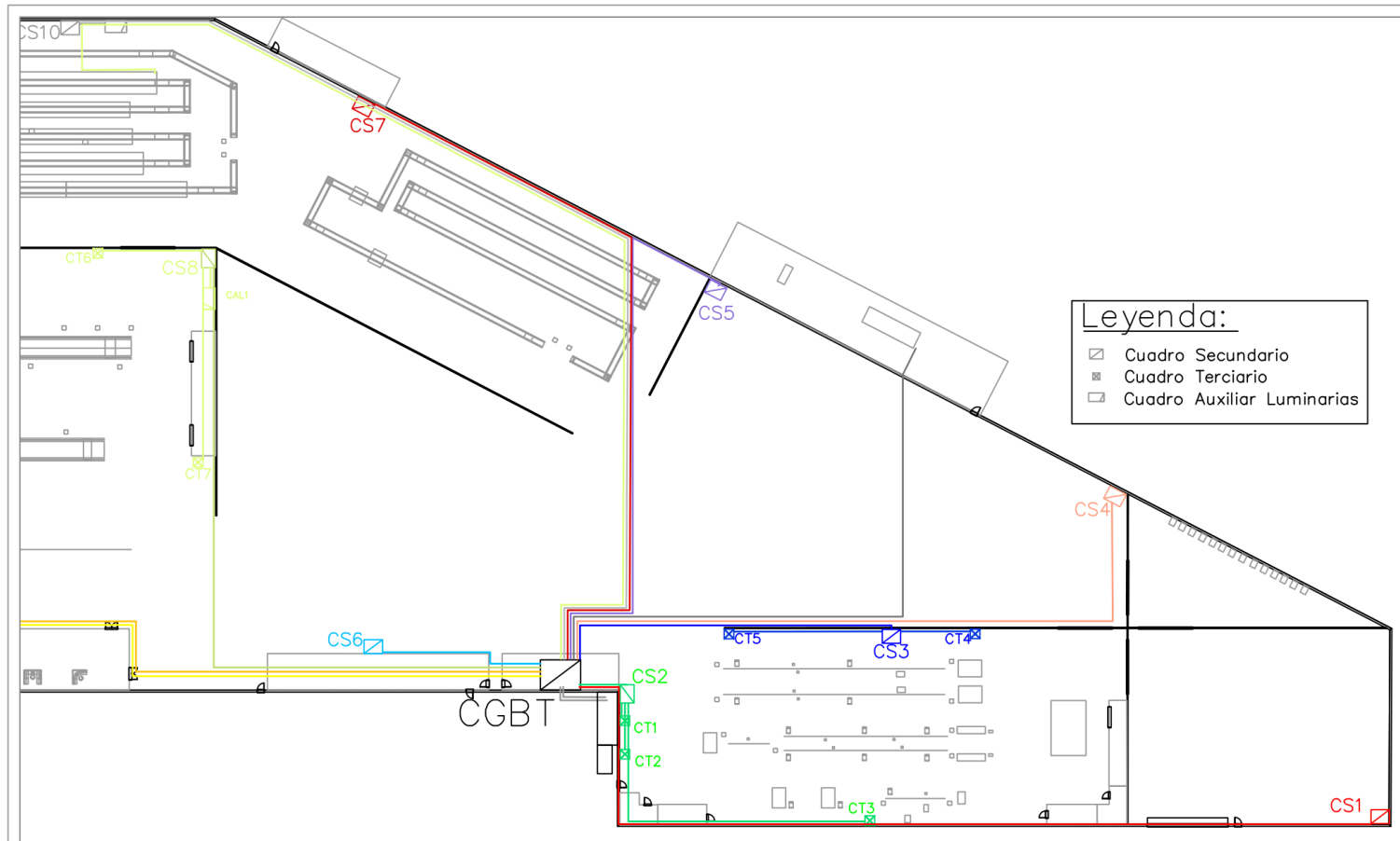


<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p> <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Luminarias: Primera Planta</p>			<p>Yeray Rodríguez Rincón</p> <p>Fecha: 19/08/2021 Escala: 1:2.000 Nº plano: 46</p>



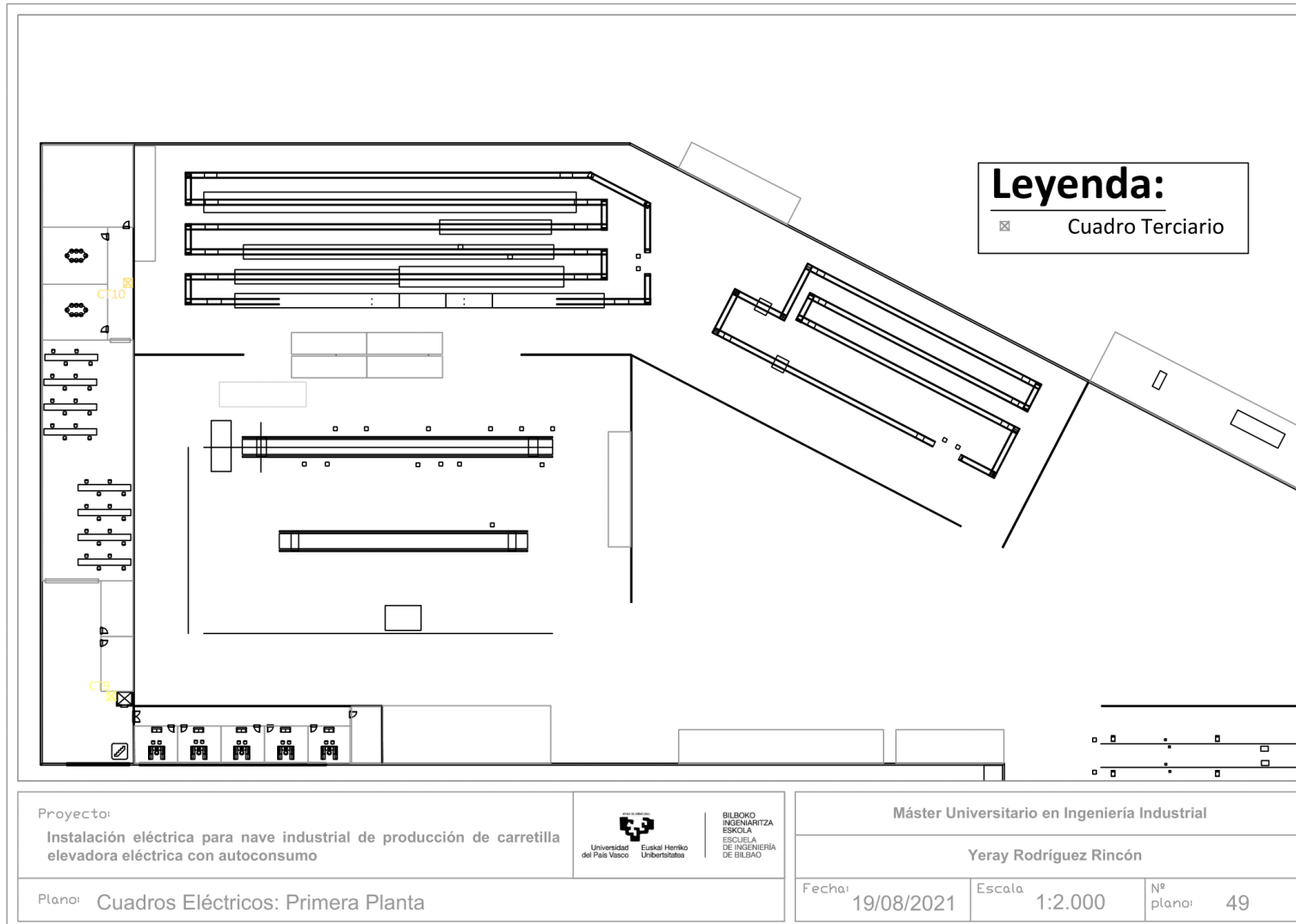
8. ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN DE CUADROS






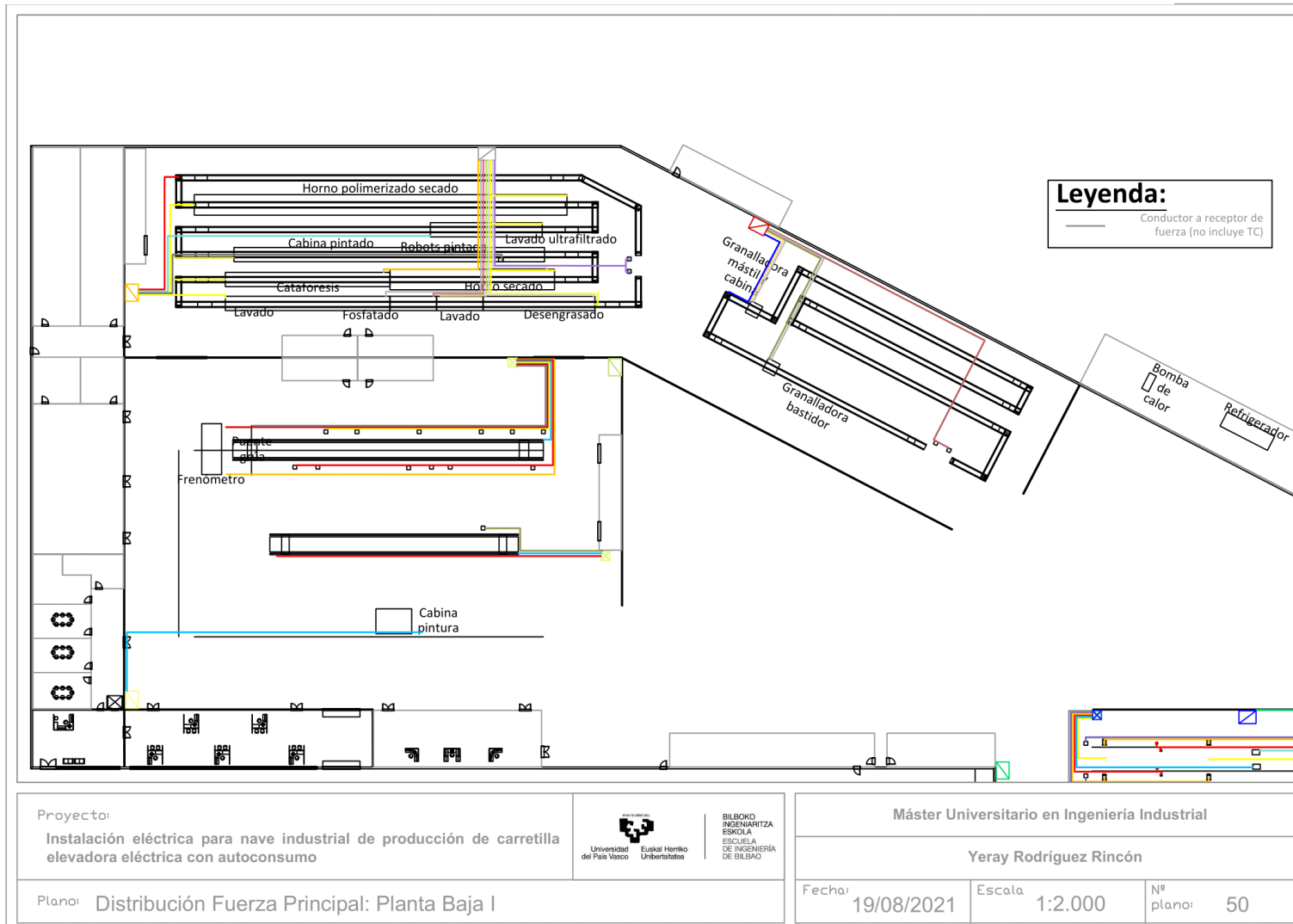
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Plano: Cuadros Eléctricos: Planta Baja II		

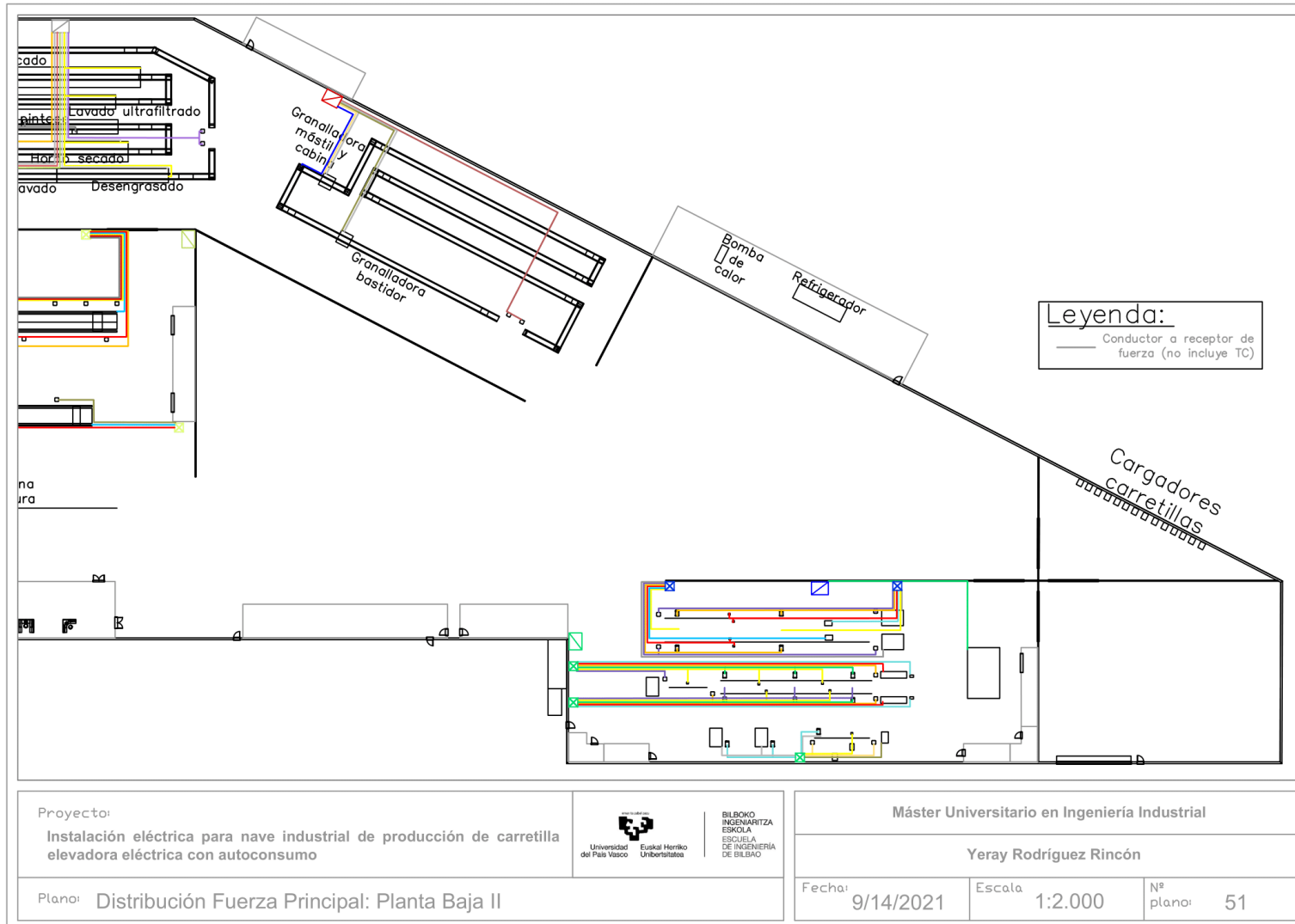
Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
Yeray Rodríguez Rincón		
Fecha: 9/14/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 48



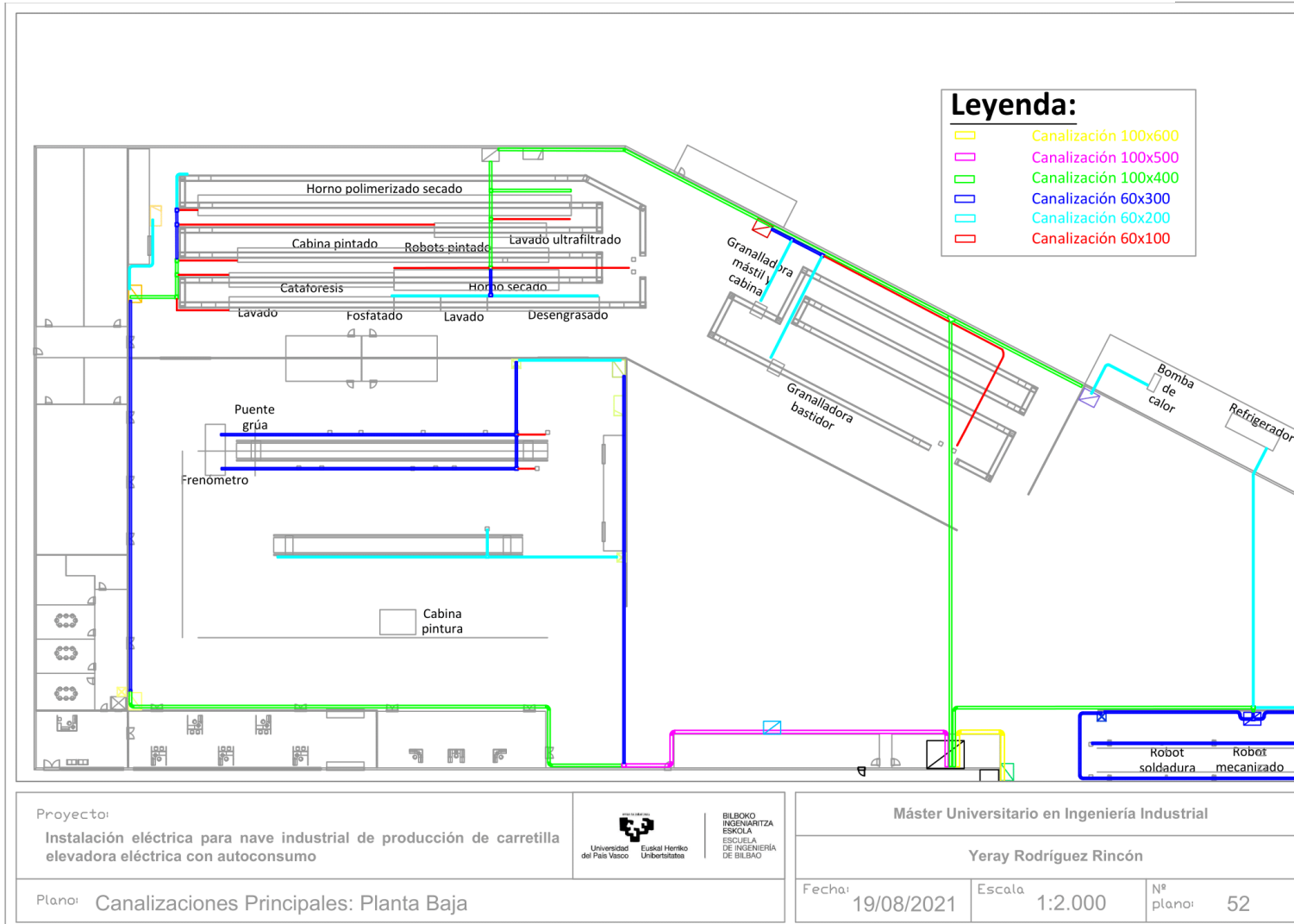
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>				
<p>Plano: Cuadros Eléctricos: Primera Planta</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1265 1289 1478 1342"> <p>Fecha: 19/08/2021</p> </td> <td data-bbox="1478 1289 1680 1342"> <p>Escala: 1:2.000</p> </td> <td data-bbox="1680 1289 1859 1342"> <p>Nº plano: 49</p> </td> </tr> </table>			<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 49</p>
<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 49</p>				

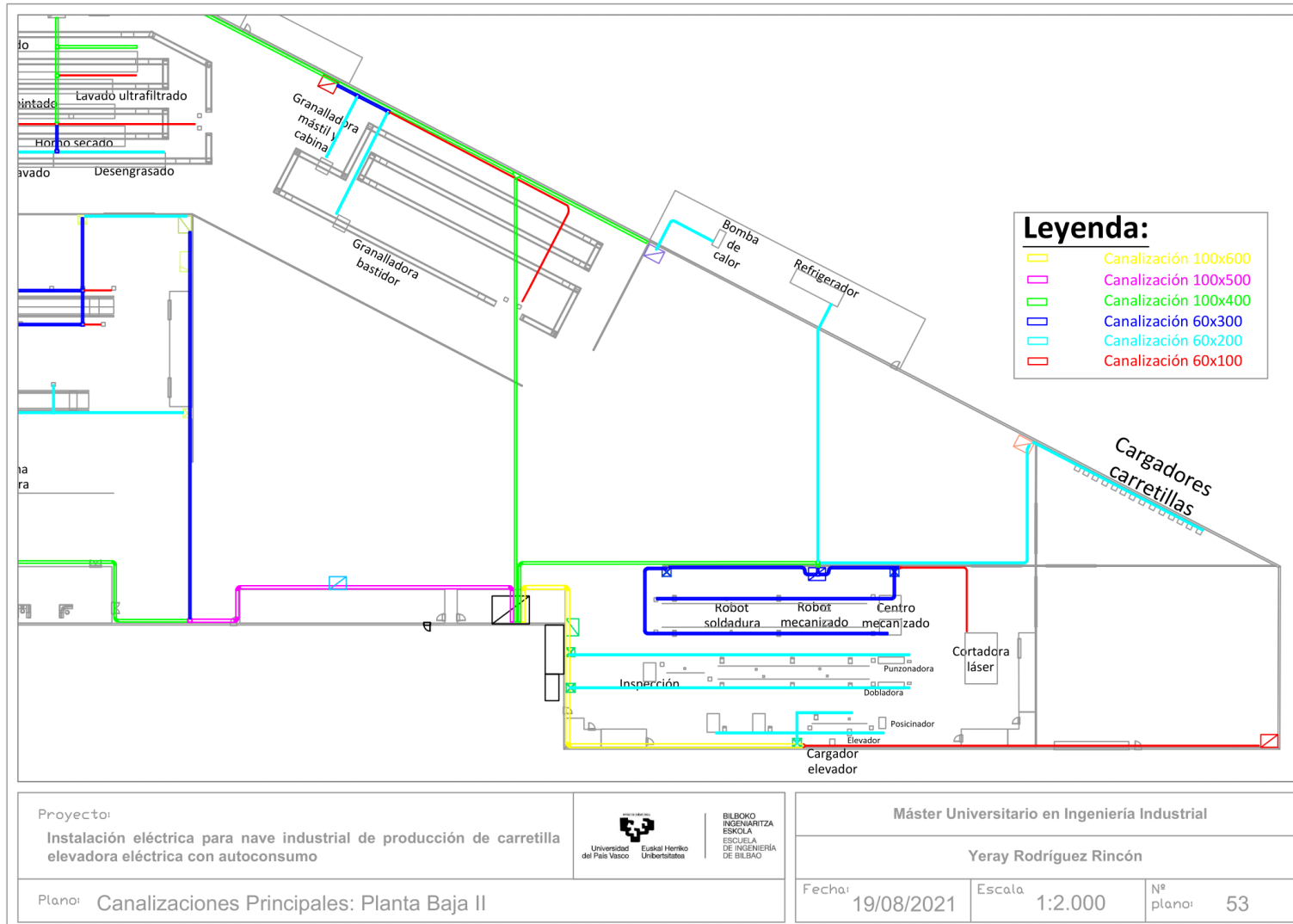
9. ESQUEMÁTICO DE DISTRIBUCIÓN A RECEPTORES

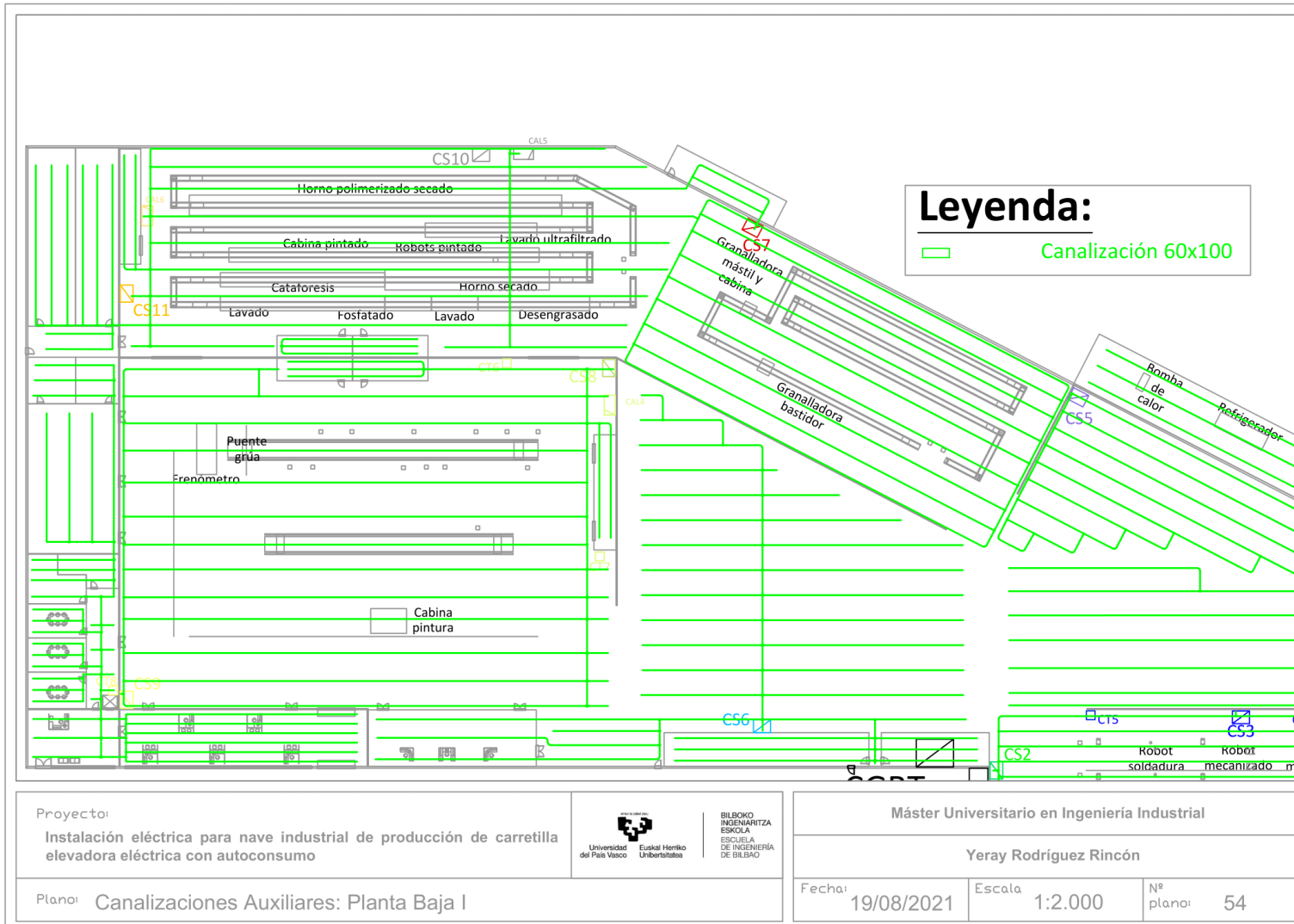




10. DISTRIBUCIÓN DE CANALIZACIONES

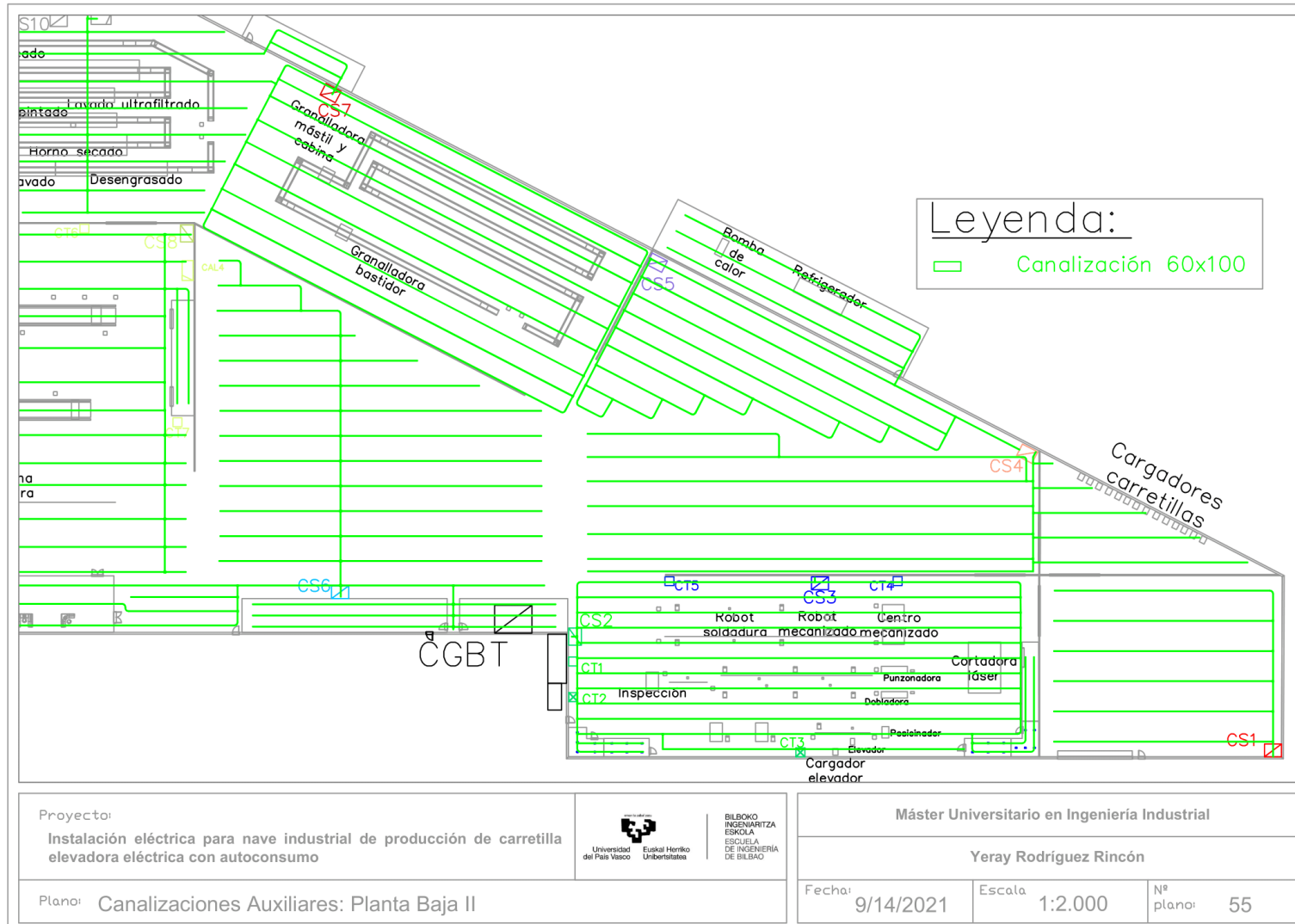






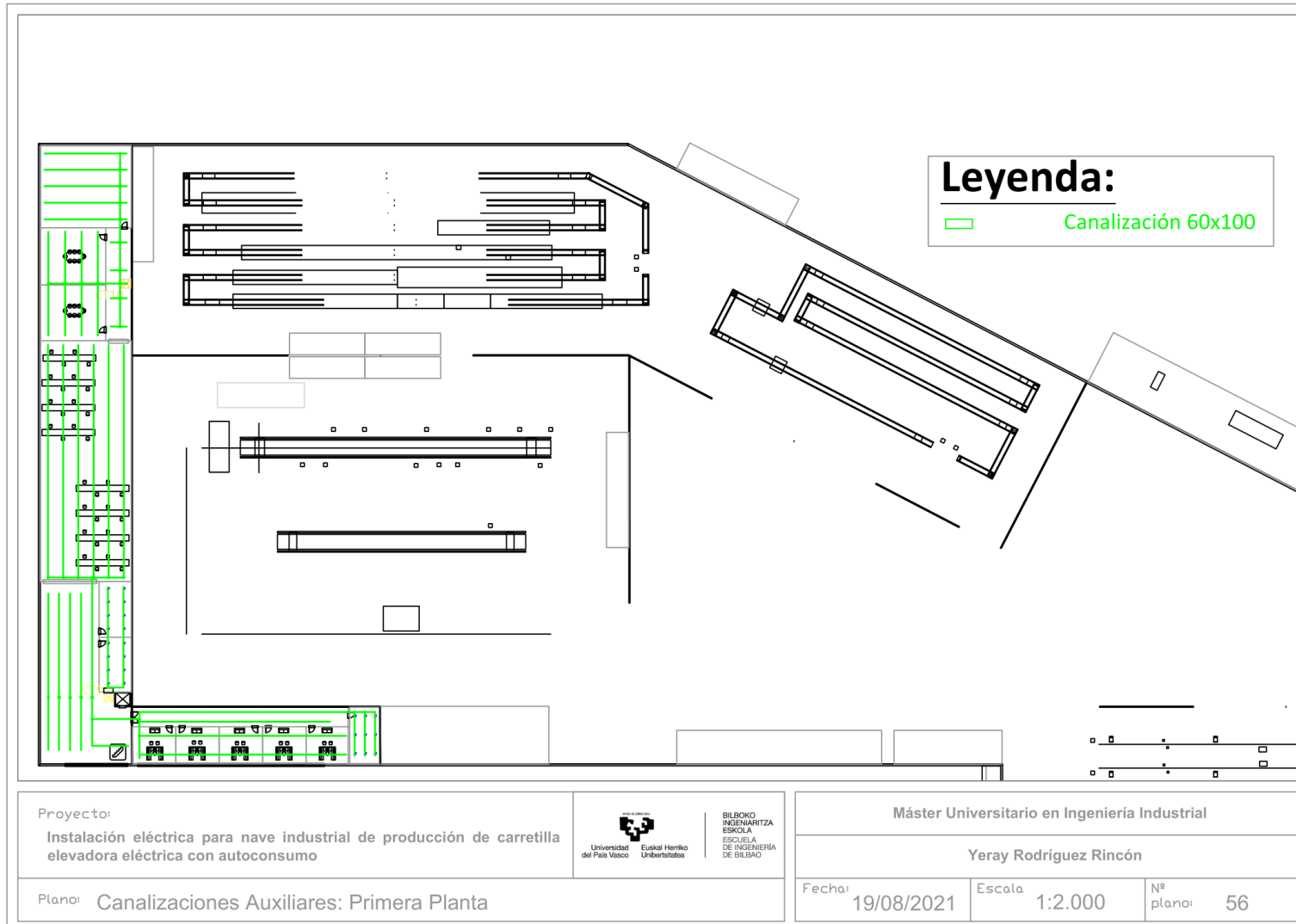
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Plano: Canalizaciones Auxiliares: Planta Baja I	

Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
Yeray Rodríguez Rincón		
Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 54



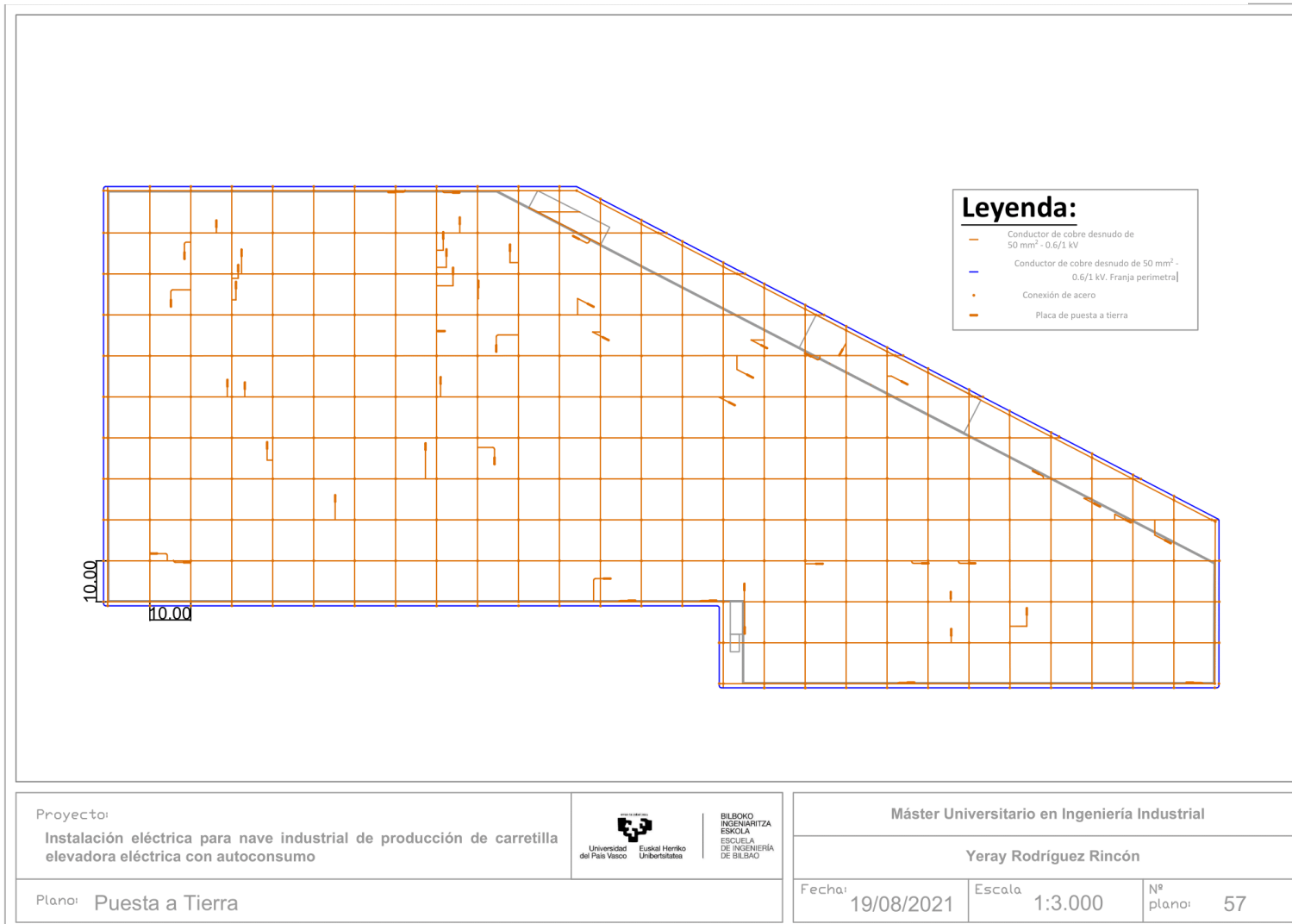
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Plano: Canalizaciones Auxiliares: Planta Baja II	

Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
Yeray Rodríguez Rincón		
Fecha: 9/14/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 55





11. PUESTA A TIERRA



Proyecto: **Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo**

Plano: **Puesta a Tierra**

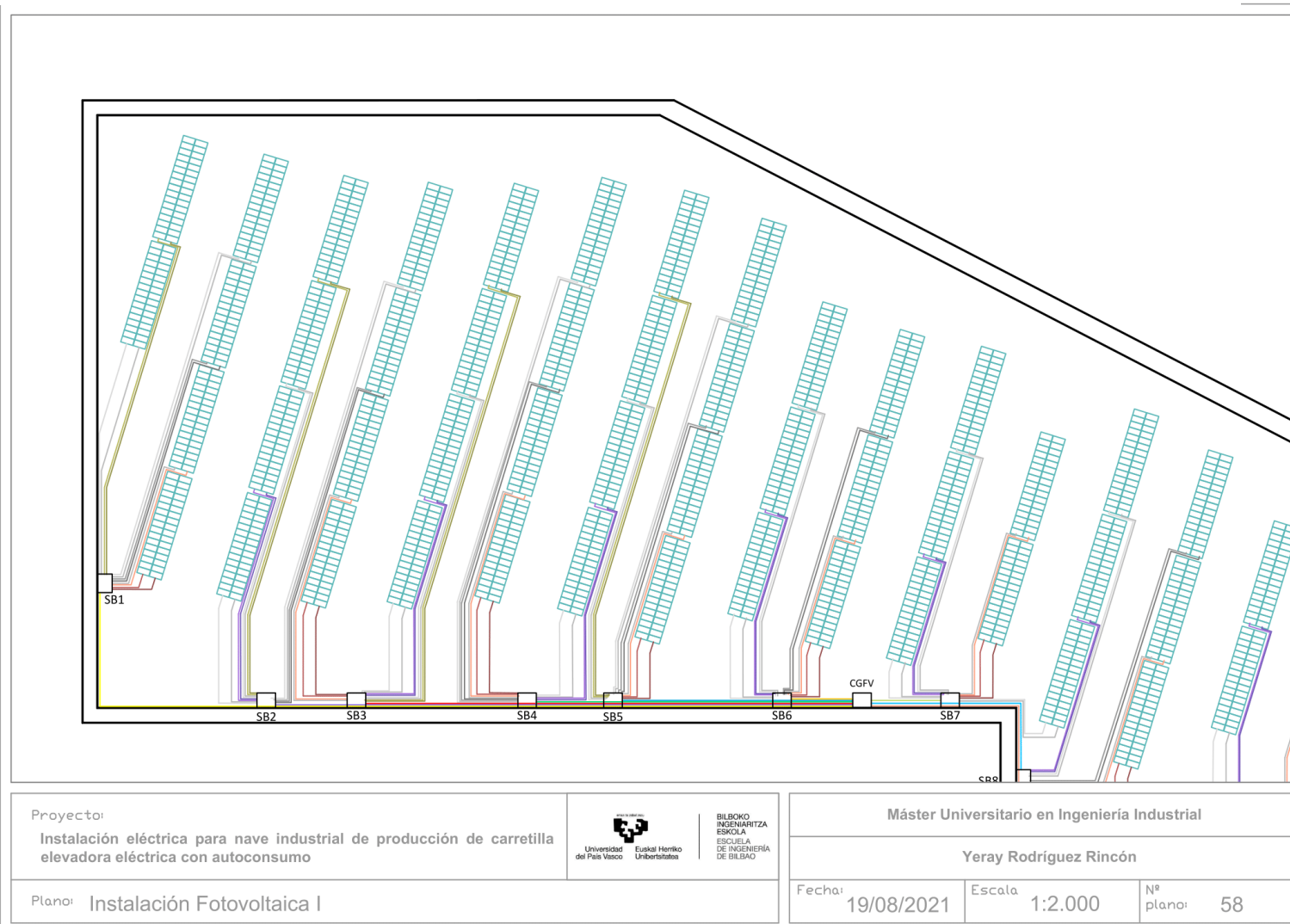


Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Yeray Rodríguez Rincón

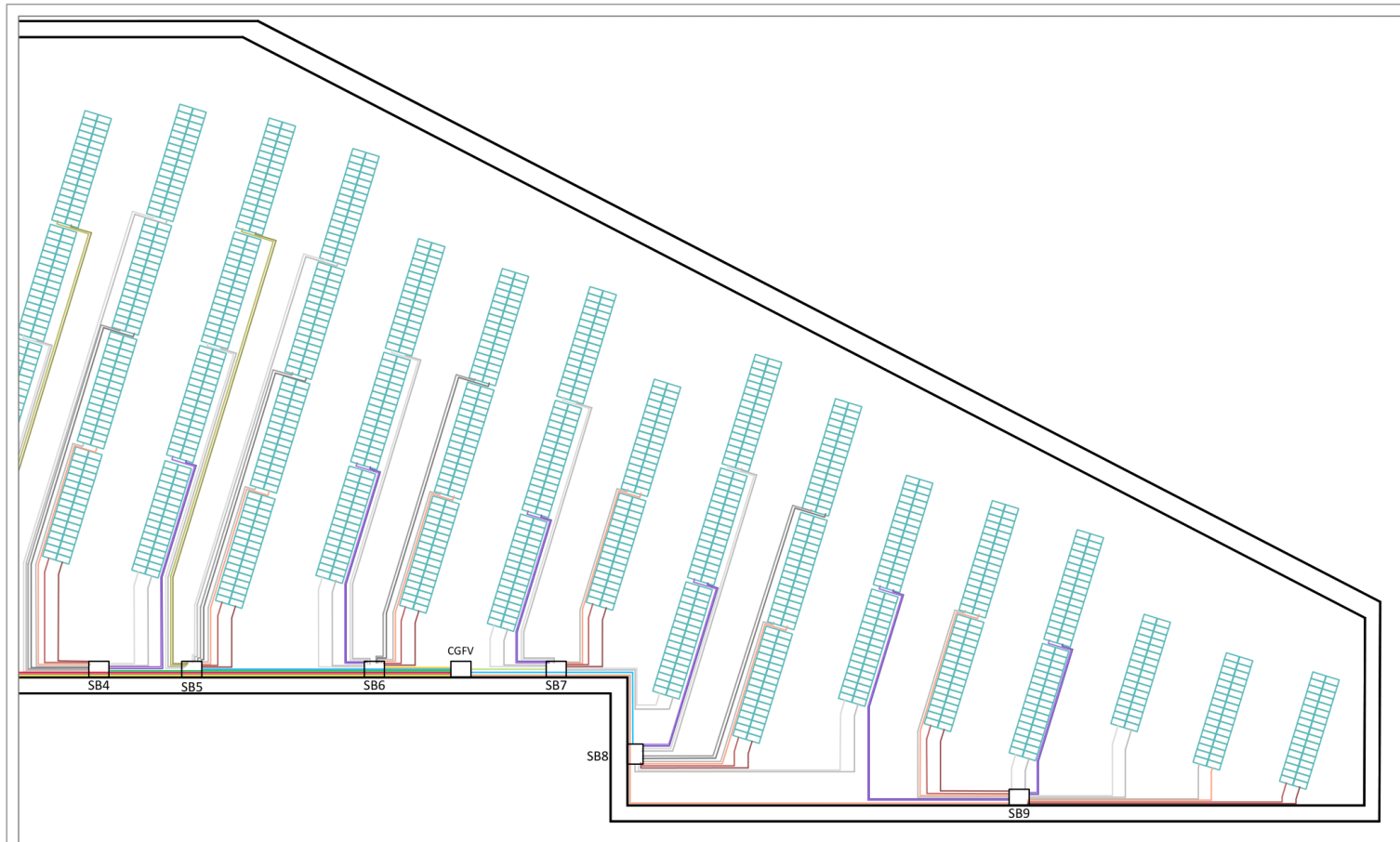
Fecha: 19/08/2021 Escala: 1:3.000 Nº plano: 57

12. ESQUEMÁTICO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

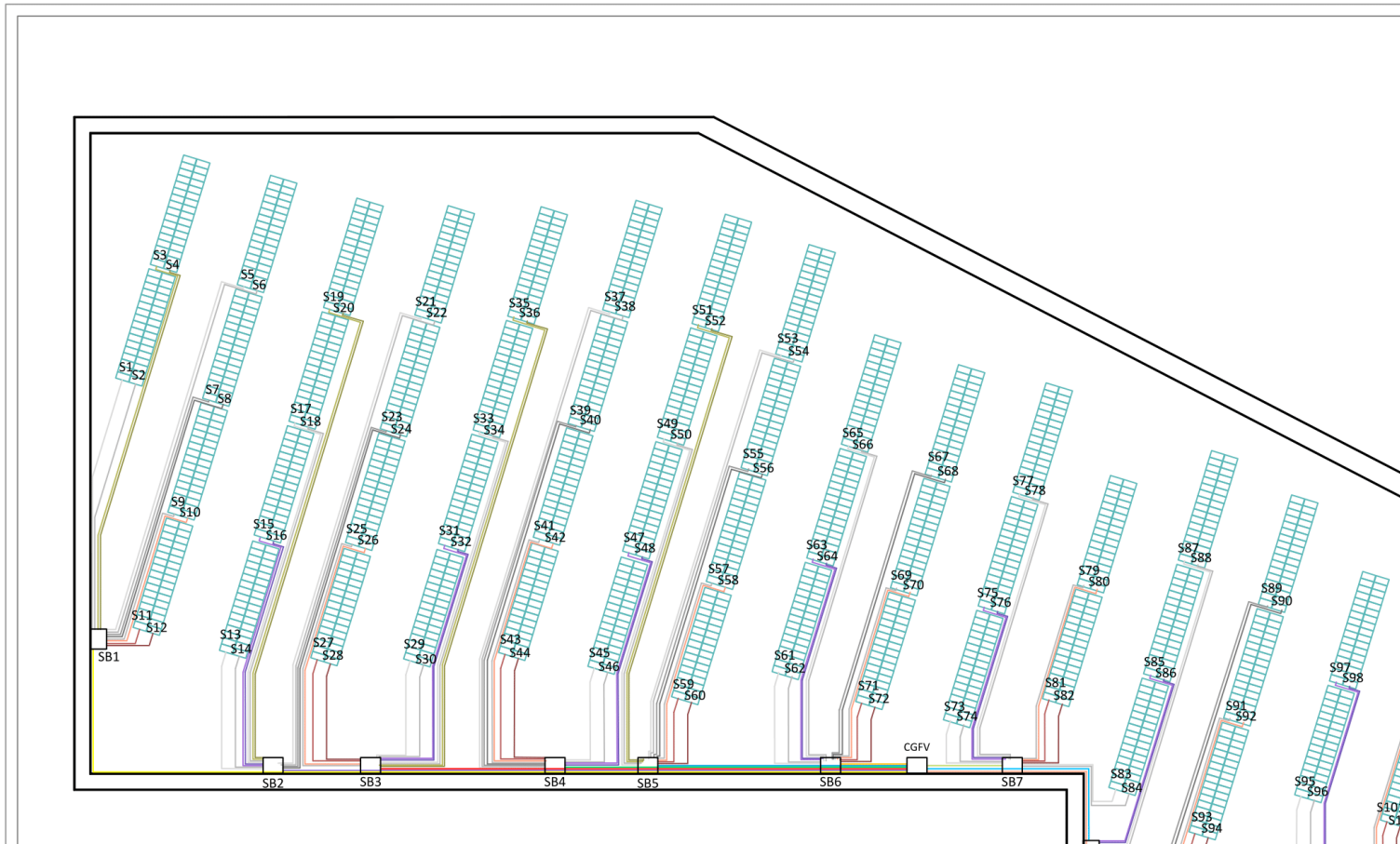




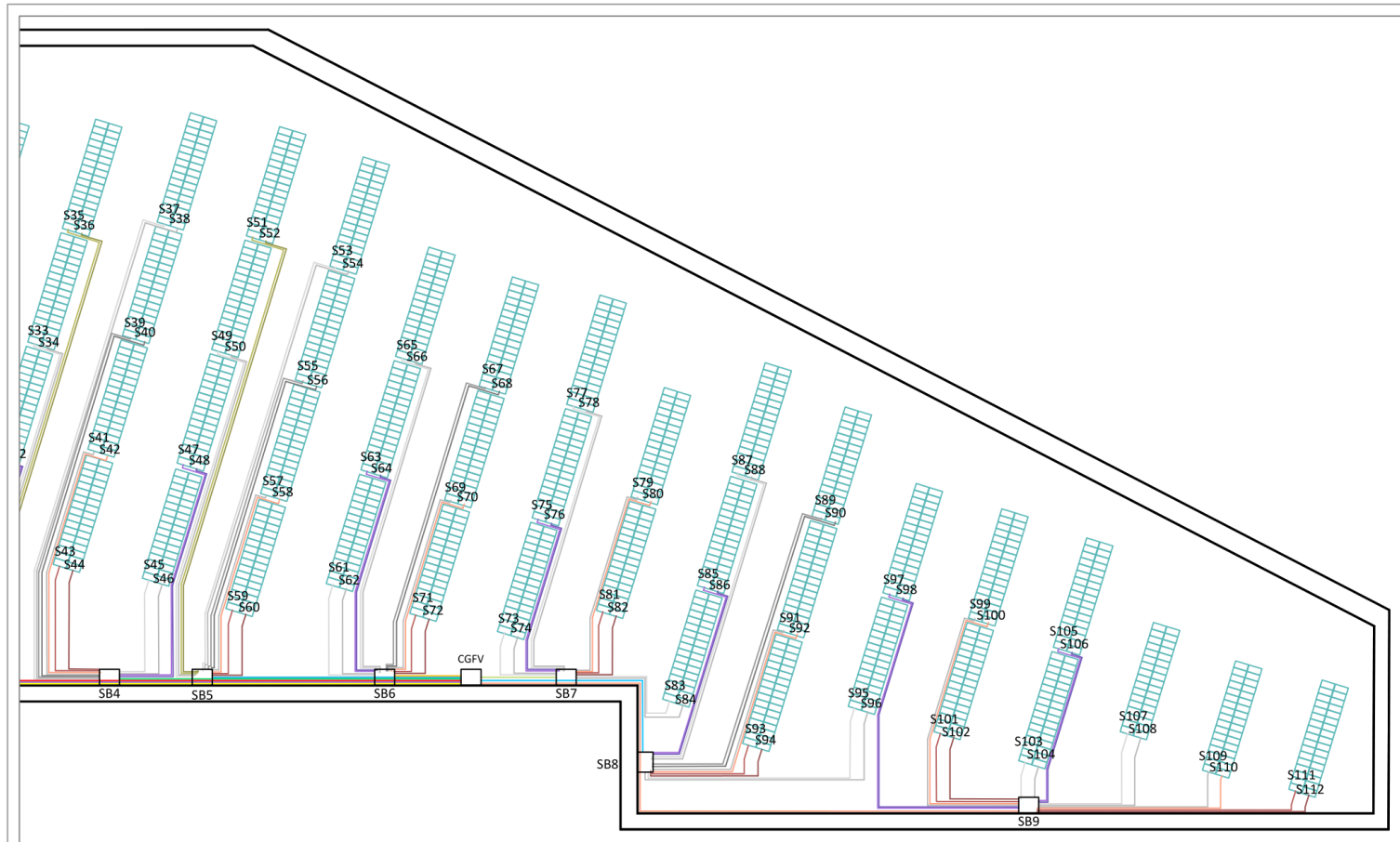
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Instalación Fotovoltaica II</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 59</p>



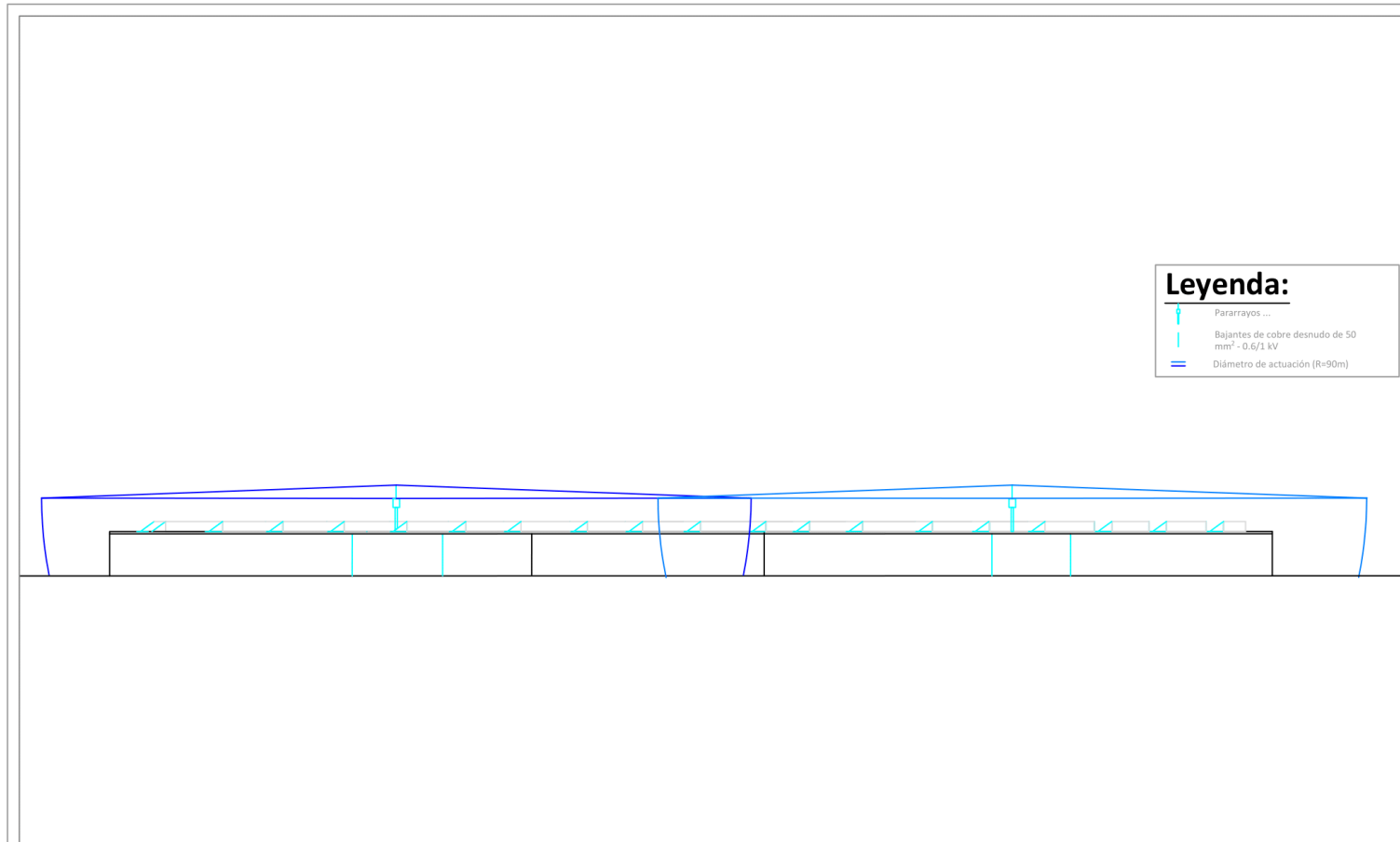
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>			
<p>Plano: Instalación Fotovoltaica Strings I</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>			
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1265 1284 1478 1340">Fecha: 19/08/2021</td> <td data-bbox="1478 1284 1680 1340">Escala: 1:2.000</td> <td data-bbox="1680 1284 1859 1340">Nº plano: 60</td> </tr> </table>	Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 60
Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 60			



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Instalación Fotovoltaica Strings II</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
<p>Fecha: 19/08/2021</p>		<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 61</p>



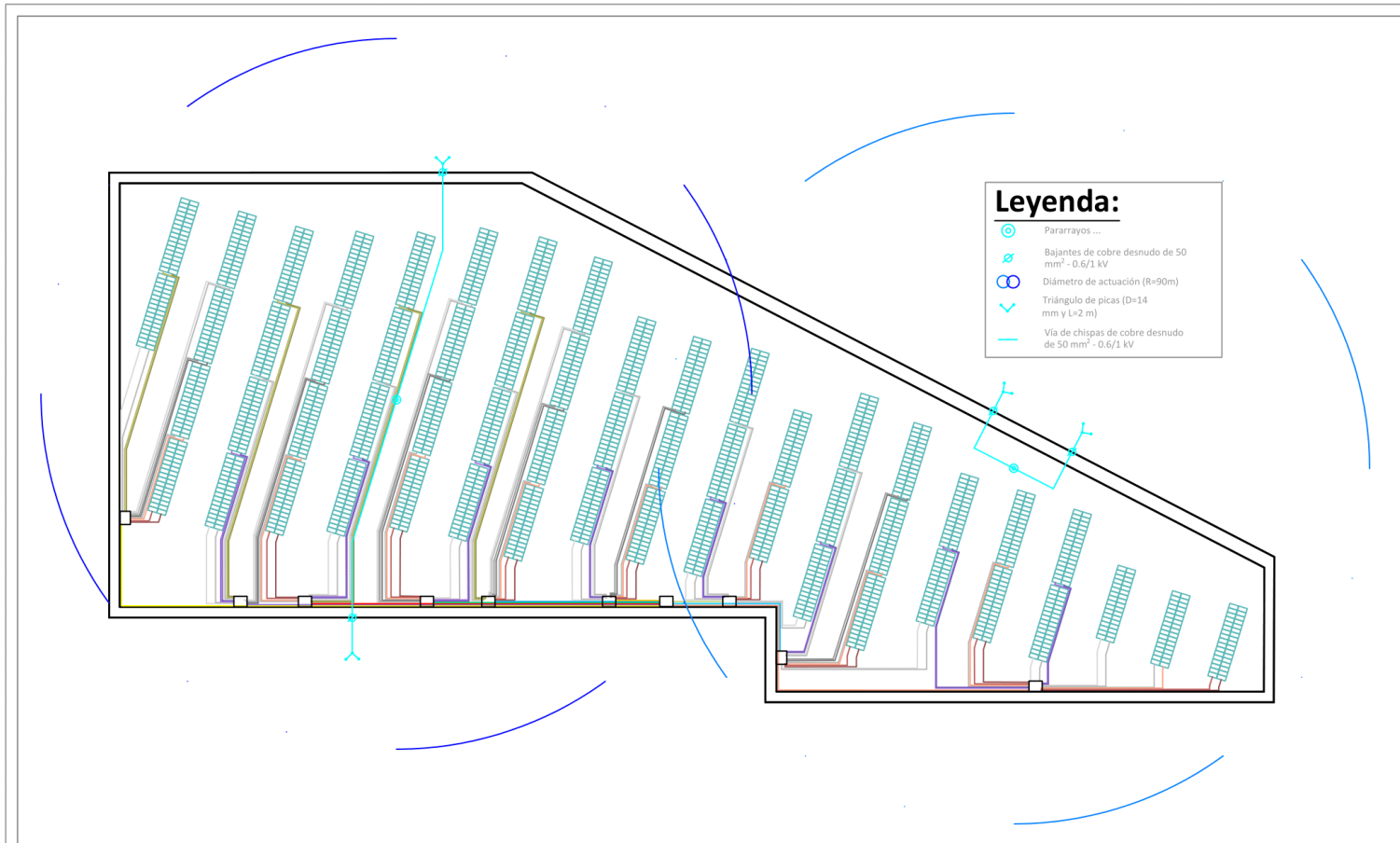
13. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS



Leyenda:

- Pararrayos ...
- Bajantes de cobre desnudo de 50 mm² - 0.6/1 kV
- Diámetro de actuación (R=90m)

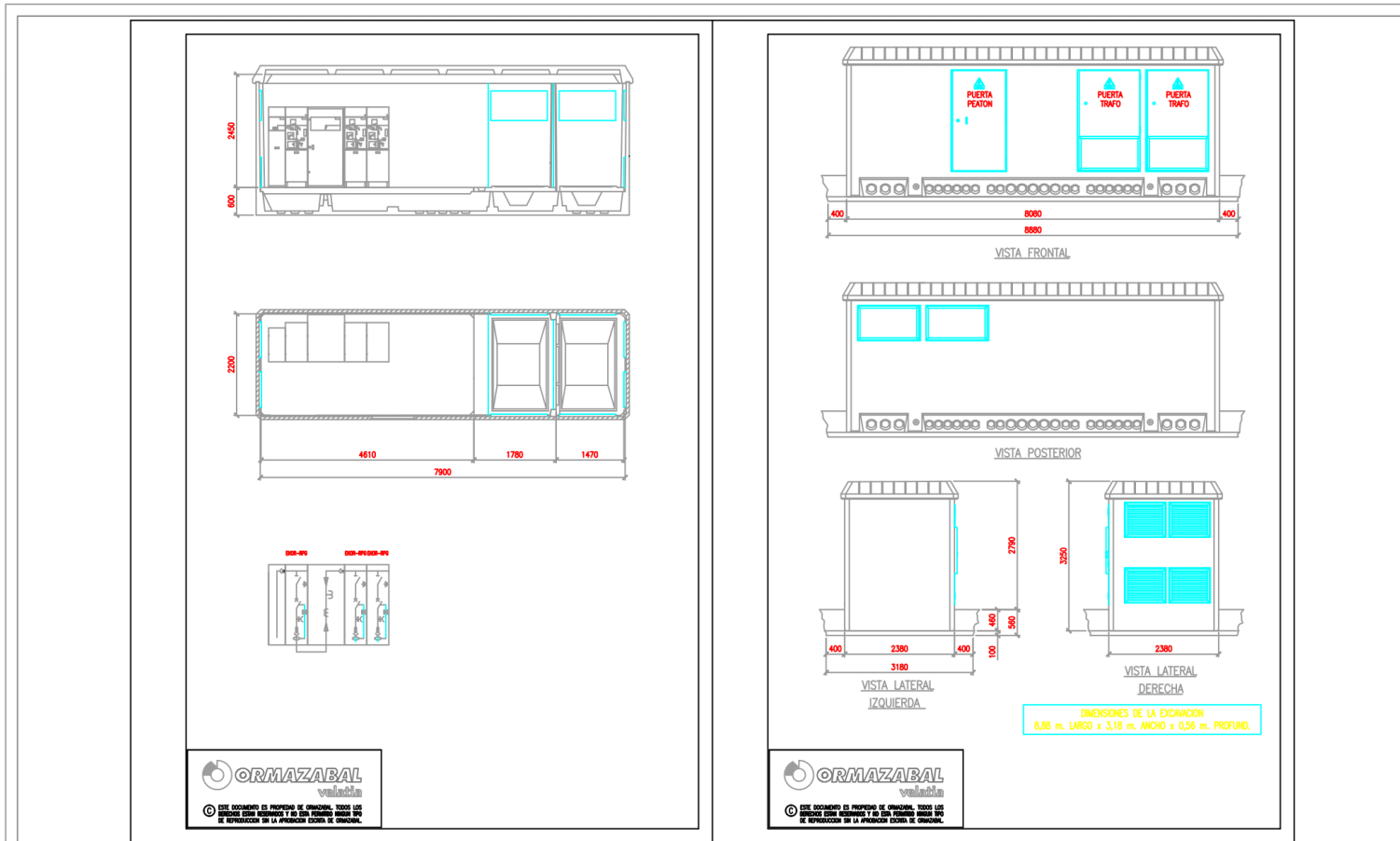
Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo		Máster Universitario en Ingeniería Industrial		
Plano: Sistema de Captación de Descargas Atmosféricas: Alzado		Yeray Rodríguez Rincón		
		Fecha: 19/08/2021	Escala: 1:2.000	Nº plano: 62



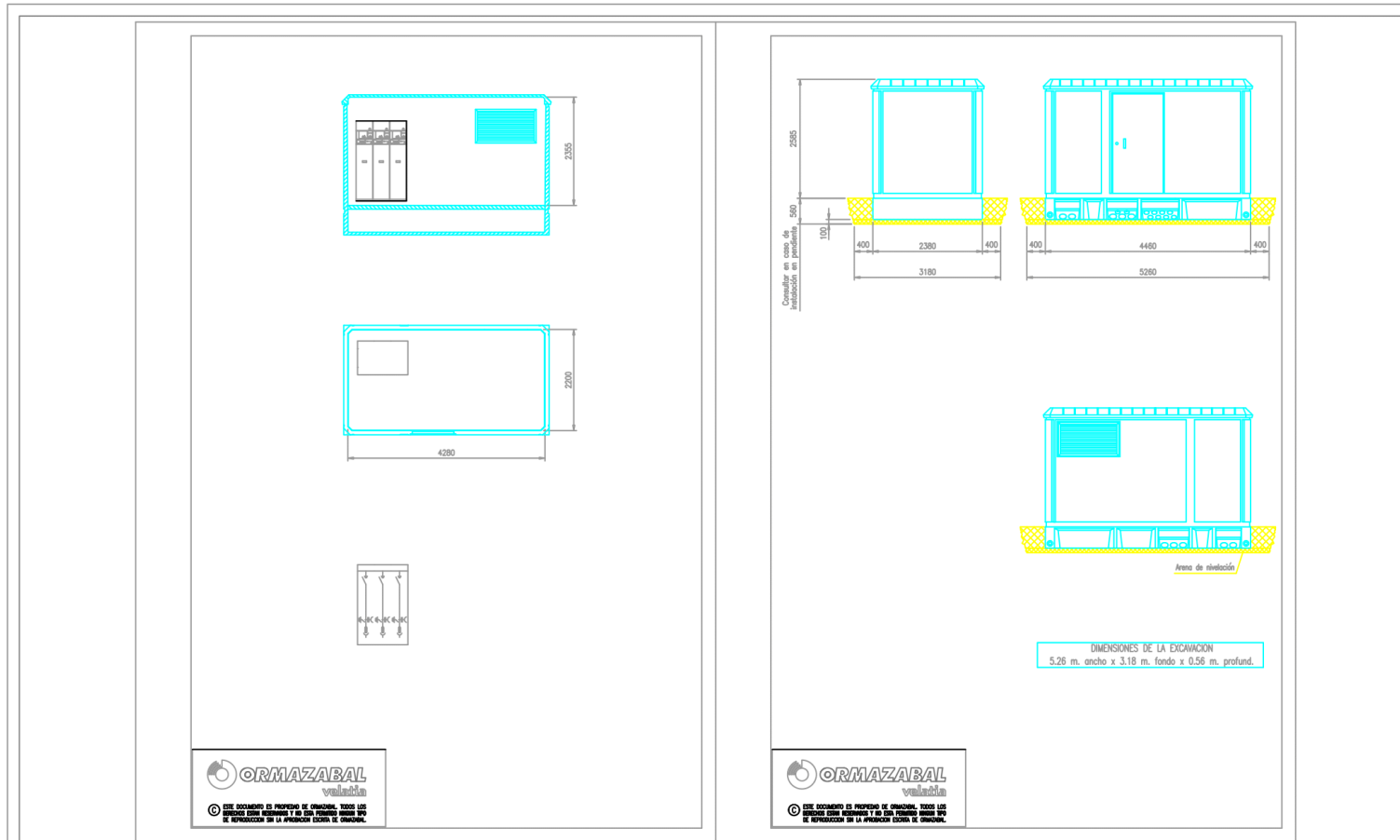
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Sistema de Captación de Descargas Atmosféricas: Planta</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: 1:2.000</p>	<p>Nº plano: 63</p>



14. PLANOS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO [29-C]

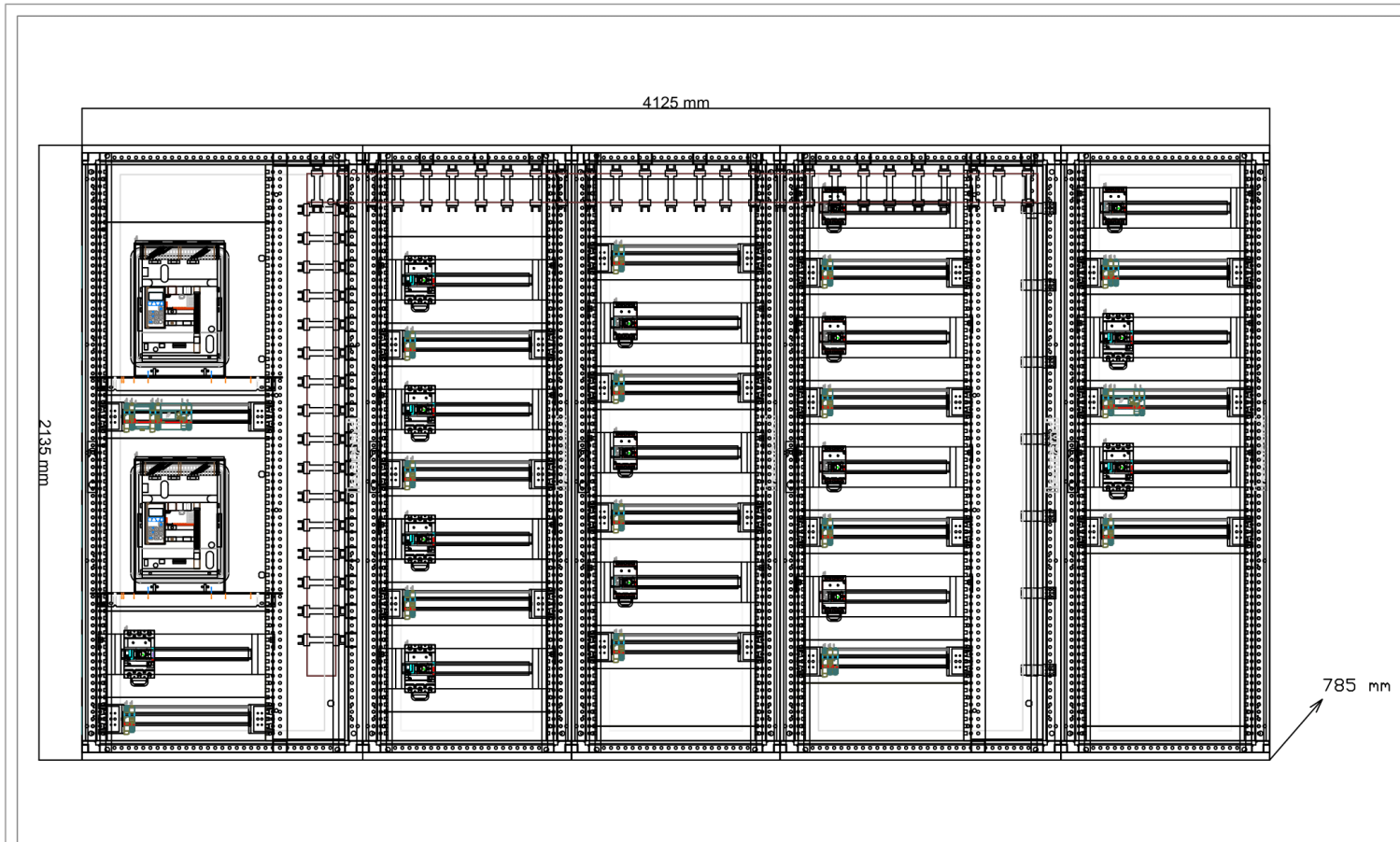


<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	<p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Plano Constructivo: PFU-07</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>			
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 64</p>



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	<p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>
<p>Plano: Plano Constructivo: PFU-04</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	<p>Fecha: 19/08/2021 Escala: 1:2.000 Nº plano: 65</p>

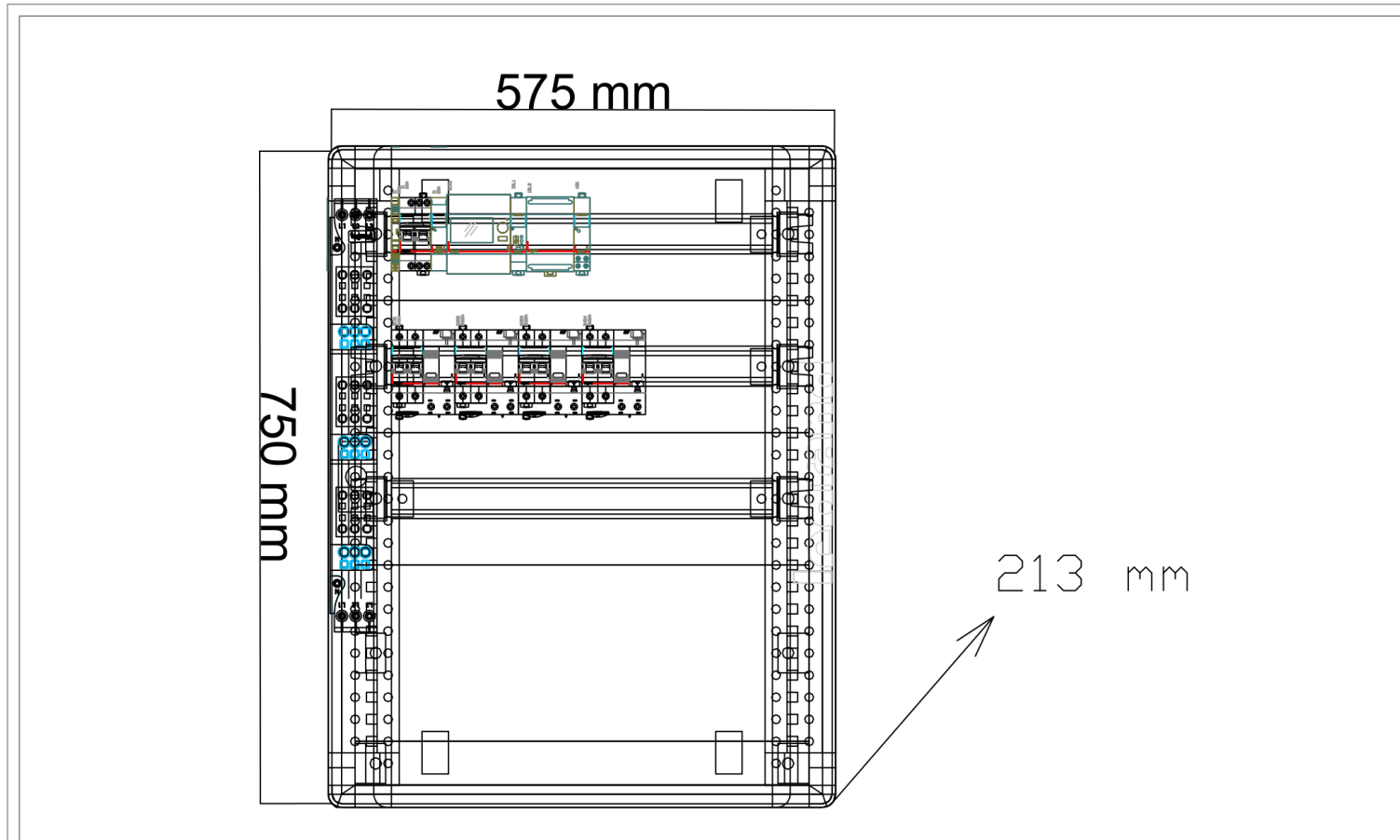
15. PLANOS CONSTRUCTIVOS DE CUADROS ELÉCTRICOS



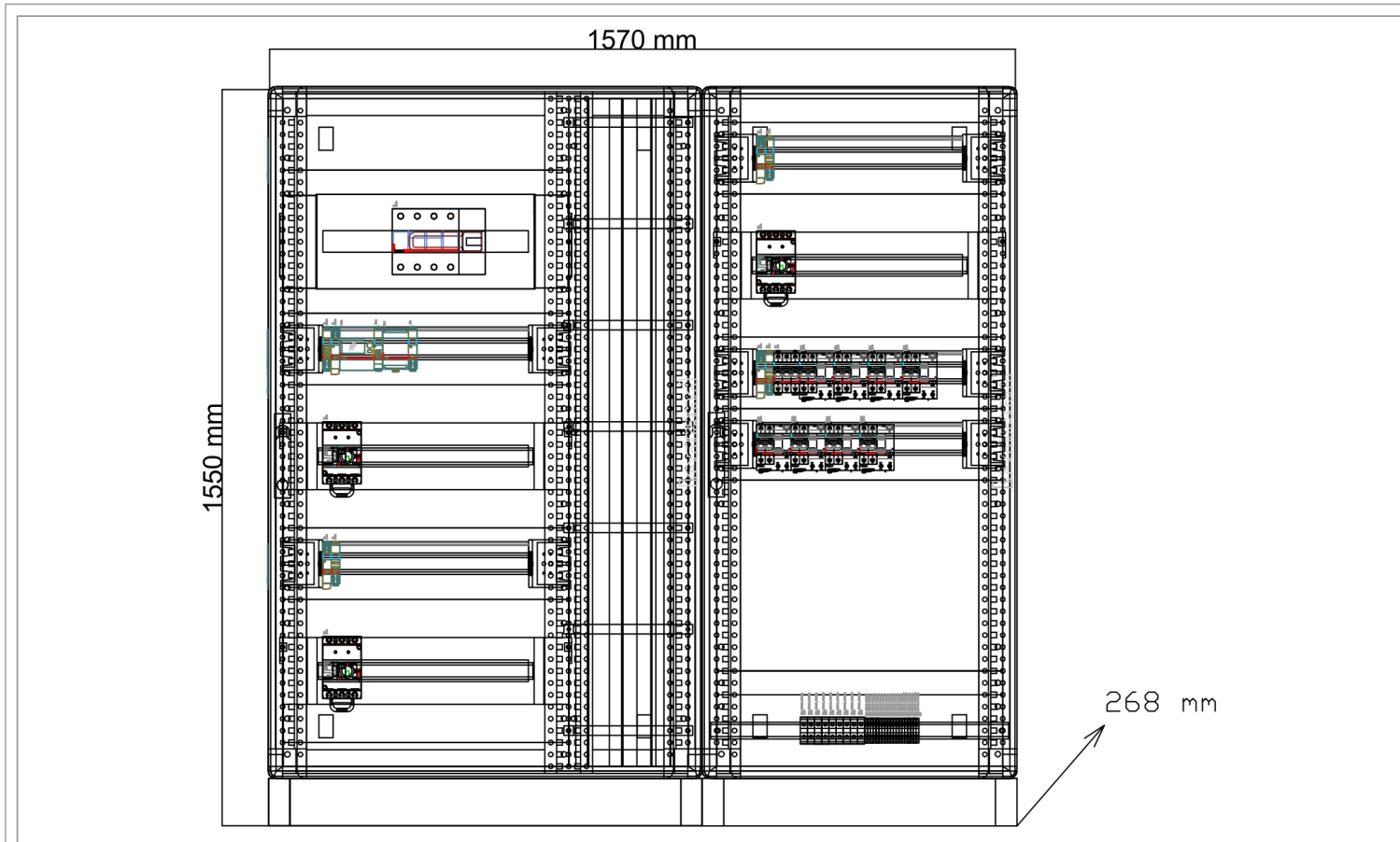
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	<p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro General de Baja Tensión</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		<p>Fecha: 19/08/2021 Escala: - Nº plano: 66</p>



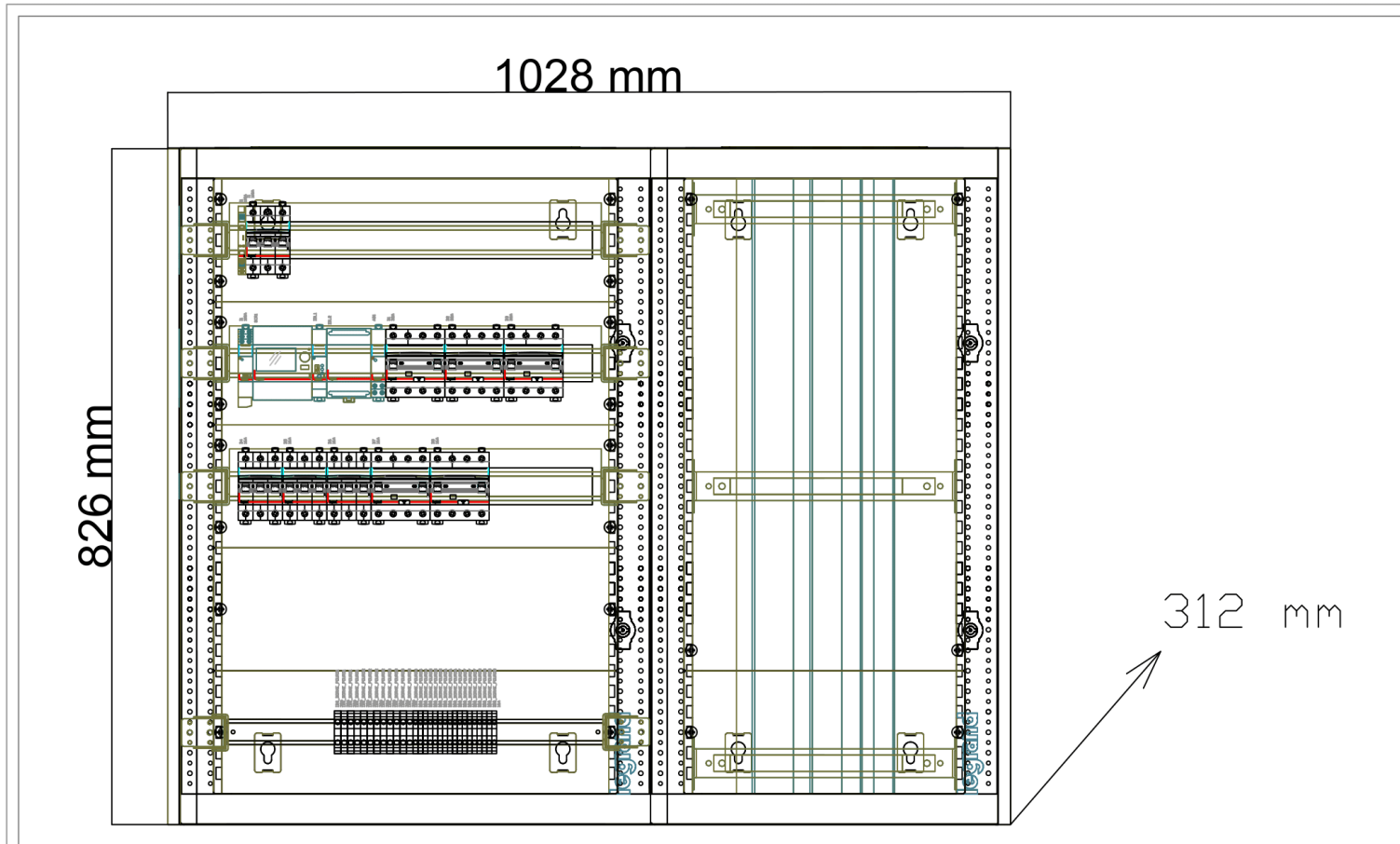
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



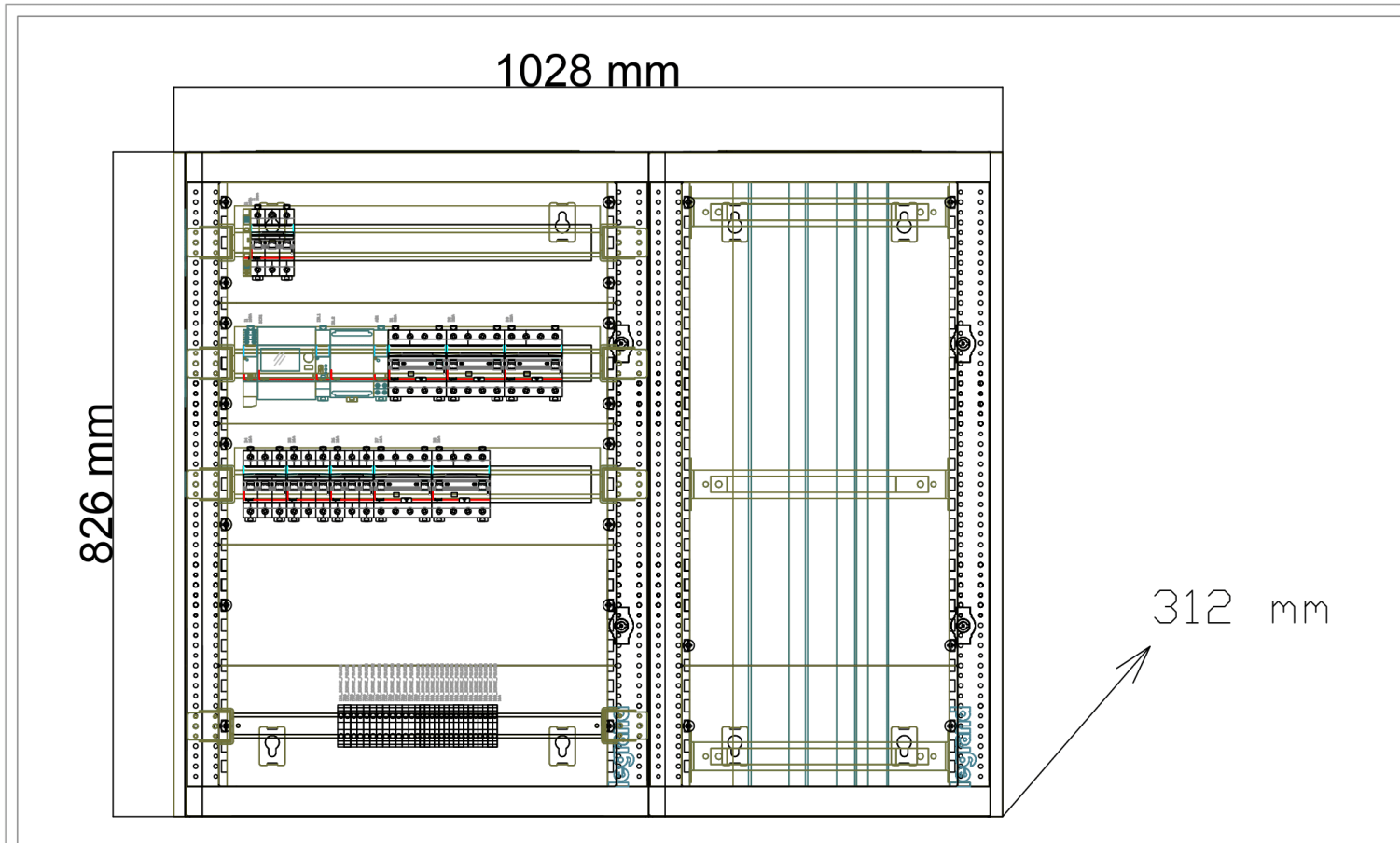
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 1</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 67</p>	



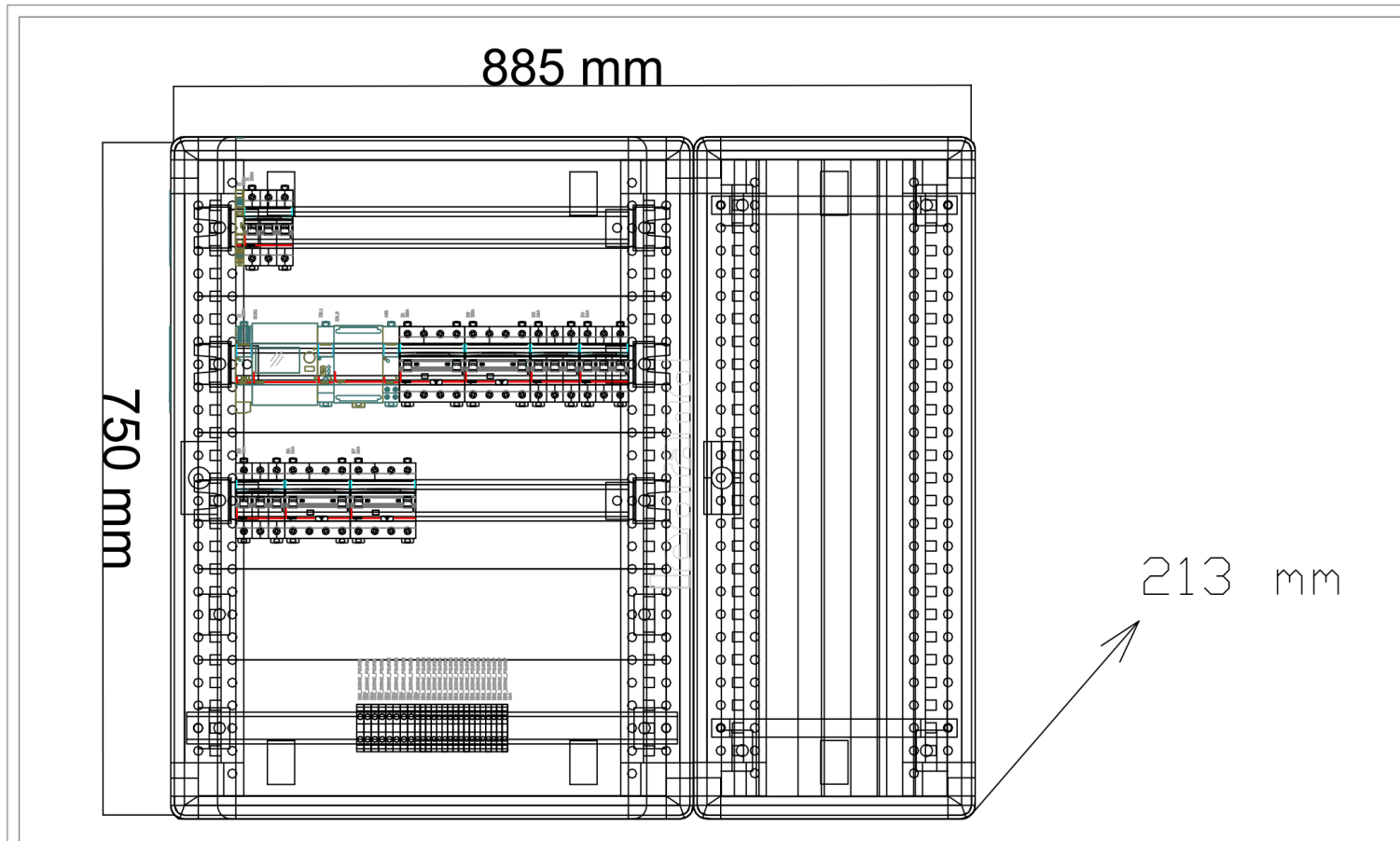
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 2</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
			<p>Nº plano: 68</p>




<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p> <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 1</p>			<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 69</p>	



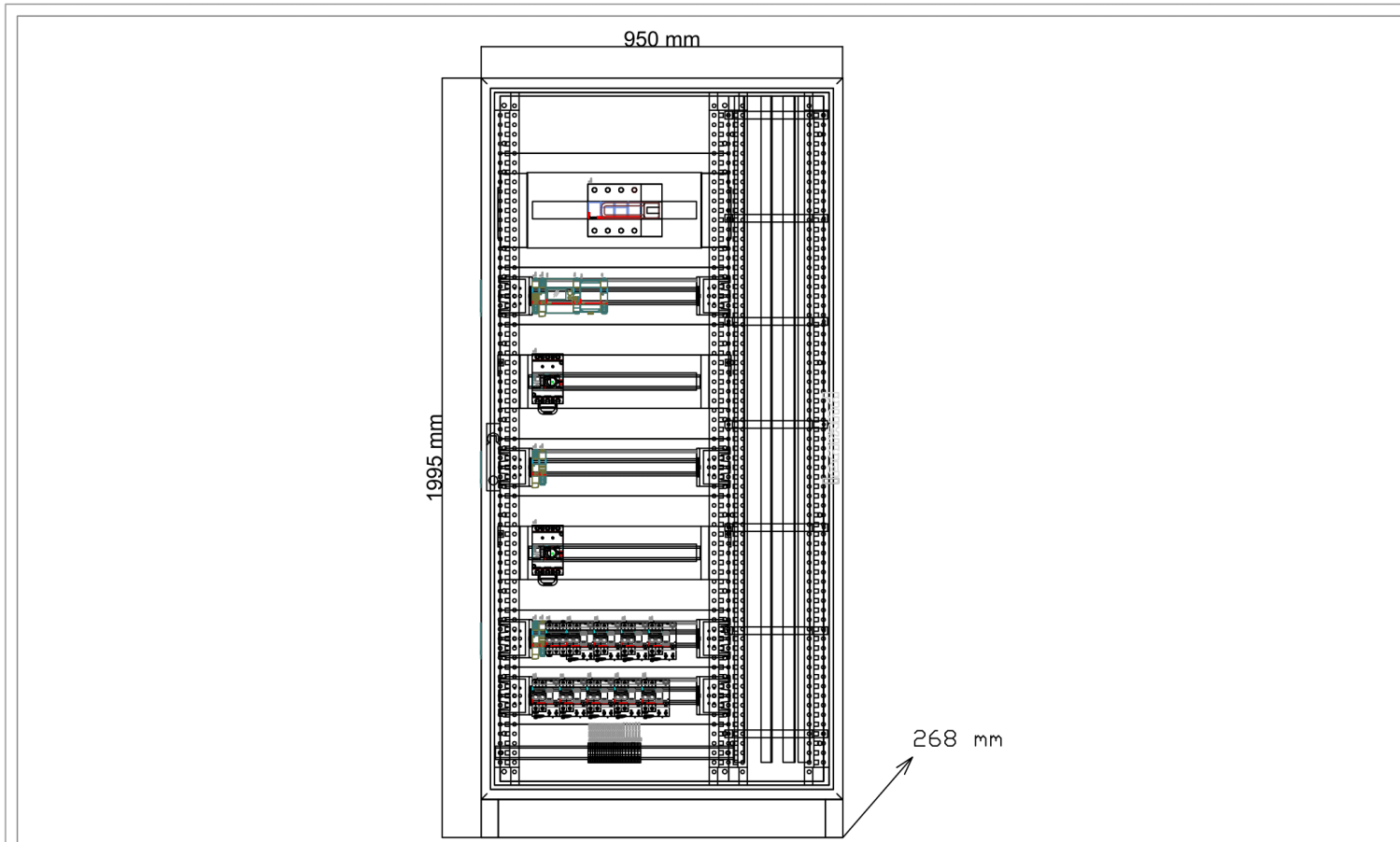
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 2</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 70</p>	



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 3</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>
		<p>Nº plano: 71</p>	



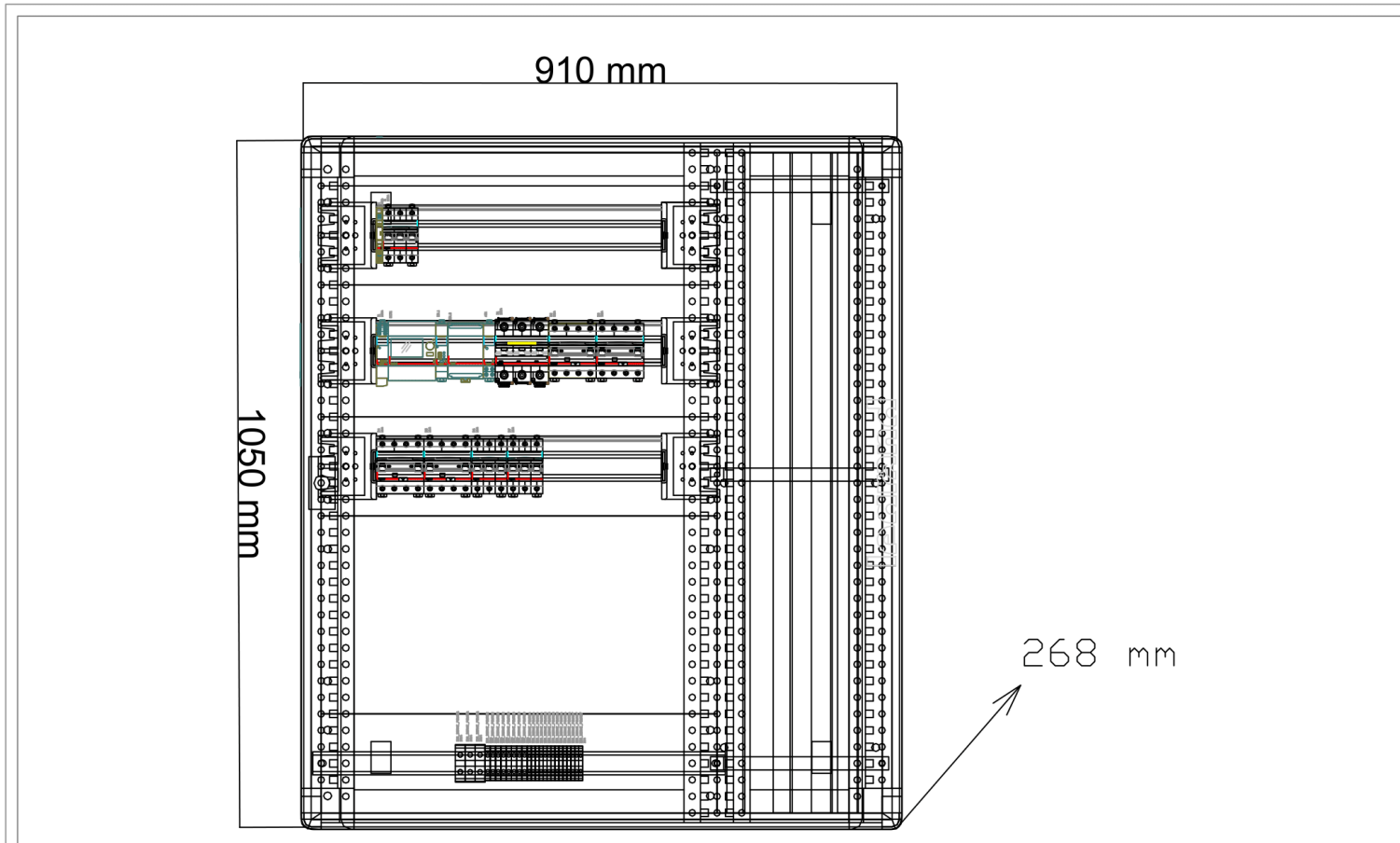
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 3</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 72</p>	



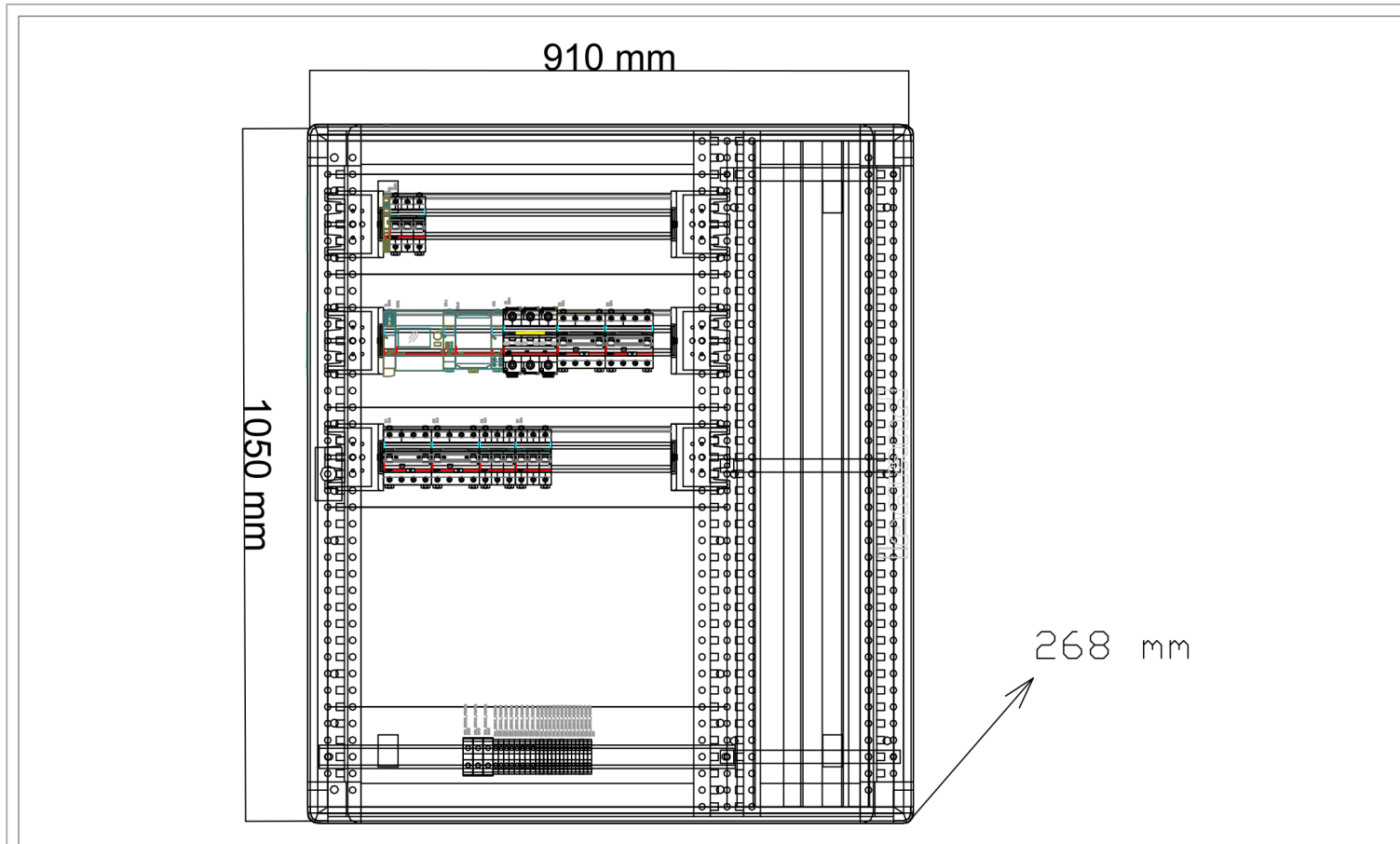
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>			
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 4</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1265 1289 1478 1340">Fecha: 19/08/2021</td> <td data-bbox="1478 1289 1680 1340">Escala: -</td> <td data-bbox="1680 1289 1856 1340">Nº plano: 73</td> </tr> </table>	Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 73
Fecha: 19/08/2021	Escala: -	Nº plano: 73			



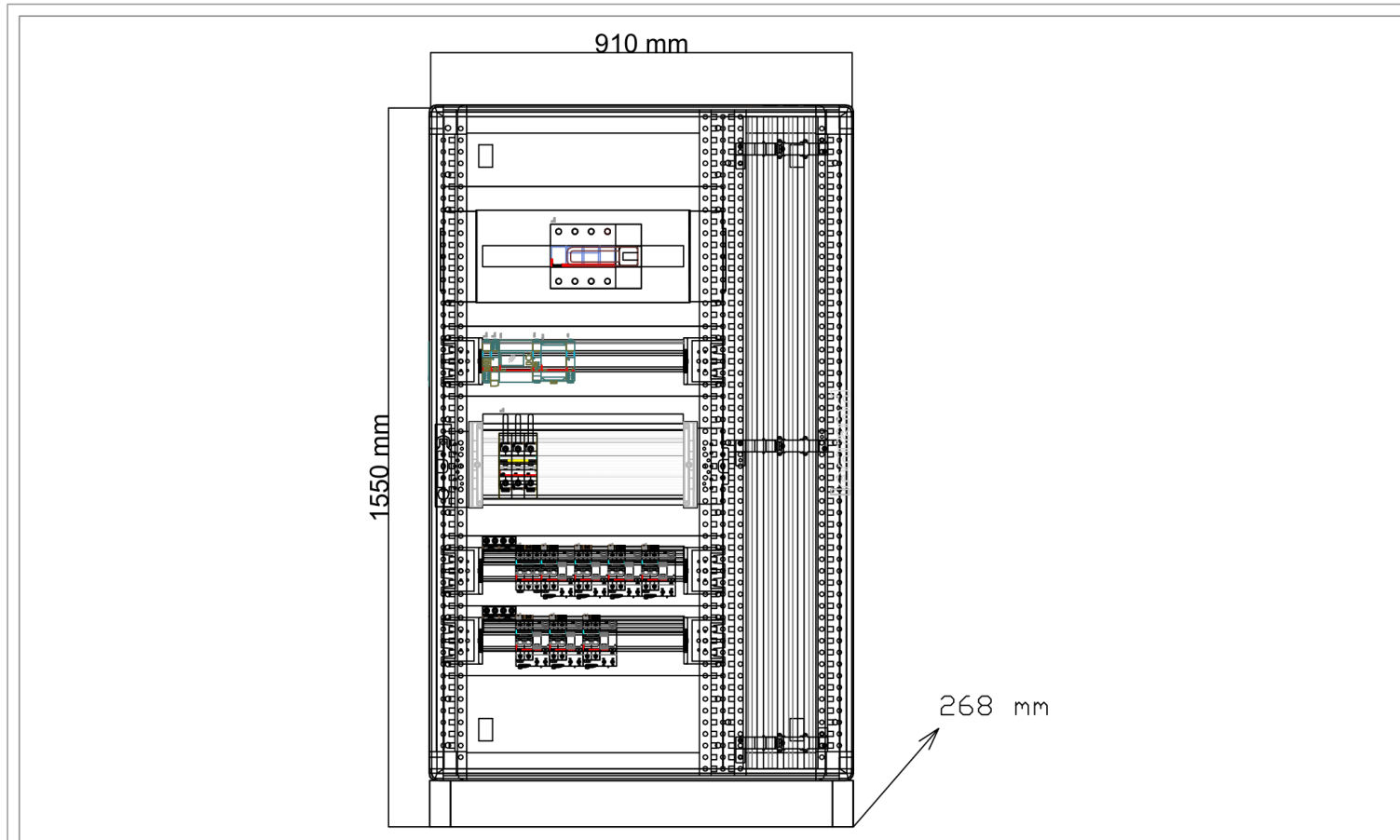
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Esquema Unifilar: Cuadro Terciario 5</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 74</p>	



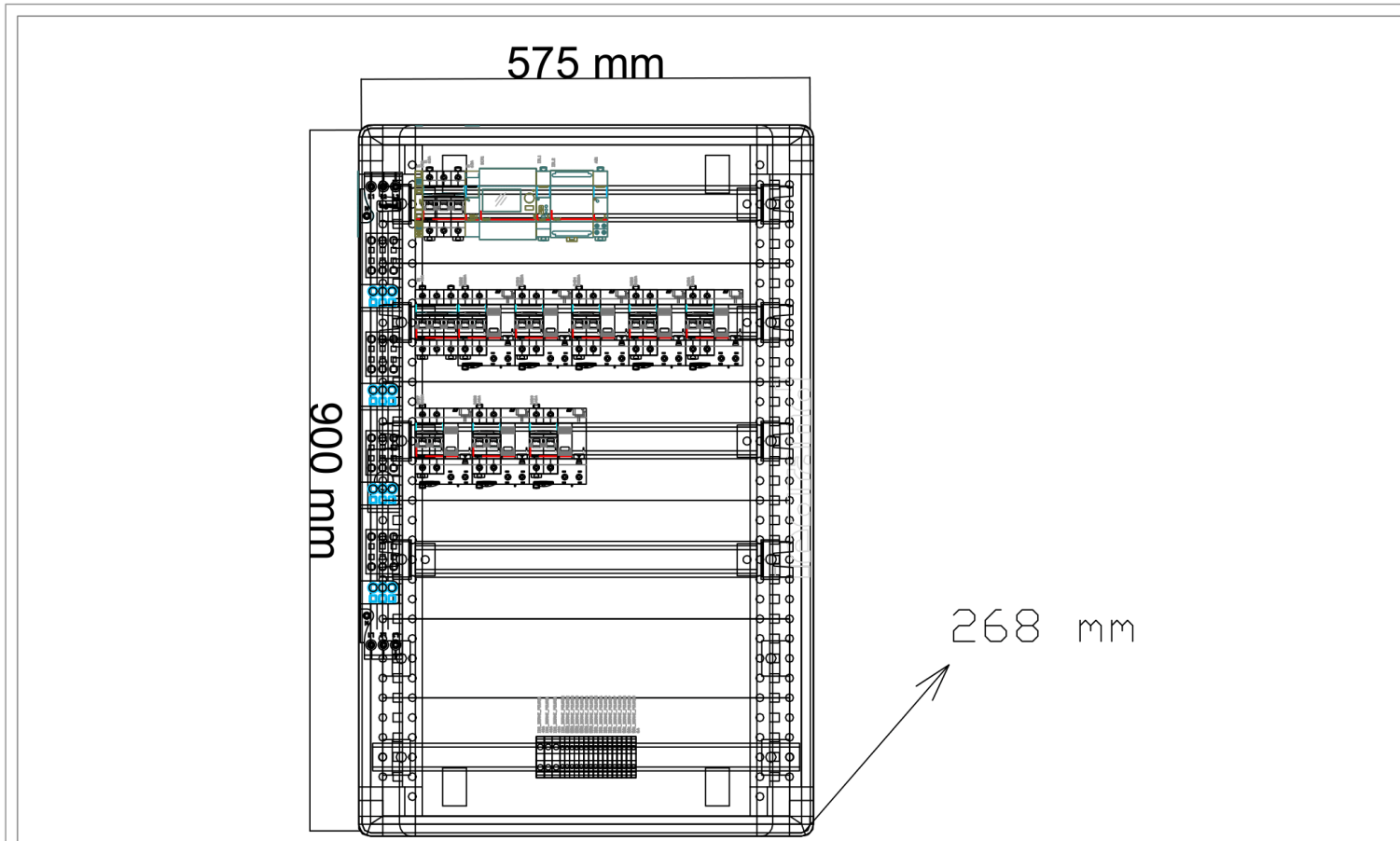
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 4</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 75</p>



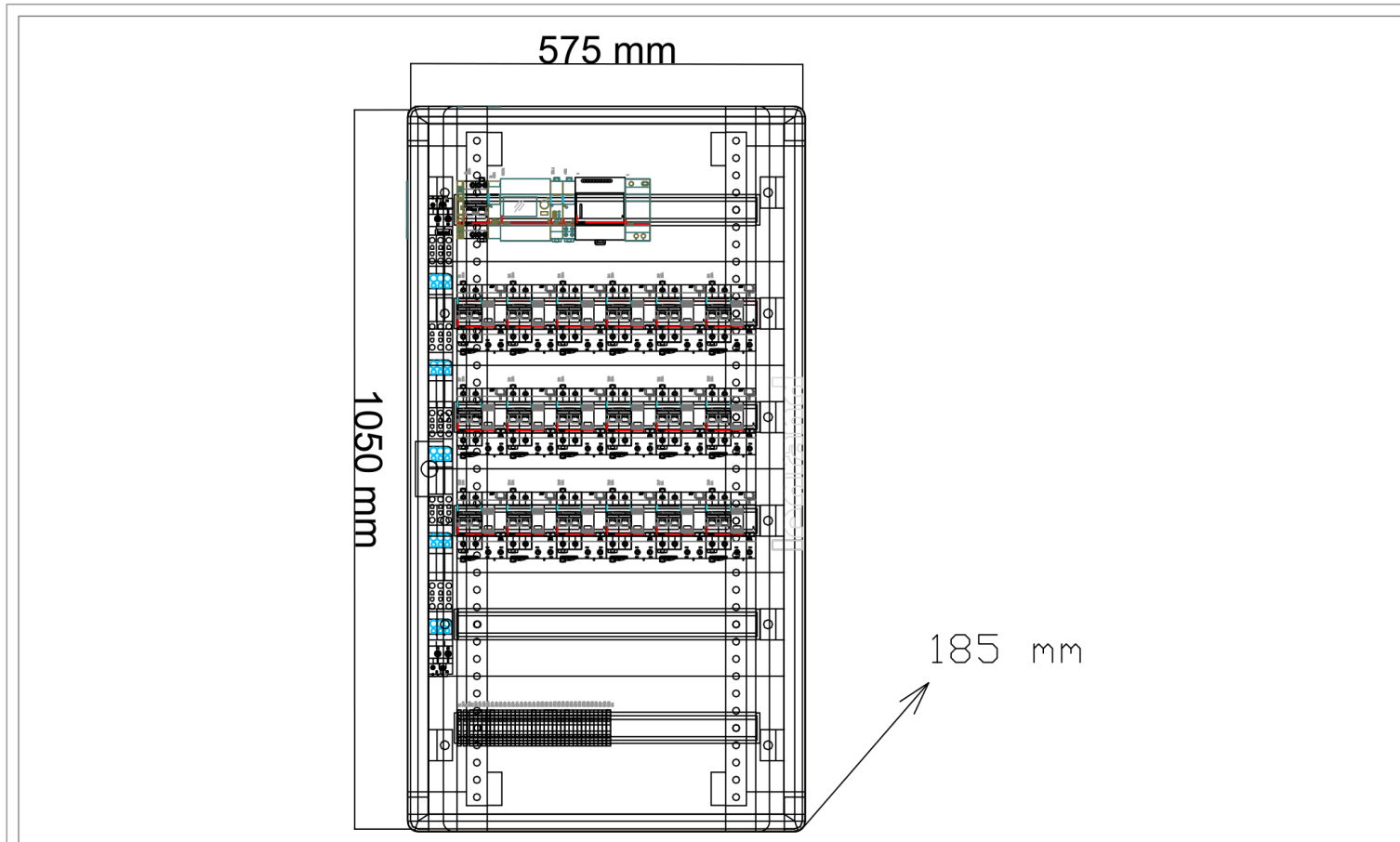
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 5</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>
		<p>Nº plano: 76</p>	



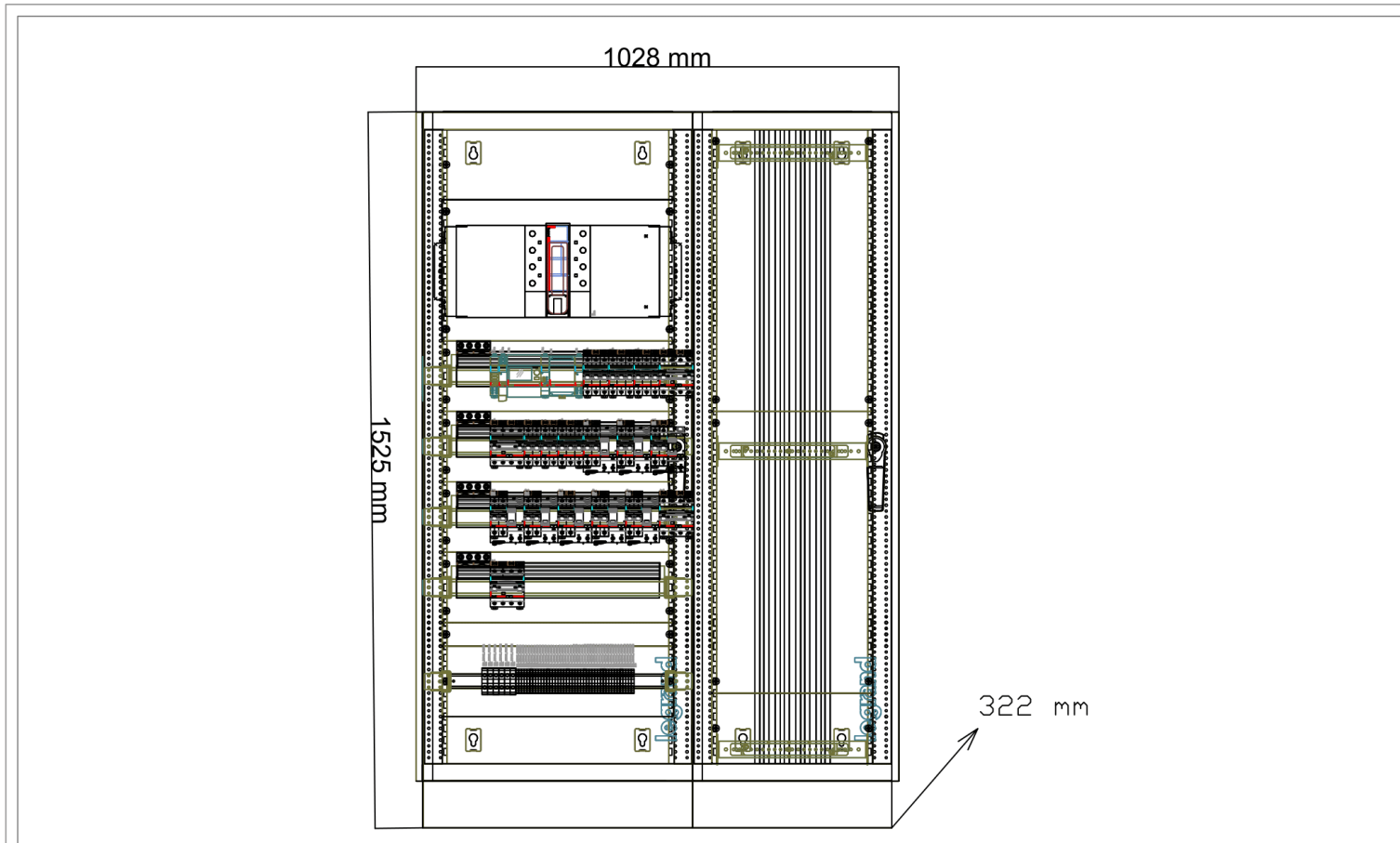
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	<p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>				
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 6</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1276 1284 1478 1340"> <p>Fecha: 19/08/2021</p> </td> <td data-bbox="1478 1284 1680 1340"> <p>Escala -</p> </td> <td data-bbox="1680 1284 1859 1340"> <p>Nº plano: 77</p> </td> </tr> </table>		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>	<p>Nº plano: 77</p>
<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>	<p>Nº plano: 77</p>				



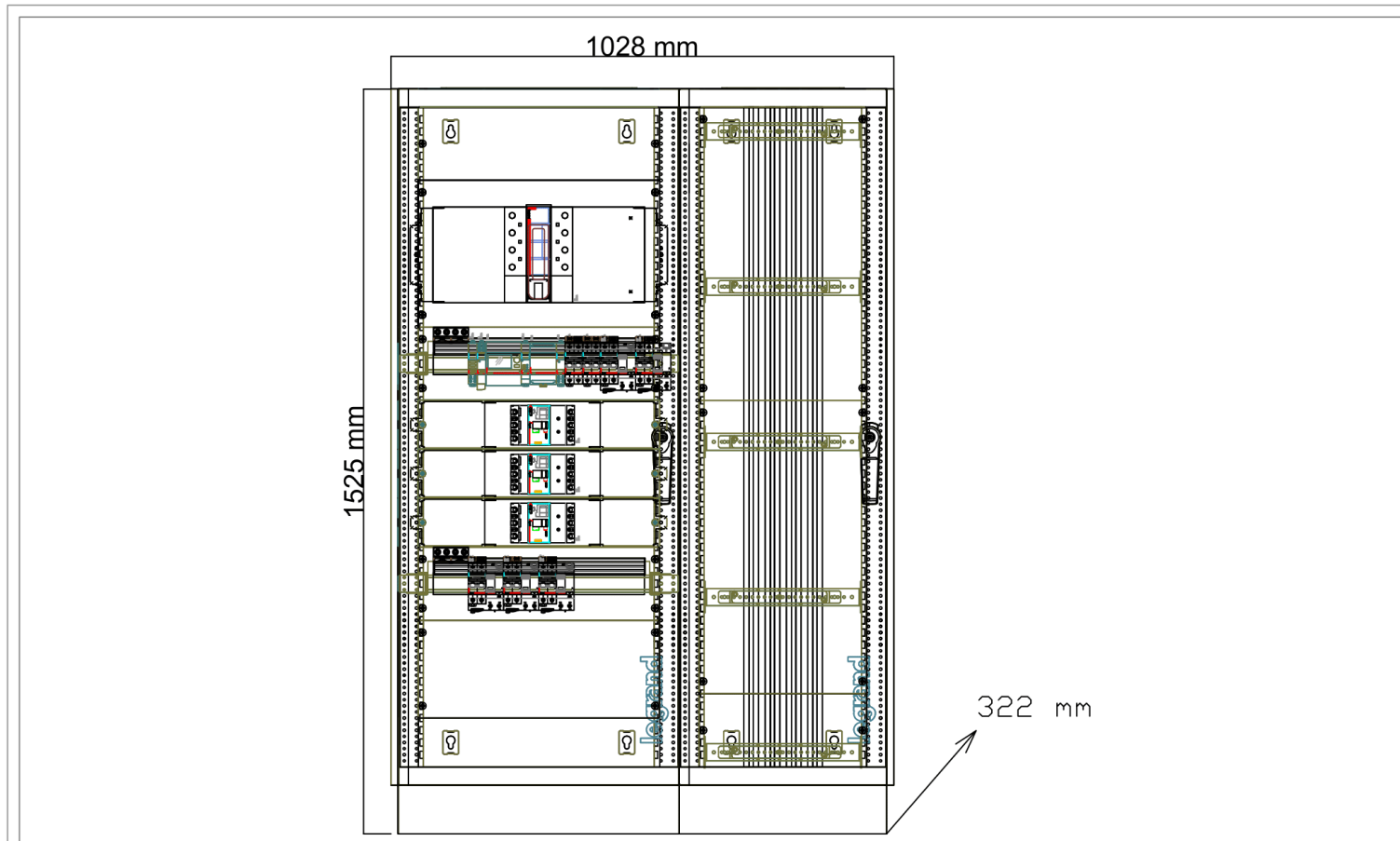
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



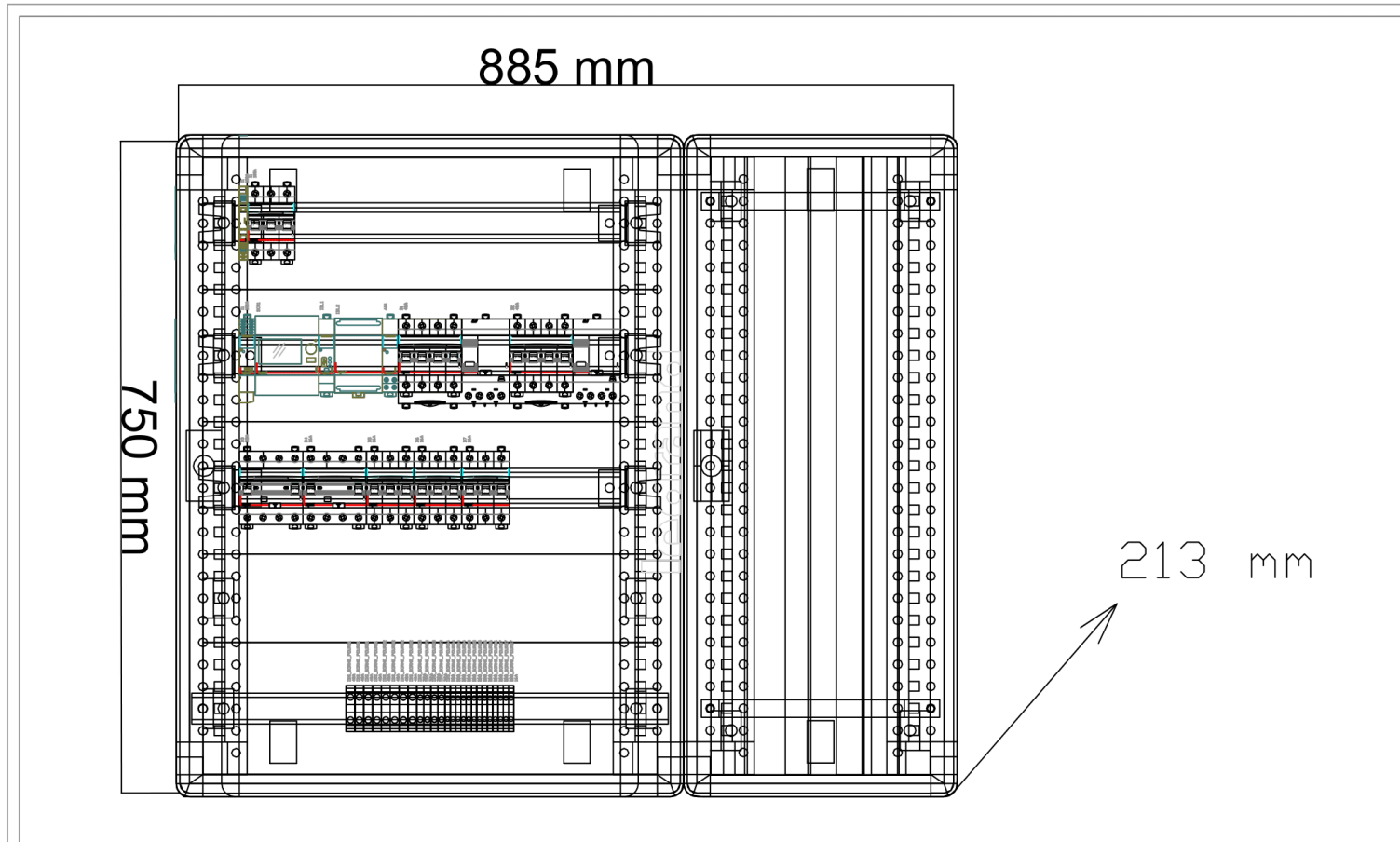
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 7</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 78</p>	



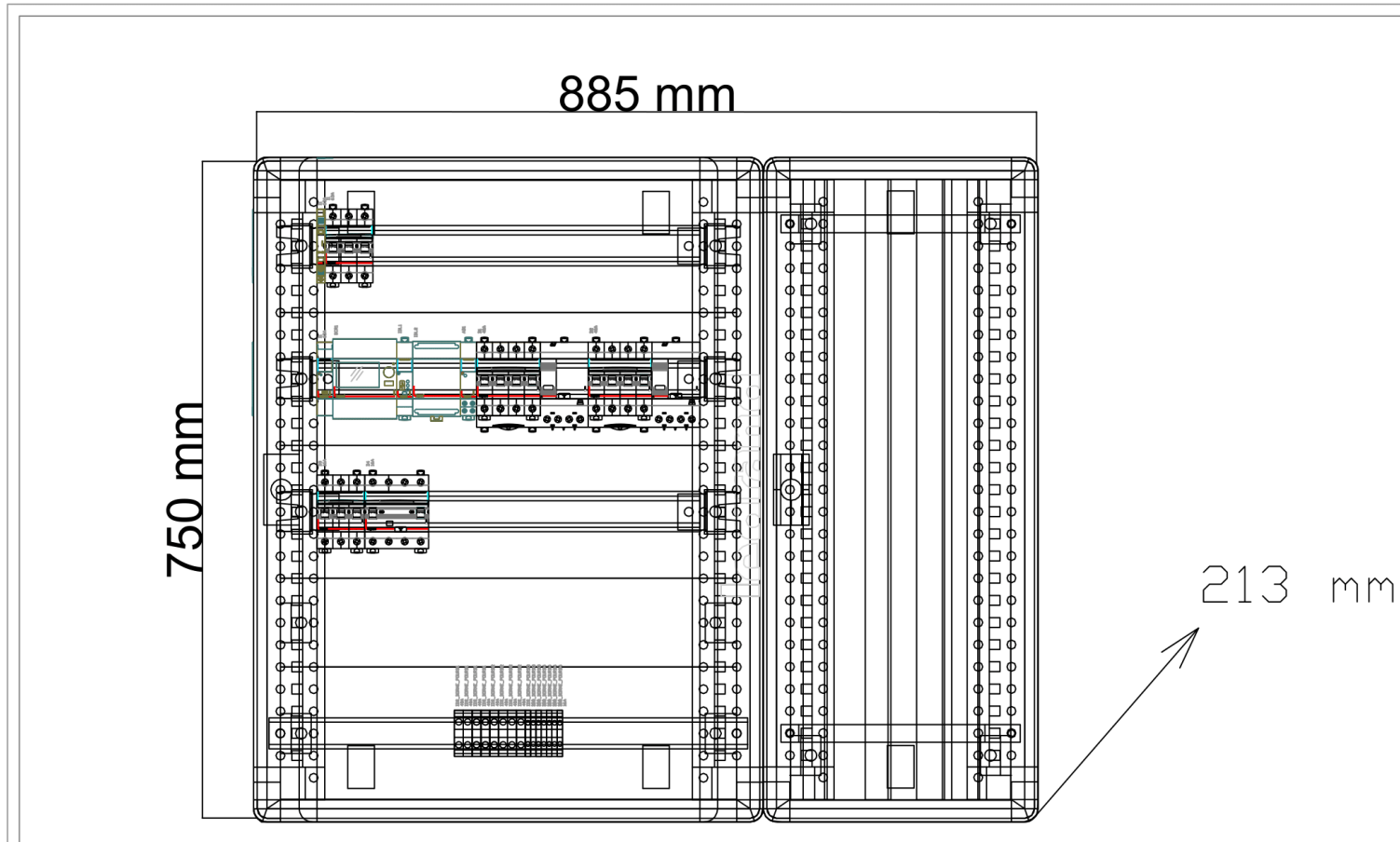
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 8</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 79</p>



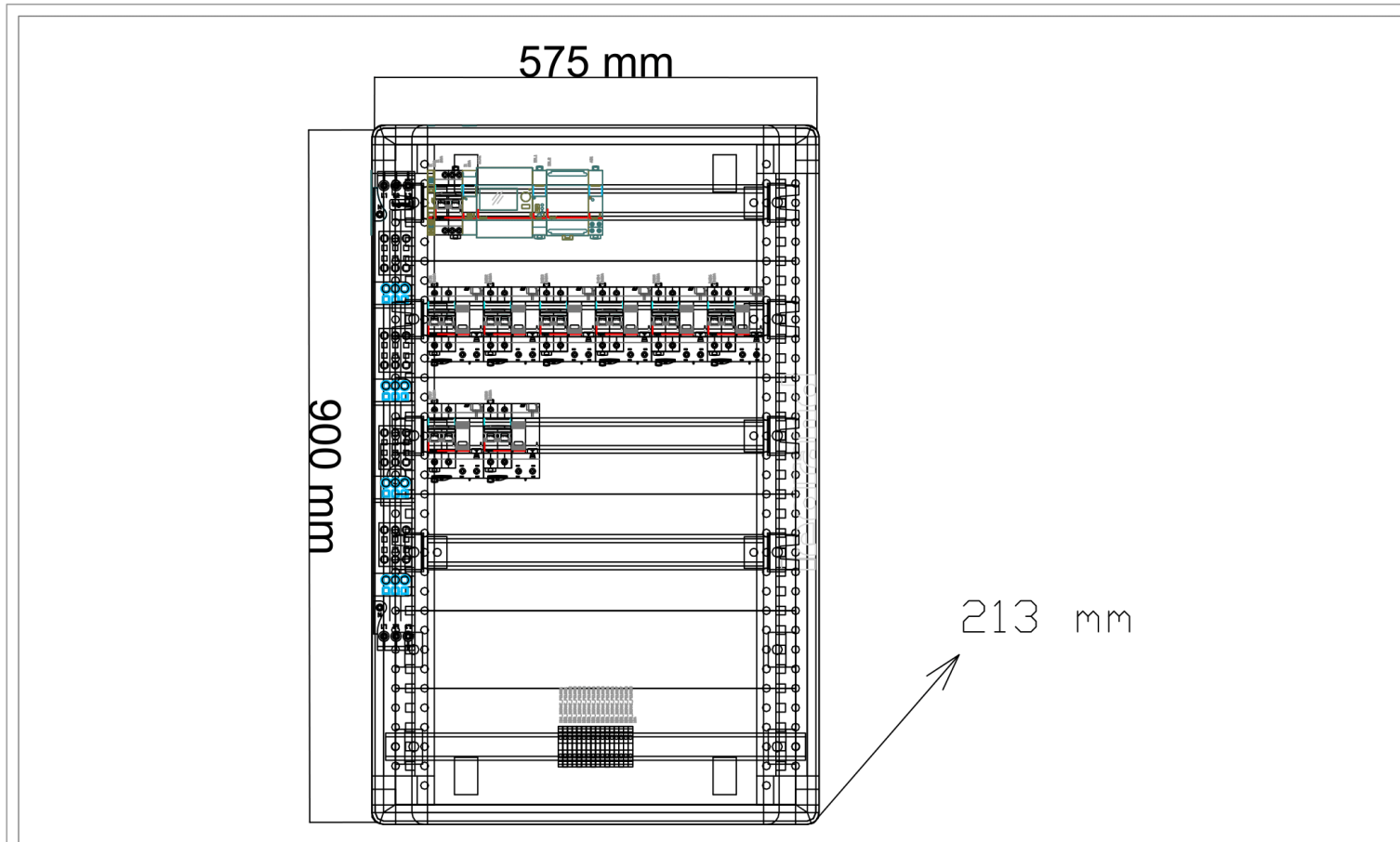
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Teciario 6</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 80</p>	



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 7</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 81</p>	



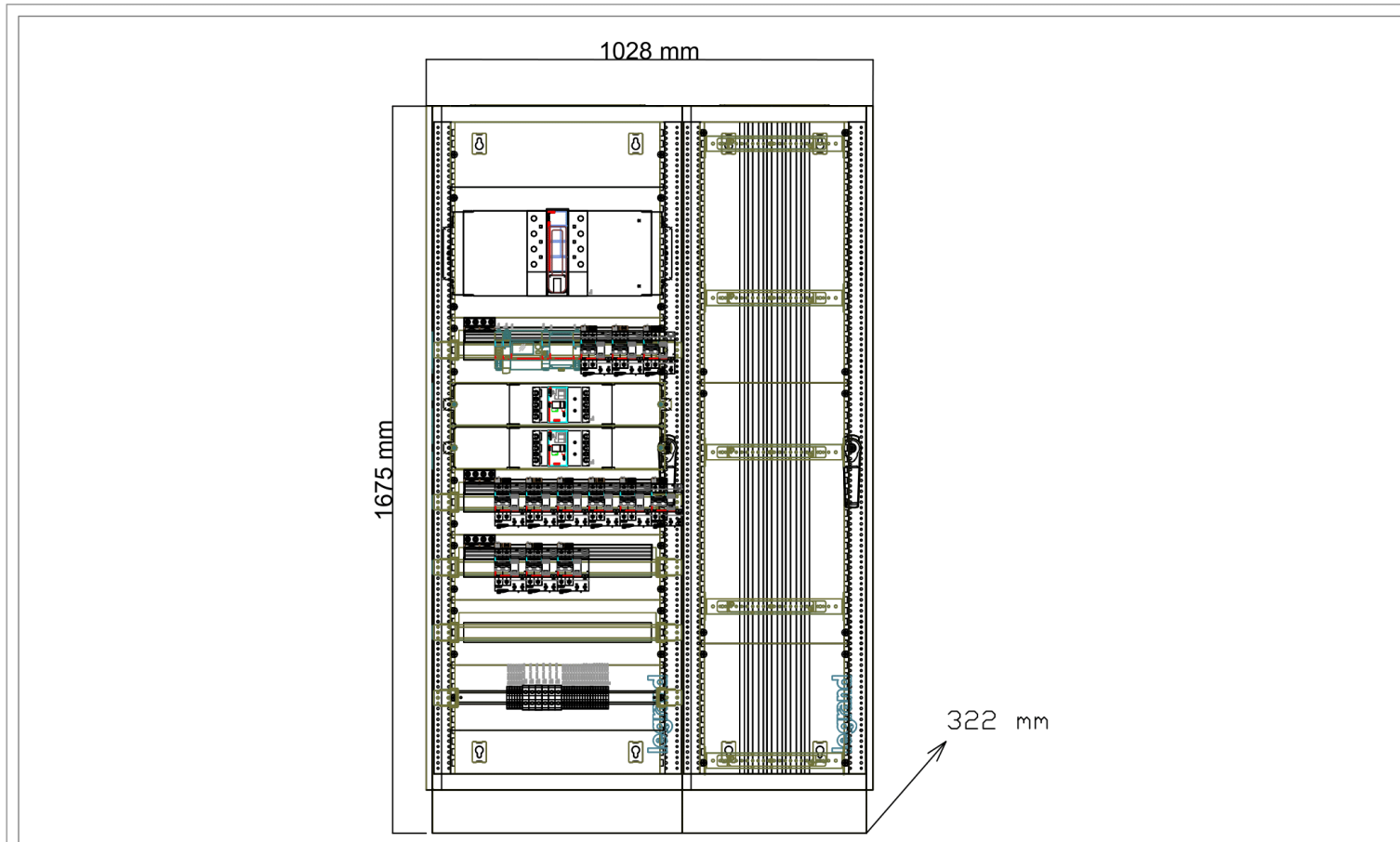
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Auxiliar de Luminarias 1</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 82</p>	



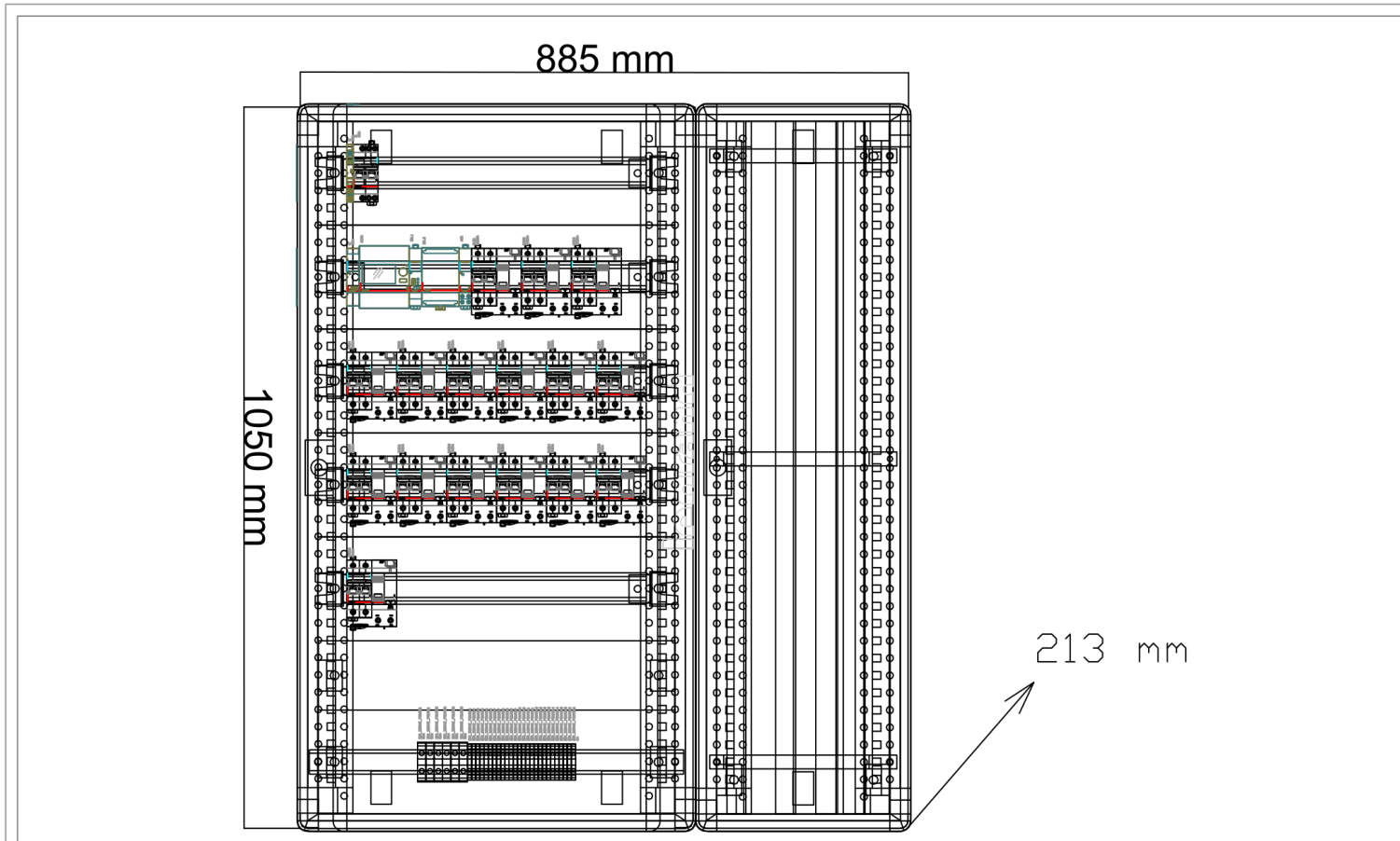
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>				
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 9</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1276 1284 1478 1340"> <p>Fecha: 19/08/2021</p> </td> <td data-bbox="1478 1284 1680 1340"> <p>Escala -</p> </td> <td data-bbox="1680 1284 1859 1340"> <p>Nº plano: 83</p> </td> </tr> </table>		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>	<p>Nº plano: 83</p>
<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala -</p>	<p>Nº plano: 83</p>				



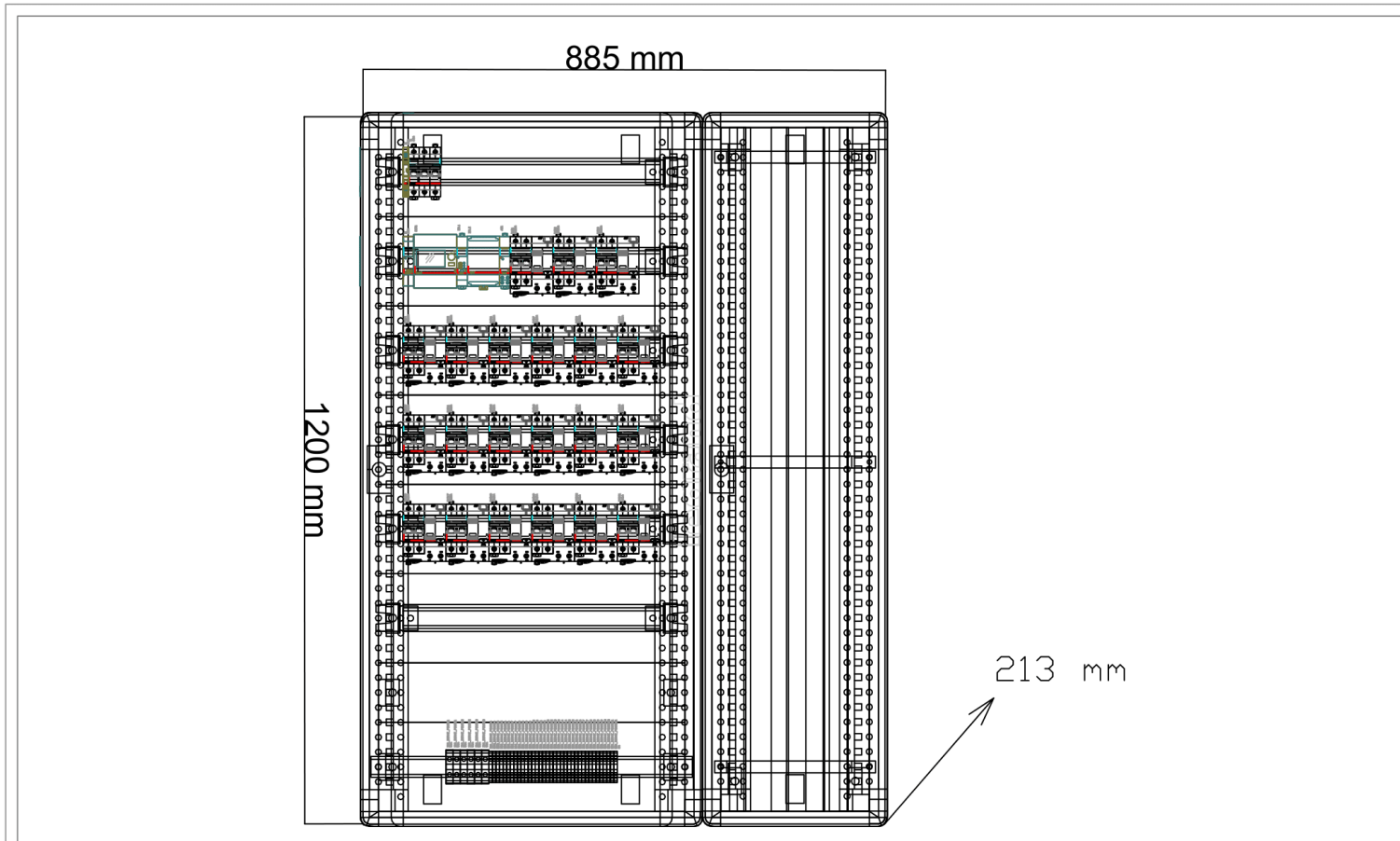
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>			
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 8</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>			
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1265 1284 1478 1340">Fecha: 19/08/2021</td> <td data-bbox="1478 1284 1680 1340">Escala -</td> <td data-bbox="1680 1284 1856 1340">Nº plano: 84</td> </tr> </table>	Fecha: 19/08/2021	Escala -	Nº plano: 84
Fecha: 19/08/2021	Escala -	Nº plano: 84			



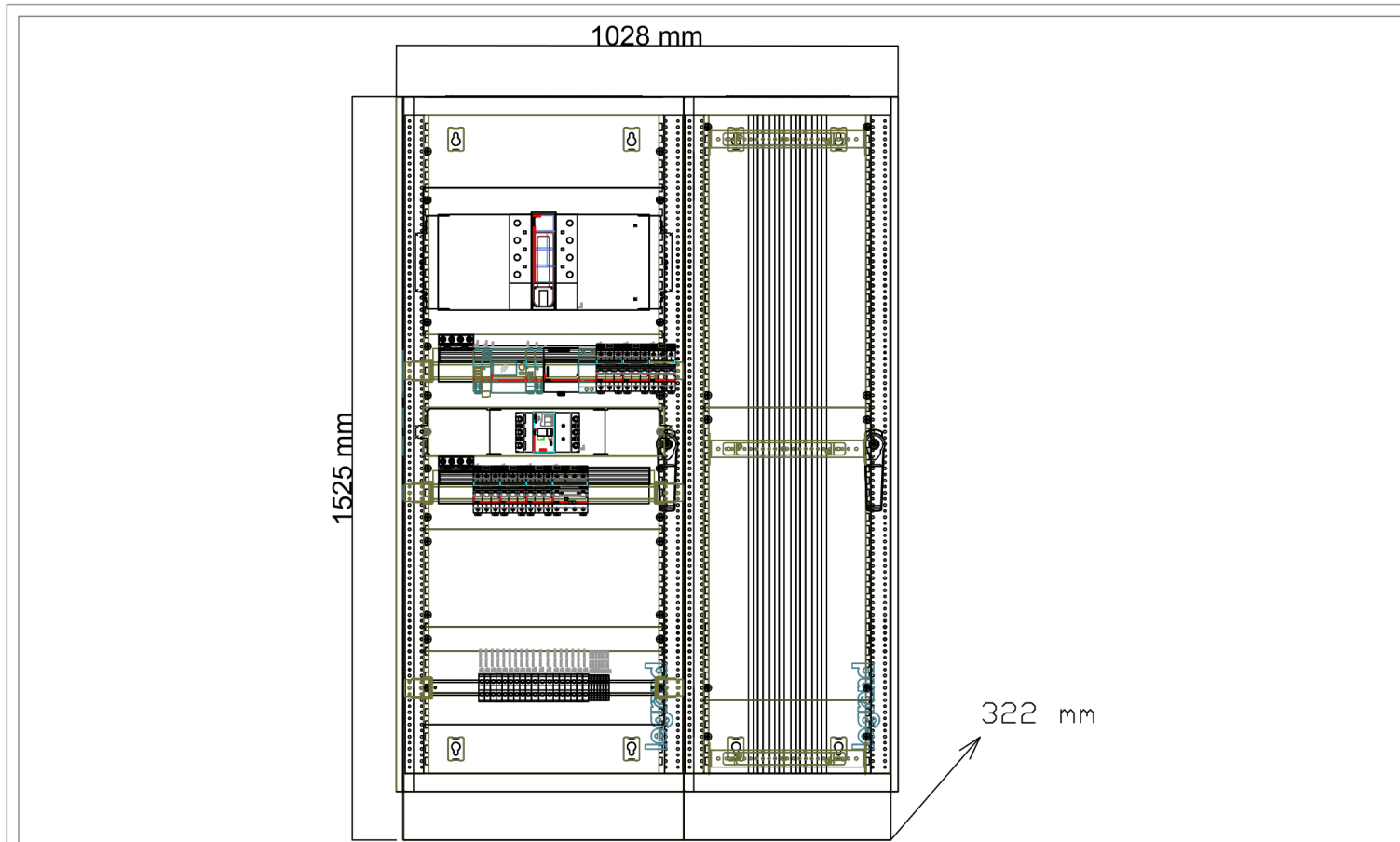
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Terciario 9</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 85</p>	



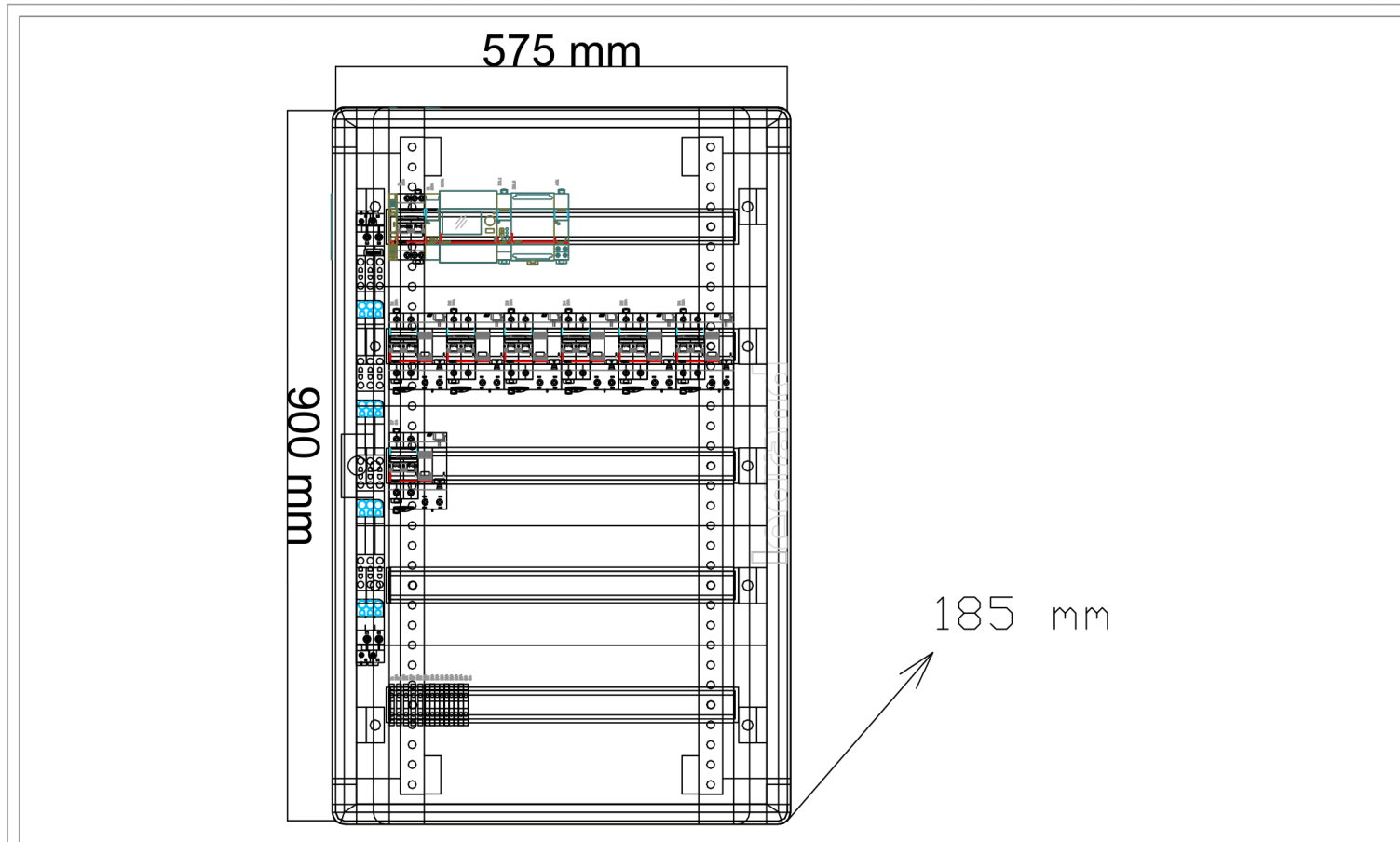
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>		
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 10</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>	<p>Nº plano: 86</p>



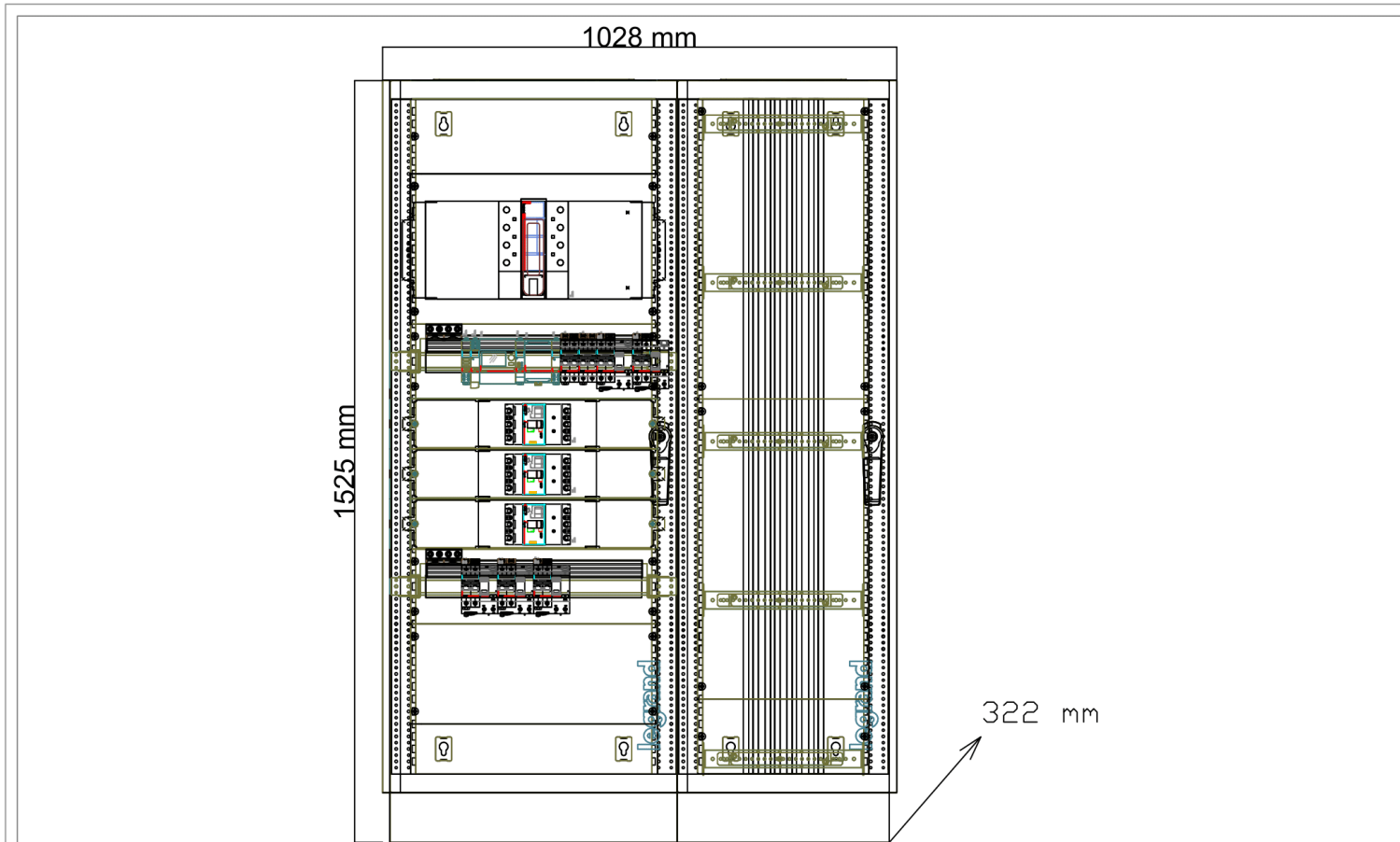
YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



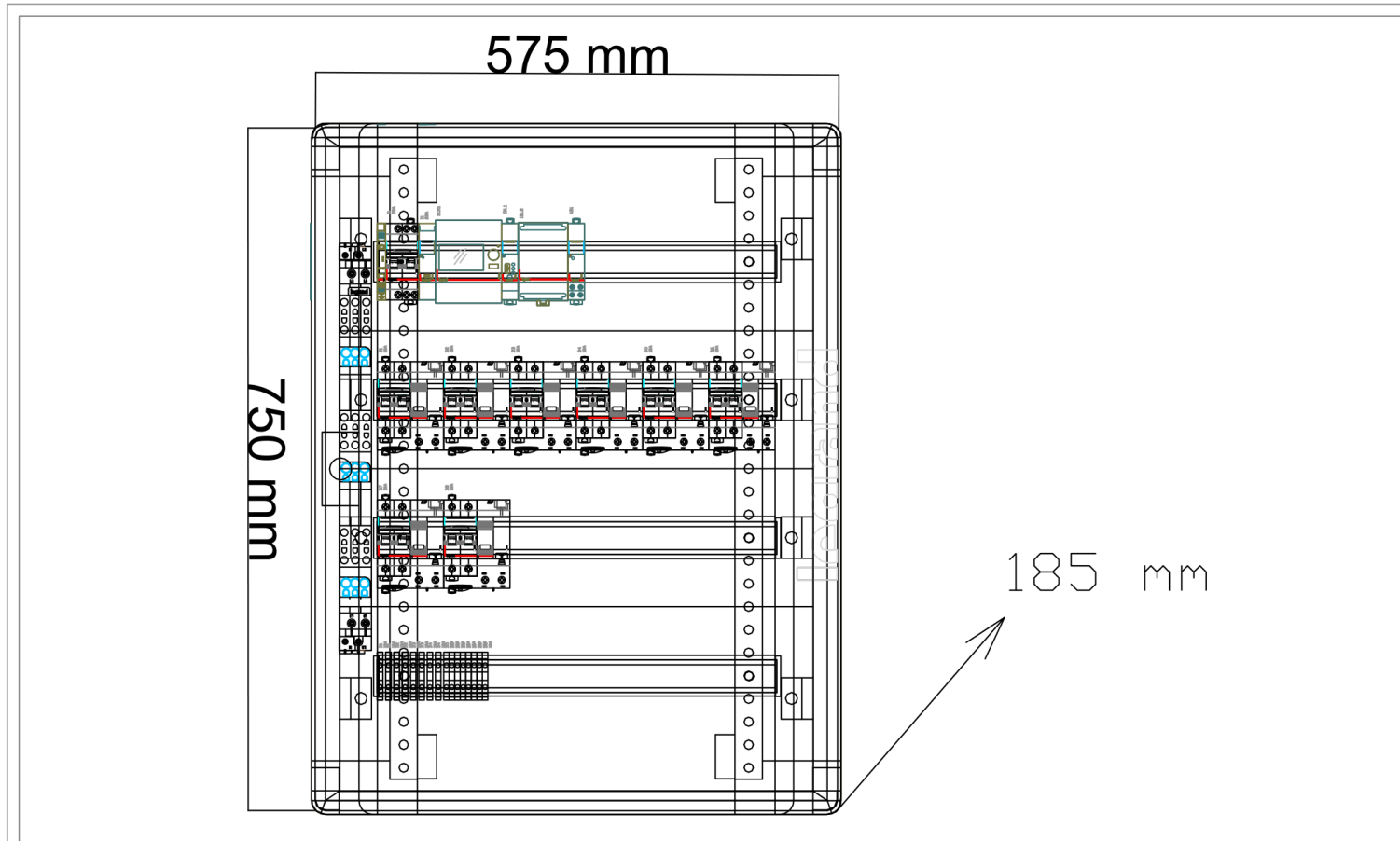
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Auxiliar de Luminarias 2</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 87</p>	



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



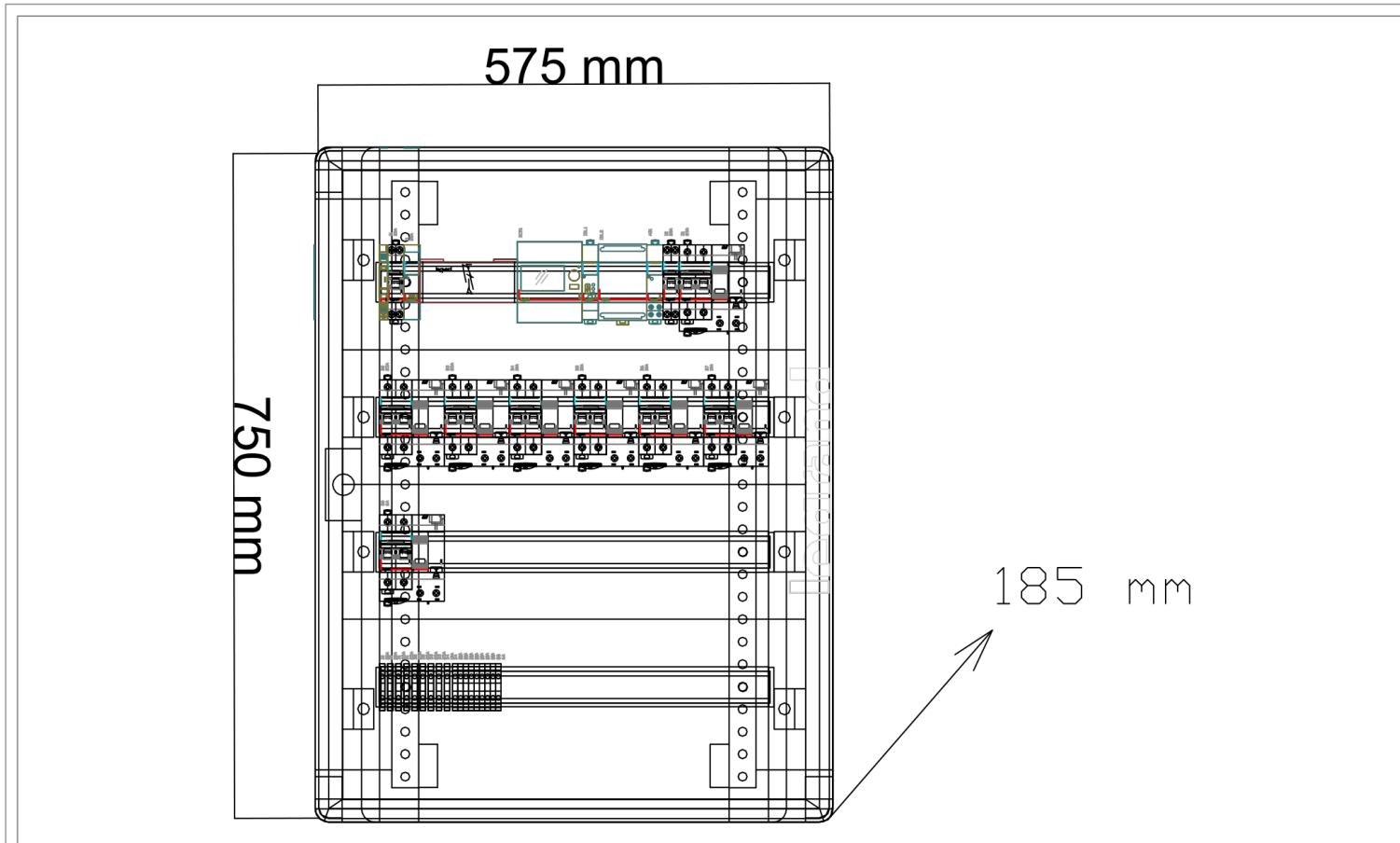
<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>	 <p>BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO</p>	<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Secundario 11</p>	<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>		<p>Fecha: 19/08/2021 Escala: - Nº plano: 88</p>



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Auxiliar de Luminarias 3</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 89</p>	



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN



<p>Proyecto: Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretilla elevadora eléctrica con autoconsumo</p>		<p>Máster Universitario en Ingeniería Industrial</p>	
<p>Plano: Plano Constructivo: Cuadro Auxiliar de Luminarias 3</p>		<p>Yeray Rodríguez Rincón</p>	
		<p>Fecha: 19/08/2021</p>	<p>Escala: -</p>
		<p>Nº plano: 90</p>	

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO III

CÁLCULOS

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021

ÍNDICE DEL ANEXO III: CÁLCULOS

1.	<i>CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN LUMÍNICA</i>	278
2.	<i>CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA</i>	281
3.	<i>CÁLCULO DE BANDEJAS</i>	306
4.	<i>CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]</i>	309
4.1	Instalación industrial	309
4.1.1	Criterio térmico	309
4.1.2	Criterio de caída de tensión	310
4.1.3	Cálculo de conductores:.....	312
4.2	Instalación fotovoltaica	325
4.2.1	Criterio térmico	326
4.2.2	Criterio de caída de tensión	326
4.2.3	Cálculo de conductores	327
5.	<i>CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO [13]</i>	334
5.1	Impedancia interna de la aparamenta eléctrica	334
5.1.1	Red de alimentación	334
5.1.2	Transformador	335
5.1.3	Conductores	336
5.1.4	Motores.....	343
5.2	Cálculo de la componente inicial simétrica I_k''	343
6.	<i>CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]</i>	357
6.1.	Protección frente a sobrecargas	357
6.2.	Protección frente a cortocircuitos	357
6.3.	Selección de interruptores automáticos	358
6.4.	Selectividad entre protecciones	370
6.5.	Selección de Interruptores Diferenciales	370
7.	<i>CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA</i>	371
7.1.	Cálculo de la corriente de cortocircuito monofásica	371
7.2.	Cálculo de Puesta a Tierra Global	373
7.3.	Cálculo de la Sección Mínima del Conductor	373
7.4.	Cálculo de tensiones de paso y de contacto admisibles	374
7.5.	Verificación del cumplimiento de la PAT	375
8.	<i>CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS</i>	377
8.1.	Procedimiento de verificación	377



8.2.	Instalación exigida	378
8.3.	Protección mediante dispositivo de cebado.....	379
9.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN: CANECO.....	380
10.	CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	382
10.1.	Previsión de condiciones de generación	382
10.2.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.....	387
10.3.	Modelización en MATLAB/SIMULINK [29]	391

1. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN LUMÍNICA

El cálculo relativo a las luminarias se ha realizado mediante el software de diseño *DIALux* [12], para la iluminación común, y mediante *DAISALUX* [30], para la iluminación de emergencia. Así pues, realizado el diseño del plano, establecidas las zonas requeridas y seleccionados los artículos a disponer dentro de los programas, se adjunta una memoria de los requerimientos lumínicos en el apartado *ILUMINACIÓN: DIALUX* del ANEXO VI, así como la ubicación de las mismas en los planos del apartado *Iluminación: Luminarias normales* correspondientes del ANEXO II.

No obstante, a modo de resumen, en la tabla adjunta se detallan los criterios que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar la iluminación de la nave, de acuerdo con los requerimientos del proceso productivo:

Tabla 36 - Cálculo: Requerimientos lumínicos

TIPO DE SALA	REQUERIMIENTOS (LX)
Almacén	150
Aseos	250
Técnicas (Mantenimiento, IFV; CGBT)	300
Comedor y Vestuarios	200
Ensamblaje	250
Pintura	250
Soldadura	250
Oficinas	500

Como se puede observar en la memoria extraída del *DIALux* [12], todas las salas cumplen los requerimientos lumínicos salvo el aseo 6, correspondiente al aseo de ensamblaje. Este hecho es así debido al error informático de colocar las luminarias a una cota diferente a la estipulada por el proyectista. En realidad, la cota lumínica de los Downlights instalados será a 3.5 m de altura y, dado que ese aseo es un espacio idéntico al aseo contiguo -que verifica los requerimientos lumínicos-, se validan las necesidades lumínicas en el mismo.

Por otro lado, y con el objeto de aunar criterios con la normativa vigente, además del cálculo realizado en el software *DAISALUX* [30], se ha realizado un cálculo manual del número mínimo de luminarias de emergencia que se deben instalar en cada una de las salas que componen la instalación industrial.

De acuerdo con el REBT ITC-BT-28 [10], toda instalación de alumbrado de emergencia debe asegurar la iluminación en locales y acceso hasta las salidas, para que una posible evacuación del personal sea satisfactoria. En este sentido, el Reglamento especifica que la luminaria de emergencia deberá ser protegida por interruptores automáticos que no superen los 10A de corriente nominal por circuito.

Por tanto, el fabricante deberá asegurar que la luminaria de seguridad provista actúe automáticamente cuando se detecte un fallo en el alumbrado general o cuando la tensión sea inferior

al 70% del valor nominal. Así pues, la instalación de alumbrado de emergencia deberá disponer de fuentes de alimentación propias que sólo podrán conectarse a la instalación cuando requieran de recarga.

Por último, y teniendo en cuenta lo que establece el Reglamento, se deberá proporcionar una iluminancia superior a 1 lux. Además, con carácter especial, todo equipo destinado a la protección contra incendio, así como los cuadros de distribución, deberán llevar un dispositivo de alumbrado de emergencia que asegure una iluminancia de 5 luxes como mínimo.

En este caso, se ha seleccionado la luminaria NOVA LD N8 como suministro de luz de emergencia, que es capaz de generar una iluminancia de 250 luxes con un consumo de 4, aproximadamente, 4 W.

Teniendo en cuenta lo comentado previamente, adjunta se muestra una tabla que ilustra los cálculos realizados para la obtención de unidades luminarias de emergencia:

Tabla 37 - Cálculo: Luminarias emergencia

Zona	Área	Unidades
Almacén de recepción	1145	12
Área de soldadura	2184	
Superficie útil de soldadura	2069	19
Área de descanso soldadura	35	1
WC soldadura	80	4
Almacenes	5753,5	58
Área de pintura	4908	
Superficie útil de pintura	4759	48
Área de descanso pintura	65	1
WC pintura	84	2
Almacén de pintura	95	1
Área de ensamblaje	4543	
Superficie útil ensamblaje	4394	44
Área de descanso ensamblaje	65	1
WC ensamblaje	84	2
Sala de recarga	389	3
Sala de climatización	408	5
Sala de mantenimiento	250	3
Sala CGBT	95	1
Sala fotovoltaica	180	2
Recepción	131	2
Salas de reuniones	153	3
Servicios I	94	2
Oficina comercial	360	4
Servicios II	108	2
Comedor	350	4
Pasillos	172	2
Vestuarios	414	4

Dirección	317	5
Servicios I	43	1
Oficina técnica	550	6
Servicios II	2x43	2
Sala de reuniones I	2x90	2
Sala de reuniones II	193	2
Hall	413	5
Total		253

Así pues, de cara al diseño de las luminarias de emergencia en la nave, se van a tener las siguientes consideraciones a seguir:

- Existirá una luminaria de emergencia próxima a cada puerta de salida y puerta de salida de emergencia.
- Existirá una luminaria de emergencia próxima a la ubicación de las escaleras.
- Existirá una luminaria de emergencia próxima a cada cambio de dirección de la envolvente del edificio.
- Existirá una luminaria de emergencia próxima a cada intersección que se dé en los pasillos.
- Existirá una luminaria de emergencia en todo equipo destinado a la protección frente a incendios
- Existirá una luminaria de emergencia próxima al ascensor.
- Existirá una luminaria de emergencia en cada uno de los cuadros auxiliares.

2. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

Para poder realizar una estimación correcta de la previsión de cargas y, por tanto, del transformador de potencia a instalar, se propone el siguiente listado de factores de utilización de cargas y simultaneidad en los cuadros eléctricos de la planta:

- Factores de utilización: Designadas en función de la aplicación, teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma ITC-BT-25. Factor aplicado a la demanda de corriente de cada una de las cargas de la instalación; esto es, a nivel de fuerza [10].
 - Cargas de uso continuado: Se considera que el factor de utilización de cargas como los hornos o los transportadores aéreos, diseñados para un tratamiento continuado del producto, será de la unidad.
 - Cargas de uso intermitente: Aquellas cargas que demanden potencia de forma intermitente; esto es, cuando haya que realizar labores en función del punto del proceso en el que se encuentre, serán designadas con un factor de utilización 0,75.
 - Alumbrado: Dado que se considera indispensable realizar el proceso productivo con el sistema de alumbrado encendido, estas cargas serán designadas con un factor de utilización unitario.
 - Tomas de corriente: Se consideran diversos factores de utilización en función de la previsión de cargas que se considere y el número de tomas por circuito.
- Factores de simultaneidad: Designadas en función del número de salidas del cuadro en cuestión. Es un factor que se aplica a la demanda de corriente a nivel de cuadro [11].
 - Factor de simultaneidad de 0,9, correspondiente a los cuadros que dispongan de 2 o 3 salidas, según la norma IEC/EN 61439-2.
 - Factor de simultaneidad de 0,8, correspondiente a los cuadros que dispongan de 4 o 5 salidas, según la norma IEC/EN 61439-2.
 - Factor de simultaneidad de 0,7, correspondiente a los cuadros que dispongan de salidas comprendidas entre 6 y 9, según la norma IEC/EN 61439-2.
 - Factor de simultaneidad de 0,6, correspondiente a los cuadros que dipongan de 10 o más salidas, según la norma IEC/EN 61439-2.
- Factor de crecimiento: Debido a la posibilidad de crecimiento o susceptibilidad de sufrir variaciones en parte del proceso productivo, se ha propuesto la aplicación de un factor de crecimiento en función del factor de simultaneidad. Es un factor que se aplica a la demanda de corriente a nivel de cuadro.
 - Factor de crecimiento de 2 en aquellos cuadros cuyas salidas sean inferiores a 5.
 - Factor de crecimiento de 1,5 en aquellos cuadros cuyo número de salidas esté comprendido entre 6 y 9.
 - Factor de crecimiento de 1,2 en aquellos cuadros cuyo número de salidas sea superior a 10.
 - Factor de crecimiento de 2 para el Cuadro General de Baja Tensión.

El desglose completo, correspondiente a los cálculos realizados para hallar la previsión de cargas, está desarrollado en la tabla adjunta. Así pues, el desarrollo empleado es el siguiente:

1. División de las cargas monofásicas para generar un sistema lo más equilibrado posible.
2. Cálculo de la corriente demandada por conductor:

$$I_{demanda} = I_{teórica} \cdot Factor_{Utilización} * Factor_{Simultaneidad} * Factor_{Crecimiento} [A] \quad (1)$$

3. Cálculo de las potencias demandadas por conductor:
 - a. Cargas monofásicas:

$$P_{monofásica} = VI_{demanda} \cdot \cos \varphi [kW] \quad (2)$$

$$Q_{monofásica} = VI_{demanda} \cdot \sen \varphi [kVAr] \quad (3)$$

$$S_{monofásica} = \sqrt{P^2 + Q^2} [kVA] \quad (4)$$

- b. Cargas trifásicas:

$$P_{trifásica} = \sqrt{3}UI_{demanda} \cdot \cos \varphi [kW] \quad (5)$$

$$Q_{trifásica} = \sqrt{3}UI_{demanda} \cdot \sen \varphi [kVAr] \quad (6)$$

$$S_{trifásica} = \sqrt{P^2 + Q^2} [kVA] \quad (7)$$

4. Obtención de la máxima demanda monofásica por cuadro, sumando toda la demanda de corriente por fase.
5. Cálculo de la corriente demandada por cuadro:

$$I_{cuadro} = \sum I_{trifásica} + I_{monofásica}^{fase\ mayor\ demanda} \quad (8)$$

6. Obtención del factor de potencia por cuadro:

$$FP_{cuadro} = \frac{\sum P_{trifásica} + 3P_{monofásica}^{fase\ mayor\ demanda}}{\sum S_{trifásica} + S_{monofásica}^{fase\ mayor\ demanda}} \quad (9)$$

7. Obtención de la demanda de potencia del cuadro (tensión compuesta):

$$P_{cuadro} = \sqrt{3}UI_{cuadro} \cdot FP_{cuadro} [kW] \quad (10)$$

$$Q_{cuadro} = \sqrt{3}UI_{cuadro} \cdot FP_{cuadro} [kVAr] \quad (11)$$

$$S_{cuadro} = \sqrt{P^2 + Q^2} [kVA] \quad (12)$$



Como se puede observar, para realizar el cálculo de las potencias se ha tenido en cuenta el factor de potencia de cada una de las cargas de la instalación. Dado no se ha encontrado información alguna acerca de las cargas continuas de la instalación en los catálogos correspondientes, se ha considerado que el factor de potencia en dichas cargas es de 0,9. Por último, hay que destacar que se ha considerado que las cargas relativas al alumbrado tendrán un factor de potencia de 0,95 y las tomas de corriente 0,8.



Tabla 38 - Cálculo: Previsión de cargas

CGBT													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
1	CS1	1	Trifásica	4,17	0,95	1,00	4,17	0,60	2,00	5,01	3,30	1,08	3,47
2	CS2	1	Trifásica	192,10	0,90	1,00	192,10	0,60	2,00	230,52	143,10	70,92	159,71
3	CS3	1	Trifásica	211,71	0,89	1,00	211,71	0,60	2,00	254,05	157,21	79,14	176,01
4	CS4	1	Trifásica	119,77	0,90	1,00	119,77	0,60	2,00	143,73	89,90	42,83	99,58
5	CS5	1	Trifásica	49,13	0,92	1,00	49,13	0,60	2,00	58,95	37,50	16,18	40,84
6	CS6	1	Trifásica	14,51	0,85	1,00	14,51	0,60	2,00	17,42	10,27	6,33	12,07
7	CS7	1	Trifásica	104,66	0,90	1,00	104,66	0,60	2,00	125,59	78,00	38,57	87,01
8	CS8	1	Trifásica	173,76	0,84	1,00	173,76	0,60	2,00	208,51	121,18	78,64	144,46
9	CS9	1	Trifásica	93,80	0,82	1,00	93,80	0,60	2,00	112,56	64,06	44,48	77,99
10	CS10	1	Trifásica	218,83	0,90	1,00	218,83	0,60	2,00	262,60	164,02	78,71	181,93
11	CS11	1	Trifásica	120,73	0,87	1,00	120,73	0,60	2,00	144,87	87,67	48,87	100,37
12	Horno polimerizado	1	Trifásica	129,90	0,90	1,00	129,90	0,60	2,00	155,88	97,20	47,07	108,00
13	Refrigerador	1	Trifásica	303,11	0,90	0,75	227,33	0,60	2,00	272,80	170,10	82,38	189,00
Cuadro Secundario 1													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
14	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,80	2,00	0,33	0,22	0,07	0,23
15	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (R)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,80	2,00	3,84	2,52	0,83	2,65



16	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (S)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,80	2,00	3,84			
17	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (T)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,80	2,00	3,84			
Cuadro Secundario 2													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
18	Línea bastidor 1	1	Trifásica	91,78	0,90	1,00	91,78	0,60	1,20	66,08	41,21	19,96	45,78
19	Línea bastidor 2	1	Trifásica	93,15	0,90	1,00	93,15	0,60	1,20	67,07	41,82	20,25	46,47
20	Línea cabina	1	Trifásica	58,45	0,90	1,00	58,45	0,60	1,20	42,08	26,24	12,71	29,16
21	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	19	Monofásica (R)	3,80	0,95	1,00	3,80	0,60	1,20	2,74			
22	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (S)	4,00	0,95	1,00	4,00	0,60	1,20	2,88	1,89	0,62	1,99
23	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	21	Monofásica (T)	4,20	0,95	1,00	4,20	0,60	1,20	3,02			
24	Luminaria Philips DN145B PSU D218	11	Monofásica (R)	1,00	0,95	1,00	1,00	0,60	1,20	0,72			
25	Luminaria NOVA LD N8	13	Monofásica (S)	0,23	0,95	1,00	0,23	0,60	1,20	0,16	0,11	0,04	0,11



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

26	Tomas de corriente I	7	Monofásica (S)	112,00	0,80	0,11	12,80	0,60	1,20	9,22	5,09	3,82	6,36
27	Tomas de corriente II	9	Monofásica (T)	144,00	0,80	0,09	12,80	0,60	1,20	9,22			
28	Tomas de corriente III	10	Monofásica (R)	160,00	0,80	0,08	12,80	0,60	1,20	9,22			
29	Cargador elevador	1	Monofásica (S)	16,00	0,90	0,40	6,40	0,60	1,20	4,61	2,86	1,39	3,18

Cuadro Terciario 1: Bastidor 1

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
30	Punzonadora	1	Trifásica	7,94	0,90	0,75	5,96	0,70	1,50	6,25	3,90	1,89	4,33
31	Dobladora	1	Trifásica	7,94	0,90	0,75	5,96	0,70	1,50	6,25	3,90	1,89	4,33
32	Polipasto I	1	Trifásica	2,74	0,90	0,75	2,06	0,70	1,50	2,16	1,35	0,65	1,49
33	Polipasto II	1	Trifásica	4,69	0,90	0,75	3,52	0,70	1,50	3,69	2,30	1,12	2,56
34	Robot soldador	3	Trifásica	3,24	0,90	0,75	2,43	0,70	1,50	2,55	1,59	0,77	1,77
35	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
36	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
37	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37

Cuadro Terciario 2: Bastidor 2

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
38	Punzonadora	1	Trifásica	7,94	0,90	0,75	5,96	0,70	1,50	6,25	3,90	1,89	4,33
39	Dobladora	1	Trifásica	7,94	0,90	0,75	5,96	0,70	1,50	6,25	3,90	1,89	4,33
40	Polipasto I	2	Trifásica	5,48	0,90	0,75	4,11	0,70	1,50	4,32	2,69	1,30	2,99
41	Robot soldador	2	Trifásica	2,16	0,90	0,75	1,62	0,70	1,50	1,70	1,06	0,51	1,18
42	Extractor	3	Trifásica	4,77	0,90	0,75	3,58	0,70	1,50	3,76	2,34	1,13	2,60
43	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37



44	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
45	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37

Cuadro Terciario 3: Cabina

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
46	Posicionador	1	Trifásica	2,89	0,90	0,75	2,17	0,70	1,50	2,28	1,42	0,69	1,58
47	Robot soldadura	1	Trifásica	1,08	0,90	0,75	0,81	0,70	1,50	0,85	0,53	0,26	0,59
48	Polipasto	2	Trifásica	5,48	0,90	0,75	4,11	0,70	1,50	4,32	2,69	1,30	2,99
49	Extractor	1	Trifásica	1,59	0,90	0,75	1,19	0,70	1,50	1,25	0,78	0,38	0,87
50	Extractor	2	Trifásica	3,18	0,90	0,75	2,39	0,70	1,50	2,50	1,56	0,76	1,73
51	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
52	Soldador	2	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37

Cuadro Secundario 3

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
53	Línea mástil 1	1	Trifásica	128,06	0,90	1,00	128,06	0,60	1,20	92,20	57,49	27,84	63,88
54	Línea mástil 2	1	Trifásica	128,06	0,90	1,00	128,06	0,60	1,20	92,20	57,49	27,84	63,88
55	Cortadora láser	1	Trifásica	5,77	1,00	0,75	4,33	0,60	1,20	3,12	2,16	0,00	2,16
56	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	1,00	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15			
57	Luminaria Philips DN145B PSU D218	11	Monofásica (S)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	1,20	0,72			

58	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	19	Monofásica (R)	3,80	1,00	1,00	3,80	0,60	1,20	2,74			
59	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (S)	3,60	1,00	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
60	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (T)	4,00	1,00	1,00	4,00	0,60	1,20	2,88	1,99	0,00	1,99
61	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	4	Monofásica (T)	0,80	1,00	1,00	0,80	0,60	1,20	0,58	0,40	0,00	0,40
62	Tomas de corriente I	7	Monofásica (R)	112,00	0,80	0,26	28,80	0,60	1,20	20,74			
63	Tomas de corriente II	7	Monofásica (S)	112,00	0,80	0,26	28,80	0,60	1,20	20,74			
64	Tomas de corriente III	8	Monofásica (T)	128,00	0,80	0,23	28,80	0,60	1,20	20,74	11,45	8,62	14,33

Cuadro Terciario 4: Mástil 1

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
65	Centro de mecanizado	1	Trifásica	86,60	0,90	0,75	64,95	0,70	1,50	68,20	42,52	20,60	47,25
66	Extractor	1	Trifásica	1,59	0,90	0,75	1,19	0,70	1,50	1,25	0,78	0,38	0,87
67	Robot mecanizado	1	Trifásica	6,78	0,90	0,75	5,09	0,70	1,50	5,34	3,33	1,61	3,70
68	Polipasto	2	Trifásica	5,48	0,90	0,75	4,11	0,70	1,50	4,32	2,69	1,30	2,99



69	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
70	Soldador	1	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
71	Robot soldadura	2	Trifásica	2,16	0,90	0,75	1,62	0,70	1,50	1,70	1,06	0,51	1,18

Cuadro Terciario 5: Mástil 2

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
72	Extractor	1	Trifásica	1,59	0,90	0,75	1,19	0,70	1,50	1,25	0,78	0,38	0,87
73	Robot mecanizado	1	Trifásica	6,78	0,90	0,75	5,09	0,70	1,50	5,34	3,33	1,61	3,70
74	Centro de mecanizado	1	Trifásica	86,60	0,90	0,75	64,95	0,70	1,50	68,20	42,52	20,60	47,25
75	Robot soldadura	2	Trifásica	2,16	0,90	0,75	1,62	0,70	1,50	1,70	1,06	0,51	1,18
76	Soldador	2	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
77	Soldador	2	Trifásica	30,00	0,90	0,75	22,50	0,70	1,50	23,63	14,73	7,13	16,37
78	Polipasto	2	Trifásica	5,48	0,90	0,75	4,11	0,70	1,50	4,32	2,69	1,30	2,99

Cuadro Secundario 4

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
79	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (R)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,70	1,50	3,15			
80	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	22	Monofásica (S)	4,40	0,95	1,00	4,40	0,70	1,50	4,62	3,03	1,00	3,19



81	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	21	Monofásica (T)	4,20	0,95	1,00	4,20	0,70	1,50	4,41			
82	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	9	Monofásica (R)	1,80	0,95	1,00	1,80	0,70	1,50	1,89			
83	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	9	Monofásica (S)	1,80	0,95	1,00	1,80	0,70	1,50	1,89	1,24	0,41	1,30
84	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	9	Monofásica (T)	1,80	0,95	1,00	1,80	0,70	1,50	1,89			
85	Luminaria NOVA LD N8	11	Monofásica (S)	0,19	0,95	1,00	0,19	0,70	1,50	0,20	0,13	0,04	0,14
86	Cargador carretilla I	6	Trifásica	164,40	0,90	0,40	65,76	0,70	1,50	69,05	43,05	20,85	47,84
87	Cargador carretilla VIII	8	Trifásica	104,80	0,90	0,40	41,92	0,70	1,50	44,02	27,45	13,29	30,50

Cuadro Secundario 5													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
88	Luminaria NOVA LD N8	9	Monofásica (R)	0,16	0,95	1,00	0,16	0,70	1,50	0,16			
89	Luminaria NOVA LD N8	9	Monofásica (T)	0,16	0,95	1,00	0,16	0,70	1,50	0,16	0,11	0,04	0,11
90	Bomba de calor	1	Trifásica	37,96	0,90	0,75	28,47	0,70	1,50	29,89	18,64	9,03	20,71



91	Toma de corriente (R)	6	Monofásica (R)	96,00	0,95	0,20	19,20	0,70	1,20	16,13			
92	Toma de corriente (S)	6	Monofásica (S)	96,00	0,95	0,20	19,20	0,70	1,20	16,13			
93	Toma de corriente (T)	6	Monofásica (T)	96,00	0,95	0,20	19,20	0,70	1,20	16,13	10,57	3,49	11,13
94	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	21	Monofásica (R)	4,20	0,95	1,00	4,20	0,70	1,00	2,94			
95	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	21	Monofásica (S)	4,20	0,95	1,00	4,20	0,70	1,00	2,94			
96	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	21	Monofásica (T)	4,20	0,95	1,00	4,20	0,70	1,00	2,94	0,64	0,21	0,68

Cuadro Secundario 6													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
97	Luminaria Philips BRP102 LED110/740 II DM	6	Monofásica (R)	2,17	0,95	1,00	2,17	0,60	1,20	1,56			
98	Luminaria Philips BRP102 LED110/740 II DM	6	Monofásica (S)	2,17	0,95	1,00	2,17	0,60	1,20	1,56			



99	Luminaria Philips BRP102 LED110/740 II DM	6	Monofásica (T)	2,17	0,95	1,00	2,17	0,60	1,20	1,56	1,02	0,34	1,08
100	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15			
101	Luminaria NOVA LD N8	11	Monofásica (S)	0,19	0,95	1,00	0,19	0,60	1,20	0,14			
102	Luminaria NOVA LD N8	11	Monofásica (T)	0,19	0,95	1,00	0,19	0,60	1,20	0,14	0,03	0,01	0,03
103	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Luminarias Fotovoltaica (S)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
104	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	9	Luminarias CGBT (T)	1,80	0,95	1,00	1,80	0,60	1,20	1,30	0,28	0,09	0,30
105	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	19	Luminarias (R)	3,80	0,95	1,00	3,80	0,60	1,20	2,74			
106	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	22	Luminarias (S)	4,40	0,95	1,00	4,40	0,60	1,20	3,17			
107	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	26	Luminarias (T)	5,20	0,95	1,00	5,20	0,60	1,20	3,74	0,82	0,27	0,86



108	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Luminarias (R)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,60	1,20	1,73			
109	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	6	Luminarias Mantenimiento - R-	1,20	0,95	1,00	1,20	0,60	1,20	0,86			
110	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	6	Luminarias Mantenimiento - S-	1,20	0,95	1,00	1,20	0,60	1,20	0,86			
111	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	6	Luminarias Mantenimiento - T-	1,20	0,95	1,00	1,20	0,60	1,20	0,86	0,19	0,06	0,20
112	Toma de corriente I	12	Monofásica (R)	192,00	0,80	0,05	9,60	0,60	1,20	6,91			
113	Toma de corriente II	11	Monofásica (S)	176,00	0,80	0,05	9,60	0,60	1,20	6,91			
114	Toma de corriente III	12	Monofásica (T)	192,00	0,80	0,05	9,60	0,60	1,20	6,91	3,82	2,86	4,77
Cuadro Secundario 7													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
115	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15			
116	Luminaria NOVA LD N8	13	Monofásica (S)	0,23	0,95	1,00	0,23	0,60	1,20	0,16	0,11	0,04	0,11
117	Granalladora I	1	Trifásica	64,95	0,90	0,75	48,71	0,60	1,20	35,07	21,87	10,59	24,30
118	Granalladora II	1	Trifásica	64,95	0,90	0,75	48,71	0,60	1,20	35,07	21,87	10,59	24,30



119	Power and Free Conveyor	1	Trifásica	10,83	0,90	1,00	10,83	0,60	1,20	7,80	4,86	2,35	5,40
120	Polipasto	2	Trifásica	9,38	0,90	0,75	7,04	0,60	1,20	5,07	3,16	1,53	3,51
121	Toma de corriente I	5	Monofásica (R)	80,00	0,80	0,08	6,40	0,60	1,20	4,61			
122	Toma de corriente III	5	Monofásica (S)	80,00	0,80	0,08	6,40	0,60	1,20	4,61	2,54	1,91	3,18
123	Toma de corriente III	5	Monofásica (T)	80,00	0,80	0,08	6,40	0,60	1,20	4,61			
124	Ventilador	2	Trifásica	21,66	0,90	0,75	16,25	0,60	1,20	11,70	7,29	3,53	8,10
125	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (R)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
126	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (S)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59	0,57	0,19	0,60
127	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (T)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
128	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (R)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
129	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (S)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59	0,57	0,19	0,60



130	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	18	Monofásica (T)	3,60	0,95	1,00	3,60	0,60	1,20	2,59			
-----	--------------------------------------	----	----------------	------	------	------	------	------	------	------	--	--	--

Cuadro Secundario 8

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
131	Línea carretilla I	1	Trifásica	122,61	0,85	1,00	122,61	0,60	1,20	88,28	51,90	32,36	61,16
132	Línea mástil	1	Trifásica	75,14	0,82	1,00	75,14	0,60	1,20	54,10	30,82	21,33	37,48
133	CAL1	1	Trifásica	11,39	0,95	1,00	11,39	0,60	1,20	8,20	5,40	1,77	5,68
134	Luminaria NOVA LD N8	11	Monofásica (S)	0,19	0,95	1,00	0,19	0,60	1,20	0,14	0,09	0,03	0,10
135	Luminaria NOVA LD N8	8	Monofásica (R)	0,14	0,95	1,00	0,14	0,60	1,20	0,10			
136	Luminaria NOVA LD N8	10	Monofásica (T)	0,17	0,95	1,00	0,17	0,60	1,20	0,13			
137	Toma de corriente I	8	Monofásica (R)	128,00	0,80	0,25	32,00	0,60	1,20	23,04			
138	Toma de corriente II	12	Monofásica (S)	192,00	0,80	0,17	32,00	0,60	1,20	23,04	12,72	9,54	15,90
139	Toma de corriente III	6	Monofásica (T)	96,00	0,80	0,15	14,77	0,60	1,20	10,63			
140	Toma de corriente III	6	Monofásica (T)	96,00	0,80	0,15	14,77	0,60	1,20	10,63			



Cuadro Terciario 6: Línea Carretilla													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
141	Inverted Power and Free conveyor	1	Trifásica	7,94	0,90	1,00	7,94	0,70	1,50	8,34	5,20	2,52	5,78
142	Frenómetro	1	Trifásica	15,88	0,90	0,75	11,91	0,70	1,50	12,51	7,80	3,78	8,66
143	Grúa puente	1	Trifásica	11,55	0,90	0,75	8,66	0,70	1,50	9,10	5,67	2,75	6,30
144	Polipasto I	6	Trifásica	9,54	0,90	0,75	7,16	0,70	1,50	7,51	4,68	2,27	5,20
145	Polipasto II	6	Trifásica	28,14	0,90	0,75	21,11	0,70	1,50	22,16	13,82	6,69	15,35
146	Tomas de corriente 25A	6	Trifásica	150,00	0,80	0,20	30,00	0,70	1,50	31,50	17,46	13,09	21,82
147	Tomas de corriente 25A	6	Trifásica	150,00	0,80	0,20	30,00	0,70	1,50	31,50	17,46	13,09	21,82

Cuadro Terciario 7: Línea Mástil													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
148	Polipasto	1	Trifásica	1,59	0,95	0,75	1,19	0,80	2,00	1,91	1,26	0,41	1,32
149	Inverted Power and Free conveyor	1	Trifásico	5,77	0,95	1,00	5,77	0,80	2,00	9,23	6,08	2,00	6,40
150	Toma de corriente 25A	4	Trifásica	100,00	0,80	0,20	20,00	0,80	2,00	32,00	17,74	13,30	22,17
151	Toma de corriente 25A	4	Trifásica	100,00	0,80	0,20	20,00	0,80	2,00	32,00	17,74	13,30	22,17



Cuadro Auxiliar Luminarias 1

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
152	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	25	Monofásica (R)	5,00	0,95	1,00	5,00	0,70	1,50	5,25			
153	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	24	Monofásica (S)	4,80	0,95	1,00	4,80	0,70	1,50	5,04			
154	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (T)	4,00	0,95	1,00	4,00	0,70	1,50	4,20	2,75	0,30	2,77
155	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (R)	4,00	0,95	1,00	4,00	0,70	1,50	4,20			
156	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (S)	4,00	0,95	1,00	4,00	0,70	1,50	4,20			
157	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	26	Monofásica (T)	5,20	0,95	1,00	5,20	0,70	1,50	5,46	3,58	0,39	3,60
158	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	6	Monofásica (R)	1,20	0,95	1,00	1,20	0,70	1,50	1,26			
159	Luminaria Philips DN145B PSU D218	18	Monofásica (T)	1,64	0,95	1,00	1,64	0,70	1,50	1,73	1,13	0,12	1,14



Cuadro Secundario 9

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
160	Línea Oficinas PB I	1	Trifásica	28,32	0,83	1,00	28,32	0,60	1,20	20,39	11,77	7,82	14,13
161	Línea Oficinas P1 I	1	Trifásica	63,04	0,81	1,00	63,04	0,60	1,20	45,39	25,62	18,23	31,45
162	Luminaria NOVA LD N8	7	Monofásica (T)	0,12	0,95	1,00	0,12	0,60	1,20	0,09	0,06	0,02	0,06
163	Luminaria NOVA LD N8	7	Monofásica (S)	0,12	0,95	1,00	0,12	0,60	1,20	0,09			
164	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (R)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16			
165	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (S)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16			
166	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (T)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16	1,42	0,47	1,49
167	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (R)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16			
168	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (S)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16			



169	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	15	Monofásica (T)	3,00	0,95	1,00	3,00	0,60	1,20	2,16	1,42	0,47	1,49
170	Toma de corriente 25 A	4	Trifásica	100,00	0,80	0,20	20,00	0,60	1,20	14,40	7,95	5,96	9,94
171	Toma de corriente I	6	Monofásica (R)	96,00	0,80	0,13	12,80	0,60	1,20	9,22			
172	Toma de corriente III	5	Monofásica (S)	80,00	0,80	0,16	12,80	0,60	1,20	9,22			
173	Toma de corriente III	5	Monofásica (T)	80,00	0,80	0,16	12,80	0,60	1,20	9,22	5,09	3,82	6,36

Cuadro Terciario 8: Línea Oficinas I - PB I

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
174	Luminaria NOVA LD N8	9	Monofásica (T)	0,16	0,95	1,00	0,16	0,60	1,20	0,11			
175	Luminaria NOVA LD N8	9	Monofásica (S)	0,16	0,95	1,00	0,16	0,60	1,20	0,11			
176	Comedor	16	Monofásica (R)	3,20	0,95	1,00	3,20	0,60	1,20	2,30	1,51	0,50	1,59
177	Hall reuniones	9	Monofásica (S)	1,21	0,95	1,00	1,21	0,60	1,20	0,87			
178	WC comedor	18	Monofásica (R)	1,64	0,95	1,00	1,64	0,60	1,20	1,18	0,78	0,25	0,82
179	WC reuniones	18	Monofásica (T)	1,64	0,95	1,00	1,64	0,60	1,20	1,18			
180	Oficina Comercial	16	Monofásica (T)	2,16	0,95	1,00	2,16	0,60	1,20	1,55			
181	Oficina Comercial	16	Monofásica (S)	2,16	0,95	1,00	2,16	0,60	1,20	1,55			



182	Oficina Comercial	16	Monofásica (R)	2,16	0,95	1,00	2,16	0,60	1,20	1,55	1,02	0,33	1,07
183	Recepción	15	Monofásica (S)	2,02	0,95	1,00	2,02	0,60	1,20	1,46			
184	Salas de reuniones	12	Monofásica (T)	1,62	0,95	1,00	1,62	0,60	1,20	1,16			
185	Salas de reuniones	12	Monofásica (S)	1,62	0,95	1,00	1,62	0,60	1,20	1,16			
186	Salas de reuniones	12	Monofásica (R)	1,62	0,95	1,00	1,62	0,60	1,20	1,16	0,76	0,25	0,80
187	Toma de corriente II	32	Monofásica (R)	512,00	0,80	0,06	30,72	0,60	1,20	22,12	12,21	9,16	15,26
188	Toma de corriente II	14	Monofásica (S)	224,00	0,80	0,14	30,72	0,60	1,20	22,12			
189	Toma de corriente III	17	Monofásica (T)	272,00	0,80	0,113	30,72	0,60	1,20	22,12			

Cuadro Terciario 9: Línea Oficinas 2 - P1 I

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
190	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15			
191	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (S)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15			
192	Hall Oficina Técnica	15	Monofásica (T)	2,02	0,95	1,00	2,02	0,60	1,20	1,46	0,95	0,31	1,00
193	Hall Oficina Técnica	14	Monofásica (R)	1,89	0,95	1,00	1,89	0,60	1,20	1,36			
194	Hall Dirección	10	Monofásica (S)	2,30	0,95	1,00	2,30	0,60	1,20	1,66			



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

195	WC Dirección	9	Monofásica (T)	1,53	0,95	1,00	1,53	0,60	1,20	1,10	0,72	0,24	0,76
196	WC Oficina Técnica	16	Monofásica (R)	2,72	0,95	1,00	2,72	0,60	1,20	1,96			
197	Oficina técnica	30	Monofásica (S)	4,04	0,95	1,00	4,04	0,60	1,20	2,91			
198	Oficina técnica	30	Monofásica (R)	4,04	0,95	1,00	4,04	0,60	1,20	2,91			
199	Oficina técnica	30	Monofásica (T)	4,04	0,95	1,00	4,04	0,60	1,20	2,91	1,91	0,63	2,01
200	Despachos Dirección	8	Monofásica (R)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,60	1,20	0,78			
201	Despachos Dirección	8	Monofásica (S)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,60	1,20	0,78			
202	Despachos Dirección	8	Monofásica (T)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,60	1,20	0,78	0,51	0,17	0,54
203	Despachos Dirección	8	Monofásica (S)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,60	1,20	0,78			
204	Despachos Dirección	8	Monofásica (S)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,60	1,20	0,78			
205	Toma de corriente I	64	Monofásica (S)	1024,00	0,80	0,06	58,16	0,60	1,20	41,88			
206	Toma de corriente II	64	Monofásica (R)	1024,00	0,80	0,06	58,16	0,60	1,20	41,88			
207	Toma de corriente III	20	Monofásica (T)	320,00	0,80	0,18	58,08	0,60	1,20	41,82	23,08	17,31	28,85
208	Toma de corriente I	4	Monofásica (S)	64,00	0,80	0,25	16,00	0,60	1,20	11,52			
209	Toma de corriente II	4	Monofásica (R)	64,00	0,80	0,25	16,00	0,60	1,20	11,52			



210	Toma de corriente III	13	Monofásica (T)	208,00	0,80	0,10	20,80	0,60	1,20	14,98	8,27	6,20	10,33
-----	-----------------------	----	----------------	--------	------	------	-------	------	------	-------	------	------	-------

Cuadro Secundario 10													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
211	CAL2	1	Trifásica	6,51	0,95	1,00	6,51	0,70	1,50	6,84	4,50	1,48	4,74
212	Desengrasado	1	Trifásica	43,30	0,90	0,75	32,48	0,70	1,50	34,10	21,26	10,30	23,62
213	Lavado	1	Trifásica	21,65	0,90	0,75	16,24	0,70	1,50	17,05	10,63	5,15	11,81
214	Fosfatado	1	Trifásica	21,65	0,90	0,75	16,24	0,70	1,50	17,05	10,63	5,15	11,81
215	Lavado	1	Trifásica	43,30	0,90	0,75	32,48	0,70	1,50	34,10	21,26	10,30	23,62
216	Inmersión cataforesis	1	Trifásica	43,30	0,90	0,75	32,48	0,70	1,50	34,10	21,26	10,30	23,62
217	Horno	1	Trifásica	43,30	0,90	0,75	32,48	0,70	1,50	34,10	21,26	10,30	23,62
218	Polipasto	2	Trifásica	9,38	0,90	0,75	7,04	0,70	1,50	7,39	4,61	2,23	5,12
219	Ventiladores	4	Trifásica	43,32	0,90	0,75	32,49	0,70	1,50	34,11	21,27	10,30	23,64

Cuadro Auxiliar Luminarias 2													
N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kV]	Q [kVAr]	S [kVA]
220	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (R)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,70	1,50	2,52			
221	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	17	Monofásica (S)	3,40	0,95	1,00	3,40	0,70	1,50	3,57	0,78	0,26	0,82
222	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	16	Monofásica (T)	3,20	0,95	1,00	3,20	0,70	1,50	3,36			



223	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	16	Monofásica (R)	3,20	0,95	1,00	3,20	0,70	1,50	3,36			
224	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	14	Monofásica (S)	2,80	0,95	1,00	2,80	0,70	1,50	2,94	0,64	0,21	0,68
225	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (T)	2,40	0,95	1,00	2,40	0,70	1,50	2,52			
226	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (T)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,70	1,50	0,22			

Cuadro Secundario 11

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
227	CAL3	1	Trifásica	10,71	0,95	1,00	10,71	0,60	1,20	7,71	5,07	1,67	5,34
228	Línea Oficinas III	1	Trifásica	24,41	0,83	1,00	24,41	0,60	1,20	17,57	10,06	6,86	12,17
229	Luminaria NOVA LD N8	9	Monofásica (S)	0,16	0,95	1,00	0,16	0,60	1,20	0,11			
230	Luminaria NOVA LD N8	12	Monofásica (R)	0,21	0,95	1,00	0,21	0,60	1,20	0,15	0,10	0,03	0,10
231	Power and Free Conveyor	1	Trifásica	15,88	0,90	1,00	15,88	0,60	1,20	11,43	7,13	3,45	7,92
232	Lavado ultrafiltrado	1	Trifásica	21,65	0,90	0,75	16,24	0,60	1,20	11,69	7,29	3,53	8,10
233	Toma de corriente I	12	Monofásica (S)	192,00	0,80	0,17	32,00	0,60	1,20	23,04			



234	Toma de corriente III	12	Monofásica (R)	192,00	0,80	0,17	32,00	0,60	1,20	23,04	12,72	9,54	15,90
235	Toma de corriente III	12	Monofásica (T)	192,00	0,80	0,17	32,00	0,60	1,20	23,04			
236	Robots pintado	2	Trifásica	4,34	0,90	0,75	3,26	0,60	1,20	2,34	1,46	0,71	1,62
237	Ventiladores	6	Trifásica	64,98	0,90	1,00	64,98	0,60	1,20	46,79	29,17	14,13	32,41

Cuadro Auxiliar Luminarias 3

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
238	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	14	Monofásica (R)	3,22	0,95	1,00	3,22	0,70	1,50	3,38	2,22	0,73	2,33
239	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	16	Monofásica (S)	3,68	0,95	1,00	4,14	0,70	1,50	2,98			
240	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	20	Monofásica (T)	4,60	0,95	1,00	4,60	0,70	1,50	4,83			
241	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	6	Monofásica (R)	1,38	0,95	1,00	4,14	0,70	1,50	2,98			
242	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (T)	2,76	0,95	1,00	4,14	0,70	1,50	2,98			
243	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	12	Monofásica (S)	2,76	0,95	1,00	2,76	0,70	1,50	2,90			



244	Luminaria Philips WT120 G2 PSU L1500	4	Monofásica (S)	0,92	0,95	1,00	0,92	0,70	1,50	0,97			
-----	--------------------------------------	---	----------------	------	------	------	------	------	------	------	--	--	--

245	Luminaria Philips DN145B PSU D218	18	Monofásica (R)	4,14	0,95	1,00	4,14	0,70	1,50	4,35	2,85	0,94	3,00
-----	-----------------------------------	----	----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Cuadro Terciario 10: Línea Oficinas 3

N	Nombre	Unit	Alimentación	I [A]	FP	FU	I [A]	FS	FC	I [A]	P [kW]	Q [kVAr]	S [kVA]
246	Luminaria NOVA LD N8	5	Monofásica (R)	0,09	0,95	1,00	0,09	0,70	1,50	0,09			
247	Hall Reuniones	8	Monofásica (S)	1,08	0,95	1,00	1,08	0,70	1,50	1,13			
248	Luminaria Sala Reuniones II	30	Monofásica (T)	4,04	0,95	1,00	4,04	0,70	1,50	4,25	2,78	0,91	2,93
249	Luminaria Salas Reuniones I	16	Monofásica (R)	2,16	0,95	1,00	2,16	0,70	1,50	2,26			
250	Luminaria Salas Reuniones I	16	Monofásica (S)	2,16	0,95	1,00	2,16	0,70	1,50	2,26			
251	Toma de corriente I	5	Monofásica (S)	80,00	0,80	0,24	19,20	0,70	1,50	20,16			
252	Toma de corriente II	8	Monofásica (R)	128,00	0,80	0,15	19,20	0,70	1,50	20,16			
253	Toma de corriente III	5	Monofásica (T)	80,00	0,80	0,24	19,20	0,70	1,50	20,16	11,13	8,35	13,91

3. CÁLCULO DE BANDEJAS

Para el dimensionado de las canalizaciones de baja tensión se han tenido en cuenta sus dos usos principales: por un lado, servirán como soporte para los conductores instalados y, por otro lado, servirán como sustento de las luminarias estancas de la zona de la nave industrial, que estarán sujetas en la parte inferior de las canalizaciones destinadas a tal efecto.

Así pues, y teniendo en cuenta las consideraciones de los fabricantes de conductores y de canalizaciones, se han tenido en cuenta las siguientes especificaciones de conductores eléctricos Prysmian [41-C] y canalizaciones Rejiband PEMSA [43-C]:

Tabla 39 - Datos conductores eléctricos [41-C]

IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO	PESO [KG/M]	MM2 UNITARIOS
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 5X2.5	12,30	0,23	211,81
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 5X4	13,40	0,30	251,38
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 5X6	14,70	0,39	302,53
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 5X10	17,50	0,59	428,75
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X2.5	13,30	0,27	247,65
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X4	14,50	0,35	294,35
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X6	16,00	0,47	358,40
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X10	19,00	0,71	505,40
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X16	22,20	1,03	689,98
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X25	26,60	1,53	990,58
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X35	31,40	2,17	1.380,34
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X50	35,20	2,97	1.734,66
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 4X70	17,30	0,78	419,01
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 1X95	19,20	1,00	516,10
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 1X120	21,30	1,24	635,17
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 1X150	23,40	1,53	766,58
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 1X185	25,60	1,83	917,50
CON CUBIERTA 06/1 KV (RZ1-K) 1X240	28,60	2,38	1.145,14

Tabla 40 - Datos Canalizaciones eléctricas [43-C]

CANALIZACIONES	CAPACIDAD [MM2 UNIT]	PESO [KG/M]
60X100	4.175,00	10,8
60X200	9.650,00	22,5
60X300	14.930,00	33,7
100X400	34.345,00	77,2
100X500	43.560,00	96,6
100X600	52.880,00	116,5

Vistas las especificaciones y teniendo en cuenta que los mm² unitarios de los conductores se han hallado a través de un factor de corrección de 1,4, el cálculo realizado se ajusta a las siguientes expresiones:



1. Cálculo de la ocupación total de los conductores, hallando la ocupación total de cada uno mediante la multiplicación del número de conductores por la superficie unitaria (mm^2).
2. Cálculo del peso unitario total de los conductores, hallando la ocupación total de cada uno mediante la multiplicación del número de conductores por el peso unitario (kg/m).
3. Cálculo de la capacidad requerida mediante la aplicación de un coeficiente de ampliación del 30% a la capacidad total calculada.
4. Búsqueda de la canalización más pequeña que cumpla con ambos criterios calculados.

Así pues, en la tabla adjunta se resumen los cálculos realizados para caracterización de las distribuciones de la instalación industrial. Cabe destacar que todas las canalizaciones utilizadas para la distribución de las tomas de fuerza y del alumbrado, que además valdrán de sustento para las luminarias estancas, serán de dimensiones 60x100.



Tabla 41 - Cálculo de bandejas

ID	CGBT	CS1	CS4	CS9	CS10	CS8	CT1	CT3	CT4	CARRETILLAS	BOMBA	CS7	CT6	CT7	CS10	CS11	CGBT	AUX
5X 2.5								6					4	5				
5X 4							6	2	10			5	4		6	5		
5X 6							6	2					10	10		10		
5X 10	2						6	4	18	4	4	16	11	4	16	12	2	
5X 16					2	3			4	4					12	4		
5X 25		4			1	2												4
5X 35		2		1	1													2
5X 50		12	2	2	6													12
5X 70		24		24														24
1X 95			8	8	18	2												
1X 120	4		4	6													4	
1X 150			6	6		6												
1X 185																		
1X 240	12																12	
CAPACIDAD	17.293	37.595	14.738	27.445	23.449	9.683	6.949	4.813	14.801	4.782	2.022	9.558	11.311	6.844	18.132	13.880	17.293	
REQUERIMIENTO	22.481	48.874	19.160	35.679	30.483	12.588	9.034	6.257	19.241	6.216	2.628	12.426	14.705	8.897	23.572	18.045	22.481	
PESO	34,98	64,80	28,03	51,40	41,48	17,31	9,17	6,08	20,42	6,96	2,84	13,13	14,96	8,84	25,82	19,07	34,98	
BANDEJA	100	100	100	100	100	60	60	60	100	60	60	60	60	60	60	100	100	35
	400	600	400	500	400	300	200	200	400	200	100	300	300	200	200	400	400	60

4. CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]

4.1 Instalación industrial

4.1.1 Criterio térmico

En primer lugar, se va a realizar el cálculo de la sección de los conductores mediante el criterio térmico, de acuerdo con lo establecido en el REBT ITC-BT-07 [10] para los cables enterrados o la norma UNE-EN 60364-5-52 [14] para los circuitos interiores. Así pues, antes de comenzar con los cálculos, se deberán buscar los factores de corrección que clasifiquen al conductor en función de las siguientes características:

- Cable enterrado, según tablas dispuestas en el REBT ITC-BT-07 [10] :
 - T6: Factor de corrección de la temperatura (referencia a 25 °C).
 - T7: Factor de corrección de la resistividad del terreno (referencia a 1 K·m/W).
 - T8: Factor de corrección de agrupación.
 - T9: Factor de corrección de profundidad (referencia a 0,7 m de profundidad).
 - Factor de corrección bajo tubo (0,9 para cables unipolares siempre y cuando la longitud sea mayor que 15 m).

Estos cables deberán estar aislados y protegidos contra la corrosión y resistencia mecánica, de 0,6/1 kV y con una sección mínima de 6 mm².

- Circuito interior, según tablas dispuestas en la norma UNE-EN 60364-5-52 [14]:
 - B52.14: Factor de corrección de la temperatura (referencia a 30°C). En este caso será unitario.
 - B52.17: Factor de corrección de agrupación.
 - B52.20: Factor de corrección de espaciamiento en bandeja para cables multipolares.
 - B52.21: Factor de corrección de espaciamiento en bandeja para cables unipolares.

Seleccionados los factores de corrección, la metodología seguida para el cálculo de las secciones mediante el criterio térmico es la siguiente:

- 1) Cálculo del factor de corrección total:

$$FC_{total} = \prod_{i=1}^n \text{Factor Corrección}_i \quad (13)$$

- 2) Cálculo de la corriente con la que entrar en las tablas del REBT:

$$I_{búsqueda} = \frac{I_{prevista}}{FC_{total}} \quad (14)$$

- 3) Elección de la sección del conductor. Para ello, se elige la sección cuya corriente tabulada es inmediatamente superior a la obtenida en el paso anterior. En caso de que ambas coincidan o sean valores muy cercanos, se escogerá la sección correspondiente al siguiente valor tabulado de corriente. En función de si es cable enterrado o circuito interior, la búsqueda se realiza en las siguientes tablas:

- a) Cable enterrado: Tabla T5 del REBT ITC-BT-07 [10].
- b) Circuito interior teniendo aislamiento XLPE, según UNE-EN 60364-5-52 [14]:
 - i) En bandeja perforada horizontal:
 - (1) Unipolares (Método G): B.52.12 col.7
 - (2) Multipolares (Método E):
 - (a) Monofásica: B.52.12 col. 2
 - (b) Trifásica: B.52.12 col. 3
 - ii) En bandeja perforada vertical:
 - (1) Unipolares (Método G): B.52.12 col.8
 - (2) Multipolares (Método E):
 - (a) Monofásica: B.52.12 col. 2
 - (b) Trifásica: B.52.12 col. 3

- 4) Cálculo de la intensidad máxima admisible del conductor. Tras la elección de la sección del conductor, se cogerá la corriente vinculada y se realizará esta última operación del criterio térmico:

$$I_{máxima admisible} = I_{tabulada} \cdot FC_{total} \quad (15)$$

En caso de que se esté calculando la sección en una línea con derivaciones, se deberá calcular tantas veces como tramos en derivación y en conjunto se tengan. Así pues, en primer lugar, se calculará la sección para el tramo en conjunto; esto es, dimensionando el conductor para la intensidad total que va a demandarse a lo largo de todos los receptores de la línea. Posteriormente, se calculará la sección para cada una de las derivaciones; esto es, dimensionando cada derivación para la intensidad parcial que se va a demandar a lo largo de los receptores de ese tramo.

4.1.2 Criterio de caída de tensión

Obtenida la sección del conductor mediante el criterio térmico, se va a realizar el cálculo que compruebe que la caída de tensión máxima por el conductor es menor que la estipulada en la normativa. Como se ha comentado previamente, en caso de que la caída de tensión total sea superior a la reglamentada, se aumentará la sección del conductor hasta que ésta esté dentro de los márgenes estipulados. Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La conductividad del cable (cobre, ρ_{Cu}) es de 0,01709 [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$].
2. El coeficiente de dilatación térmica del cable (cobre, α_{Cu}) es de 0,0039 $^{\circ}\text{C}^{-1}$.
3. La temperatura ambiente a la que esté dispuesto el conductor, θ_{amb} .
4. La temperatura máxima de servicio del material aislante, θ_{XLPE}^{max} , de 90 $^{\circ}\text{C}$.
5. El factor relativo al efecto skin y al efecto proximidad, c , que se puede asemejar a un 2% de la resistencia eléctrica del conductor en baja tensión.
6. El factor de potencia de la corriente que se transporta por el conductor.
7. Sección calculada bajo el criterio térmico.
8. La reactancia de línea, x_L , con un valor de 0,08 Ω/km .

Con todo ello, y en función del tipo de instalación que se tenga en cada caso, la caída de tensión en los conductores vendrá definida en función de las siguientes expresiones [13]:

- Sistema monofásico de línea con carga única:

$$\Delta V = 2 \cdot (c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_{t\acute{e}rmica\ 1F}} + x_L \cdot L \cdot I \cdot \sen \varphi) \quad (16)$$

- Sistema trifásico de línea carga única:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_{t\acute{e}rmica\ 3F}} + x_L \cdot L \cdot I \cdot \sen \varphi) \quad (17)$$

- Sistema monofásico de línea con cargas distribuidas:

$$\Delta V = 2 \cdot (c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (L_i \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i)}{S_{t\acute{e}rmica\ 1F}} + x_L \cdot \sum_{i=1}^n (L_i \cdot I_i \cdot \sen \varphi_i)) \quad (18)$$

- Sistema trifásico de línea con cargas distribuidas:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (L_i \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i)}{S_{t\acute{e}rmica\ 3F}} + x_L \cdot \sum_{i=1}^n (L_i \cdot I_i \cdot \sen \varphi_i)) \quad (19)$$

Donde:

$$\rho_{\theta} \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] = \rho_{Cu} \cdot \left[1 + \alpha_{Cu} \left(\theta_{amb} + (\theta_{XLPE}^{max} - \theta_{amb}) \cdot \left(\frac{I_{prevista}}{I_{maxima\ admisible}} \right)^2 - 20 \right) \right] \quad (20)$$

Cabe destacar que, en los casos en los que se tengan líneas con derivaciones, la caída de tensión calculada tendrá que haberse calculado sumando las caídas de tensiones generadas en el tramo conjunto y en el de la derivación correspondiente.

4.1.3 Cálculo de conductores:

De acuerdo con lo explicado en los puntos previos, en la tabla adjunta se recogen todos los cálculos realizados para la obtención de los conductores de la instalación.

Cabe recordar que en los tramos donde no existe riesgo de explosión ni es derivación terminal susceptible de poner en riesgo la vida de las personas y, por tanto, el esquema de neutro es el TN-C, las secciones mínimas deberán ser de 10 mm².

En algunos conductores se ha tenido que aumentar la sección o aumentar en número de circuitos para satisfacer los siguientes requerimientos:

- Aumento de la sección del conductor para poder acoplar el interruptor automático asociado.
- Aumento de la sección para que el interruptor automático asociado proteja ante toda la longitud del cable dimensionada.
- Aumento de la sección debido a que la corriente de disparo magnética era superior a la corriente de cortocircuito mínima.
- Aumento del número de circuitos para reducir la sección de los conductores y poder asociar un interruptor automático asociado.

Instalación interior



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Tabla 42 - Cálculo: Sección de conductor CT-CGBT

CT	Tipo de cable	Conductores	Tensión [V]	Iprevista [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (R)	FC (Prof)	FC (Bajo Tubo)	Ibuscada [A]	S [mm ²]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm ²]
C1 (6)	Unipolar	4	400	332,08	1,04	1,04	1	1,00	1,00	1	319,31	240	620,00	644,80	10,00	0,97	1,07	0,27	120,0

Tabla 43 - Cálculo: Sección de conductores

CGBT	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm ²]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
C2	Unipolar	400	5,01	0,79	1	0,82	0,96	6,36	50,0	192,00	151,14	145,50	0,95	0,47	0,38	25,0		
C3 (2)	Unipolar	400	115,26	0,79	1	0,82	0,96	146,42	70,0	246,00	193,65	14,11	0,90	0,81	0,47	35,0		
C4 (2)	Unipolar	400	127,02	0,69	1	0,75	0,92	184,09	150,0	399,00	275,31	61,63	0,89	2,02	0,77	95,0		
C5	Unipolar	400	143,73	0,69	1	0,75	0,92	208,30	120,0	346,00	238,74	110,10	0,90	4,98	1,51	70,0		
C6	Unipolar	400	58,95	0,67	1	0,73	0,92	87,78	95,0	298,00	200,14	82,40	0,92	1,77	0,71	50,0		
C7	Unipolar	400	17,42	0,63	1	0,73	0,86	27,74	95,0	298,00	187,08	51,75	0,85	0,32	0,35	50,0		
C8	Unipolar	400	125,59	0,67	1	0,73	0,92	187,00	95,0	298,00	200,14	121,54	0,90	5,86	1,73	50,0		
C9 (2)	Unipolar	400	104,25	0,63	1	0,73	0,86	166,06	150,0	399,00	250,49	114,35	0,84	3,07	1,03	95,0		
C10 (2)	Unipolar	400	56,28	0,63	1	0,73	0,86	89,65	95,0	298,00	187,08	139,76	0,82	2,80	0,97	50,0		
C11 (2)	Unipolar	400	131,30	0,67	1	0,73	0,92	195,50	95,0	298,00	200,14	167,11	0,90	8,48	2,39	50,0		
C12 (2)	Unipolar	400	72,44	0,63	1	0,73	0,86	115,38	120,0	346,00	217,22	204,54	0,87	4,47	1,38	70,0		
C13 (2)	Unipolar	400	97,43	0,63	1	0,73	0,86	155,18	95,0	298,00	187,08	106,00	0,90	3,88	1,24	50,0		
C14 (2)	Unipolar	400	170,50	0,69	1	0,75	0,92	247,10	95,0	298,00	205,62	175,44	0,90	12,07	3,28	50,0		
C255	Unipolar	400	198,46	0,86	1	0,88	0,98	230,13	95,0	298,00	257,00	20,00	1,00	1,49	0,64	50,0		
C256	Unipolar	400	217,37	0,67	1	0,73	0,92	281,97	95,0	298,00	200,14	18,00	1,00	1,64	0,68	50,0		

CS1	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm ²]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm ²]	S Protec [mm ²]	S Neutro [mm ²]
C15	Multipolar	230	0,60	1,00	1	1,00	1,00	0,60	2,5	36,00	36,00	62,51	0,95	0,52	0,61		2,5	2,5
C16	Multipolar	230	6,91	1,00	1	1,00	1,00	6,91	2,5	36,00	36,00	42,70	0,95	4,11	2,17		2,5	2,5
C17	Multipolar	230	6,91	1,00	1	1,00	1,00	6,91	2,5	36,00	36,00	55,93	0,95	5,38	2,73		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C18 Multipolar 230 3,84 1,00 1 1,00 1,00 3,84 2,5 36,00 36,00 68,88 0,95 3,66 1,98 2,5 2,5

CS2	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C19	Multipolar	400	66,08	0,72	1	0,77	0,93	92,28	50,0	192,00	137,49	8,80	0,90	0,38	0,56	25,0		
C20	Multipolar	400	67,07	0,72	1	0,77	0,93	93,66	50,0	192,00	137,49	13,80	0,90	1,16	0,76	16,0		
C21	Multipolar	400	42,08	0,72	1	0,77	0,93	58,77	50,0	192,00	137,49	59,80	0,90	1,60	0,87	25,0		
C22	Multipolar	230	4,92	1,00	1	1,00	1,00	4,92	2,5	36,00	36,00	33,07	0,95	2,26	1,45		2,5	2,5
C23	Multipolar	230	5,18	1,00	1	1,00	1,00	5,18	2,5	36,00	36,00	60,68	0,95	4,37	2,37		2,5	2,5
C24	Multipolar	230	5,44	1,00	1	1,00	1,00	5,44	2,5	36,00	36,00	37,15	0,95	2,81	1,69		2,5	2,5
C25	Multipolar	230	1,30	1,00	1	1,00	1,00	1,30	2,5	36,00	36,00	32,55	0,95	0,59	0,72		2,5	2,5
C26	Multipolar	230	0,29	1,00	1	1,00	1,00	0,29	2,5	36,00	36,00	61,19	0,95	0,25	0,58		2,5	2,5
C27	Unipolar	230	9,22	1,00	1	1,00	1,00	9,22	2,5	32,00	32,00	68,61	0,80	1,90	1,30	2,5		
C28	Multipolar	230	9,22	0,79	1	0,82	0,96	11,71	2,5	36,00	28,34	69,76	0,80	5,16	2,71		2,5	2,5
C29	Multipolar	230	9,22	0,79	1	0,82	0,96	11,71	2,5	36,00	28,34	66,97	0,80	8,89	4,34		2,5	2,5
C30	Multipolar	230	4,61	0,79	1	0,82	0,96	5,85	2,5	36,00	28,34	75,40	0,90	9,32	4,52		2,5	2,5

CT1	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C31	Multipolar	400	7,82	0,74	1	0,75	0,98	10,63	10,0	75,00	55,13	64,01	0,90	1,45	0,93	10,0		
C32	Multipolar	400	7,82	0,74	1	0,75	0,98	10,63	10,0	75,00	55,13	58,98	0,90	1,34	0,90	10,0		
C33	Multipolar	400	2,70	0,74	1	0,75	0,98	3,67	4,0	42,00	30,87	57,78	0,90	1,11	0,84		4,0	4,0
C34	Multipolar	400	4,62	0,74	1	0,75	0,98	6,28	4,0	42,00	30,87	23,74	0,90	0,78	0,76		4,0	4,0
C35	Multipolar	400	3,19	0,74	1	0,75	0,98	4,34	10,0	75,00	55,13	49,97	0,90	0,28	0,63	10,0		
C36	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	32,10	0,90	1,78	1,01		16,0	16,0
C37	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	43,50	0,90	2,42	1,17		16,0	16,0
C38	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	53,74	0,90	2,99	1,31		16,0	16,0



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

CT2	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C39	Multipolar	400	7,82	0,74	1	0,75	0,98	10,63	10,0	75,00	55,13	63,21	0,90	1,43	1,11	10,0		
C40	Multipolar	400	7,82	0,74	1	0,75	0,98	10,63	10,0	75,00	55,13	58,20	0,90	1,32	1,09	10,0		
C41	Multipolar	400	5,39	0,74	1	0,75	0,98	7,34	4,0	42,00	30,87	57,15	0,90	1,40	1,11		4,0	4,0
C42	Multipolar	400	2,13	0,74	1	0,75	0,98	2,89	10,0	75,00	55,13	50,60	0,90	0,23	0,81	10,0		
C43	Multipolar	400	4,70	0,74	1	0,75	0,98	6,39	4,0	42,00	30,87	54,45	0,90	0,12	0,79		4,0	4,0
C44	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	32,10	0,90	1,78	1,20		16,0	16,0
C45	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	43,50	0,90	2,42	1,36		16,0	16,0
C46	Multipolar	400	29,53	0,79	1	0,82	0,96	37,51	16,0	100,00	78,72	53,74	0,90	2,99	1,50		16,0	16,0

CT3	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C47	Multipolar	400	2,84	0,79	1	0,82	0,96	3,61	2,5	32,00	25,19	23,18	0,90	0,19	0,92	2,5		
C48	Multipolar	400	1,06	0,79	1	0,82	0,96	1,35	2,5	32,00	25,19	19,29	0,90	0,06	0,88	2,5		
C49	Multipolar	400	5,39	0,79	1	0,82	0,96	6,85	2,5	32,00	25,19	17,99	0,90	0,95	1,11		2,5	2,5
C50	Multipolar	400	1,57	0,88	1	0,88	1,00	1,78	2,5	32,00	28,16	14,34	0,90	0,26	0,93		2,5	2,5
C51	Multipolar	400	3,13	0,88	1	0,88	1,00	3,56	2,5	32,00	28,16	21,63	0,90	0,69	1,04		2,5	2,5
C52	Multipolar	400	29,53	0,88	1	0,88	1,00	33,56	10,0	75,00	66,00	14,88	0,90	1,32	1,20		10,0	10,0
C53	Multipolar	400	29,53	0,88	1	0,88	1,00	33,56	10,0	75,00	66,00	21,49	0,90	3,61	1,77		10,0	10,0

CS3	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C54	Multipolar	400	92,20	0,86	1	0,88	0,98	106,91	50,0	192,00	165,58	17,29	0,90	1,06	1,04	25,0		
C55	Multipolar	400	92,20	0,86	1	0,88	0,98	106,91	50,0	192,00	165,58	29,04	0,90	1,78	1,22	25,0		
C56	Multipolar	400	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,43	10,0	75,00	66,00	41,21	1,00	0,50	0,90	10,0		
C57	Multipolar	230	0,27	1,00	1	1,00	1,00	0,27	2,5	32,00	32,00	75,82	1,00	0,30	0,90		2,5	2,5
C58	Multipolar	230	1,30	1,00	1	1,00	1,00	1,30	2,5	36,00	36,00	24,60	1,00	0,46	0,98		2,5	2,5
C59	Multipolar	230	4,92	1,00	1	1,00	1,00	4,92	2,5	36,00	36,00	51,33	1,00	3,68	2,37		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C60	Multipolar	230	4,67	1,00	1	1,00	1,00	4,67	2,5	36,00	36,00	46,18	1,00	3,13	2,14	2,5	2,5
C61	Multipolar	230	5,18	0,88	1	0,88	1,00	5,89	2,5	36,00	31,68	72,67	1,00	5,49	3,16	2,5	2,5
C62	Multipolar	230	1,04	0,88	1	0,88	1,00	1,18	2,5	36,00	31,68	54,97	1,00	0,83	1,13	2,5	2,5
C63	Multipolar	230	20,74	0,88	1	0,88	1,00	23,56	4,0	49,00	43,12	105,05	0,80	0,83	1,14	4,0	4,0
C64	Multipolar	230	20,74	0,76	1	0,77	0,99	27,20	2,5	36,00	27,44	72,38	0,80	10,68	5,42	2,5	2,5
C65	Multipolar	230	20,74	0,76	1	0,77	0,99	27,20	4,0	49,00	37,35	80,00	0,80	9,52	4,91	4,0	4,0

CT4	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]	
C66	Multipolar	400	85,25	0,72	1	0,73	0,98	119,16	35,00	158,00	113,03	11,69	0,90	2,04	1,55	16,0		4,0	4,0
C67	Multipolar	400	1,57	0,72	1	0,73	0,98	2,19	4,00	42,00	30,05	34,12	0,90	0,38	1,13		4,0	4,0	
C68	Multipolar	400	6,67	0,72	1	0,73	0,98	9,33	10,00	75,00	53,66	24,11	0,90	0,47	1,15	10,0			
C69	Multipolar	400	5,39	0,72	1	0,73	0,98	7,54	4,00	42,00	30,05	49,81	0,90	1,00	1,29		4,0	4,0	
C70	Multipolar	400	29,53	0,72	1	0,73	0,98	41,28	16,00	100,00	71,54	29,90	0,90	1,67	1,45		16,0	16,0	
C71	Multipolar	400	29,53	0,72	1	0,73	0,98	41,28	16,00	100,00	71,54	47,57	0,90	2,66	1,70		16,0	16,0	
C72	Multipolar	400	2,13	0,72	1	0,73	0,98	2,97	10,00	75,00	53,66	40,72	0,90	0,20	1,09	10,0			

CT5	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]	
C73	Multipolar	400	1,57	0,72	1	0,73	0,98	2,19	6,00	54,00	38,63	21,72	0,90	0,16	1,26		6,0	6,0	
C74	Multipolar	400	6,67	0,72	1	0,73	0,98	9,33	10,00	75,00	53,66	47,24	0,90	0,91	1,44	10,0			
C75	Multipolar	400	85,25	0,72	1	0,73	0,98	119,16	35,00	158,00	113,03	64,55	0,90	5,34	2,55	25,0			
C76	Multipolar	400	2,13	0,72	1	0,73	0,98	2,97	10,00	75,00	53,66	61,70	0,90	0,31	1,29	10,0			
C77	Multipolar	400	29,53	0,72	1	0,73	0,98	41,28	16,00	100,00	71,54	29,90	0,90	1,67	1,45		16,0	16,0	
C78	Multipolar	400	29,53	0,72	1	0,73	0,98	41,28	16,00	100,00	71,54	47,57	0,90	2,66	1,70		16,0	16,0	
C79	Multipolar	400	5,39	0,72	1	0,73	0,98	7,54	4,00	42,00	30,05	61,56	0,90	1,41	1,57		4,0	4,0	

CS4	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
-----	---------------	-------------	-----------	----	--------	----------	---------------	-----------	---------	------------	----------	-------	----	------------	--------------	-------------	----------------	----------------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C80	Multipolar	230	5,67	1,00	1	1,00	1,00	5,67	2,5	36,00	36,00	57,41	1,0	4,52	3,48	2,5	2,5
C81	Multipolar	230	8,32	0,88	1	0,88	1,00	9,45	2,5	36,00	31,68	44,69	1,0	5,21	3,78	2,5	2,5
C82	Multipolar	230	7,94	0,88	1	0,88	1,00	9,02	2,5	36,00	31,68	60,73	1,0	6,75	4,45	2,5	2,5
C83	Multipolar	230	3,40	0,88	1	0,88	1,00	3,87	2,5	36,00	31,68	78,85	1,0	3,72	3,13	2,5	2,5
C84	Multipolar	230	3,40	0,88	1	0,88	1,00	3,87	2,5	36,00	31,68	78,85	1,0	3,72	3,13	2,5	2,5
C85	Multipolar	230	3,40	1,00	1	1,00	1,00	3,40	2,5	36,00	36,00	78,85	1,0	3,71	3,13	2,5	2,5
C86	Multipolar	230	0,36	1,00	1	1,00	1,00	0,36	2,5	36,00	36,00	45,08	1,0	0,23	1,62	2,5	2,5
C87	Multipolar	400	69,05	0,88	1	0,88	1,00	78,46	16,0	100,00	88,00	24,82	0,9	2,50	2,14	16,0	
C88	Multipolar	400	44,02	0,88	1	0,88	1,00	50,02	10,0	75,00	66,00	38,65	0,9	4,19	2,56	10,0	

CS5	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C89	Multipolar	230	0,30	1,00	1	1,00	1,00	0,30	2,5	36,00	36,00	72,88	0,95	0,30	0,84		2,5	2,5
C90	Multipolar	230	0,30	1,00	1	1,00	1,00	0,30	2,5	36,00	36,00	39,27	0,95	0,16	0,78		2,5	2,5
C91	Multipolar	400	37,37	0,76	1	0,77	0,99	49,02	10,0	75,00	57,17	15,69	0,90	0,63	0,87	10,0		
C92	Multipolar	230	16,13	1,00	1	1,00	1,00	16,13	6,0	63,00	63,00	132,50	0,95	12,54	6,17		6,0	6,0
C93	Multipolar	230	16,13	1,00	1	1,00	1,00	16,13	4,0	49,00	49,00	66,30	0,95	9,48	4,83		4,0	4,0
C94	Multipolar	230	16,13	1,00	1	1,00	1,00	16,13	2,5	36,00	36,00	43,20	0,95	10,06	5,08		2,5	2,5
C95	Multipolar	230	5,29	1,00	1	1,00	1,00	5,29	2,5	36,00	36,00	49,38	0,95	3,63	2,29		2,5	2,5
C96	Multipolar	230	5,29	1,00	1	1,00	1,00	5,29	2,5	36,00	36,00	65,28	0,95	4,80	2,80		2,5	2,5
C97	Multipolar	230	5,29	1,00	1	1,00	1,00	5,29	2,5	36,00	36,00	54,26	0,95	3,99	2,44		2,5	2,5

CS6	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C98	Multipolar	230	2,81	1,00	1	1,00	1,00	2,81	4,0	49,00	49,00	220,15	0,95	5,35	2,67		4,0	4,0
C99	Multipolar	230	2,81	1,00	1	1,00	1,00	2,81	4,0	49,00	49,00	122,33	0,95	2,97	1,64		4,0	4,0
C100	Multipolar	230	2,81	1,00	1	1,00	1,00	2,81	4,0	49,00	49,00	204,22	0,95	4,96	2,51		4,0	4,0
C101	Multipolar	230	0,27	1,00	1	1,00	1,00	0,27	2,5	36,00	36,00	99,05	0,95	0,37	0,51		2,5	2,5
C102	Multipolar	230	0,25	1,00	1	1,00	1,00	0,25	2,5	36,00	36,00	69,10	0,95	0,24	0,45		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C103	Multipolar	230	0,25	1,00	1	1,00	1,00	0,25	2,5	36,00	36,00	64,89	0,95	0,22	0,44	2,5	2,5
C104	Multipolar	230	4,67	1,00	1	1,00	1,00	4,67	2,5	36,00	36,00	23,78	0,95	1,54	1,02	2,5	2,5
C105	Multipolar	230	2,33	1,00	1	1,00	1,00	2,33	2,5	36,00	36,00	41,35	0,95	1,33	0,93	2,5	2,5
C106	Multipolar	230	4,92	1,00	1	1,00	1,00	4,92	2,5	36,00	36,00	64,61	0,95	4,41	2,27	2,5	2,5
C107	Multipolar	230	5,70	0,79	1	0,82	0,96	7,24	2,5	36,00	28,34	49,30	0,95	4,26	2,20	2,5	2,5
C108	Multipolar	230	6,74	0,79	1	0,82	0,96	8,56	2,5	36,00	28,34	75,89	0,95	0,21	0,44	2,5	2,5
C109	Multipolar	230	3,11	0,79	1	0,82	0,96	3,95	2,5	36,00	28,34	43,62	0,95	0,42	0,53	2,5	2,5
C110	Multipolar	230	1,56	1,00	1	1,00	1,00	1,56	2,5	36,00	36,00	72,00	0,95	1,55	1,02	2,5	2,5
C111	Multipolar	230	1,56	1,00	1	1,00	1,00	1,56	2,5	36,00	36,00	72,00	0,95	1,55	1,02	2,5	2,5
C112	Multipolar	230	1,56	0,79	1	0,82	0,96	1,98	2,5	36,00	28,34	72,00	0,95	0,21	0,44	2,5	2,5
C113	Multipolar	230	6,91	0,79	1	0,82	0,96	8,78	2,5	36,00	28,34	42,46	0,80	0,43	0,53	2,5	2,5
C114	Multipolar	230	6,91	1,00	1	1,00	1,00	6,91	2,5	36,00	36,00	38,60	0,80	3,14	1,71	2,5	2,5
C115	Multipolar	230	6,91	1,00	1	1,00	1,00	6,91	2,5	36,00	36,00	56,42	0,80	4,60	2,35	2,5	2,5

CS7	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C116	Multipolar	230	0,27	1,00	1	1,00	1,00	0,27	2,5	36,00	36,00	99,35	0,95	0,37	1,90		2,5	2,5
C117	Multipolar	230	0,29	1,00	1	1,00	1,00	0,29	2,5	36,00	36,00	43,47	0,95	0,18	1,81		2,5	2,5
C118	Multipolar	400	43,84	0,68	1	0,72	0,95	64,10	10,0	75,00	51,30	21,79	0,90	3,20	2,53	10,0		
C119	Multipolar	400	43,84	0,68	1	0,72	0,95	64,10	10,0	75,00	51,30	35,73	0,90	5,25	3,04	10,0		
C120	Multipolar	400	9,75	1,00	1	1,00	1,00	9,75	10,0	75,00	75,00	10,92	0,90	0,31	1,81	10,0		
C121	Multipolar	400	6,33	0,68	1	0,72	0,95	9,26	4,0	42,00	28,73	68,86	0,90	2,70	2,41		4,0	4,0
C122	Multipolar	230	4,61	0,68	1	0,72	0,95	6,74	4,0	49,00	33,52	21,55	0,80	0,08	1,77		4,0	4,0
C123	Multipolar	230	4,61	0,68	1	0,72	0,95	6,74	4,0	49,00	33,52	36,44	0,80	2,29	2,73		4,0	4,0
C124	Multipolar	230	4,61	0,68	1	0,72	0,95	6,74	4,0	49,00	33,52	72,21	0,80	0,08	1,77		4,0	4,0
C125	Unipolar	230	21,05	0,76	1	0,77	0,99	27,62	10,0	75,00	57,17	36,43	0,90	0,26	3,12	10,0		
C126	Multipolar	230	4,67	1,00	1	1,00	1,00	4,67	2,5	36,00	36,00	72,50	0,95	4,69	3,78		2,5	2,5
C127	Multipolar	230	4,67	1,00	1	1,00	1,00	4,67	2,5	36,00	36,00	62,34	0,95	4,03	3,49		2,5	2,5
C128	Multipolar	230	4,67	1,00	1	1,00	1,00	4,67	2,5	36,00	36,00	52,05	0,95	3,37	3,20		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

CS8	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C132	Multipolar	400	88,28	0,67	1	0,73	0,92	131,45	35,0	158,00	106,11	18,93	0,85	1,59	1,43	25,0		
C133	Multipolar	400	54,10	0,86	1	0,88	0,98	62,73	25,0	127,00	109,52	35,64	0,82	2,25	1,60	16,0		
C134	Multipolar	400	8,20	1,00	1	1,00	1,00	8,20	16,0	100,00	100,00	4,00	0,95	0,06	1,05	16,0		
C135	Multipolar	230	0,25	1,00	1	1,00	1,00	0,25	2,5	36,00	36,00	86,38	0,95	0,26	1,15		2,5	2,5
C136	Multipolar	230	0,18	1,00	1	1,00	1,00	0,18	2,5	36,00	36,00	38,07	0,95	0,09	1,08		2,5	2,5
C137	Multipolar	230	0,23	1,00	1	1,00	1,00	0,23	2,5	36,00	36,00	105,04	0,95	0,33	1,18		2,5	2,5
C138	Multipolar	230	23,04	0,72	1	0,73	0,98	32,21	6,0	63,00	45,07	117,23	0,80	10,77	5,72		6,0	6,0
C139	Multipolar	230	23,04	0,79	1	0,82	0,96	29,27	4,0	49,00	38,57	88,41	0,80	1,66	1,76		4,0	4,0
C140	Multipolar	230	10,63	0,79	1	0,82	0,96	13,51	2,5	36,00	28,34	41,81	0,80	3,41	2,52		2,5	2,5
C141	Multipolar	230	10,63	0,79	1	0,82	0,96	13,51	2,5	36,00	28,34	35,14	0,80	9,39	5,12		2,5	2,5

CT6	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C142	Multipolar	400	10,42	0,72	1	0,73	0,98	14,57	10,0	75,00	53,66	25,88	0,90	0,78	1,63	10,0		
C143	Multipolar	400	15,63	0,88	1	0,88	1,00	17,76	10,0	75,00	66,00	64,56	0,90	2,95	2,17	10,0		
C144	Multipolar	400	11,37	0,88	1	0,88	1,00	12,92	2,5	32,00	28,16	56,72	0,90	7,59	3,33		2,5	2,5
C145	Multipolar	400	9,39	0,72	1	0,73	0,98	13,13	4,0	42,00	30,05	58,41	0,90	2,13	1,96		4,0	4,0
C146	Multipolar	400	27,70	0,72	1	0,73	0,98	38,72	16,0	100,0	71,54	70,70	0,90	1,88	1,90		16,0	16,0
C147	Multipolar	400	31,50	0,72	1	0,73	0,98	44,03	16,0	100,00	71,54	43,55	0,80	2,36	2,02		16,0	16,0
C148	Multipolar	400	31,50	0,72	1	0,73	0,98	44,03	16,0	100,00	71,54	87,09	0,80	4,72	2,61		16,0	16,0

CT7	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C149	Multipolar	400	2,39	0,79	1	0,82	0,96	3,03	2,5	32,00	25,19	31,10	0,95	0,89	1,82		2,5	2,5
C150	Multipolar	400	11,54	0,79	1	0,82	0,96	14,66	2,5	32,00	25,19	21,82	0,95	0,77	1,79	2,5		
C151	Multipolar	400	32,00	0,79	1	0,82	0,96	40,65	16,0	100,00	78,72	30,44	0,80	1,67	2,01		16,0	16,0



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C152 Multipolar 400 32,00 0,79 1 0,82 0,96 40,65 16,0 100,00 78,72 60,87 0,80 3,33 2,43 16,0 16,0

CAL1	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C153	Multipolar	230	9,45	0,88	1	0,88	1,00	10,74	2,5	36,00	31,68	45,97	0,95	6,12	3,72		2,5	2,5
C154	Multipolar	230	9,07	0,88	1	0,88	1,00	10,31	4,0	49,00	43,12	89,83	0,95	7,12	4,15		4,0	4,0
C155	Multipolar	230	7,56	0,76	1	0,77	0,99	9,92	4,0	49,00	37,35	107,52	0,95	7,10	4,14		4,0	4,0
C156	Multipolar	230	7,56	0,76	1	0,77	0,99	9,92	4,0	49,00	37,35	88,32	0,95	5,83	3,59		4,0	4,0
C157	Multipolar	230	7,56	0,76	1	0,77	0,99	9,92	2,5	36,00	27,44	70,61	0,95	7,50	4,32		2,5	2,5
C158	Multipolar	230	9,83	0,76	1	0,77	0,99	12,89	2,5	36,00	27,44	52,31	0,95	7,31	4,23		2,5	2,5
C159	Multipolar	230	2,27	0,76	1	0,77	0,99	2,98	2,5	36,00	27,44	66,12	0,95	2,07	1,96		2,5	2,5
C160	Multipolar	230	3,11	0,76	1	0,77	0,99	4,07	2,5	36,00	27,44	28,43	0,95	1,22	1,59		2,5	2,5

CS9	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C161	Multipolar	400	20,39	0,86	1	0,88	0,98	23,65	25,0	127,00	109,52	6,40	0,83	0,15	1,00	16,0		
C162	Multipolar	400	45,39	0,86	1	0,88	0,98	52,63	25,0	127,00	109,52	7,10	0,81	0,37	1,06	16,0		
C163	Multipolar	230	0,16	1,00	1	1,00	1,00	0,16	2,5	36,00	36,00	85,70	0,95	0,19	1,05		2,5	2,5
C164	Multipolar	230	0,16	1,00	1	1,00	1,00	0,16	2,5	36,00	36,00	42,56	0,95	0,09	1,01		2,5	2,5
C165	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	33,52	0,95	1,81	1,76		2,5	2,5
C166	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	47,30	0,95	2,55	2,08		2,5	2,5
C167	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	60,72	0,95	3,27	2,39		2,5	2,5
C168	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	74,19	0,95	4,00	2,71		2,5	2,5
C169	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	87,51	0,95	4,72	3,02		2,5	2,5
C170	Multipolar	230	3,89	0,88	1	0,88	1,00	4,42	2,5	36,00	31,68	101,45	0,95	5,47	3,35		2,5	2,5
C171	Multipolar	400	14,40	0,88	1	0,88	1,00	16,36	2,5	32,00	28,16	63,25	0,80	6,42	2,57		2,5	2,5
C172	Multipolar	230	9,22	0,88	1	0,88	1,00	10,47	2,5	36,00	31,68	63,60	0,80	0,55	1,21		2,5	2,5
C173	Multipolar	230	9,22	0,88	1	0,88	1,00	10,47	2,5	36,00	31,68	82,53	0,80	8,59	4,70		2,5	2,5
C174	Multipolar	230	9,22	0,88	1	0,88	1,00	10,47	2,5	36,00	31,68	74,69	0,80	7,63	4,29		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

CT8	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C175	Multipolar	230	0,20	1,00	1	1,00	1,00	0,20	2,5	25,00	25,00	64,00	0,95	0,18	1,08		2,5	2,5
C176	Multipolar	230	0,20	1,00	1	1,00	1,00	0,20	2,5	25,00	25,00	53,80	0,95	0,15	1,07		2,5	2,5
C177	Multipolar	230	4,15	1,00	1	1,00	1,00	4,15	2,5	25,00	25,00	61,29	0,95	3,53	2,54		2,5	2,5
C178	Multipolar	230	1,57	1,00	1	1,00	1,00	1,57	2,5	25,00	25,00	23,42	0,95	0,51	1,23		2,5	2,5
C179	Multipolar	230	2,13	1,00	1	1,00	1,00	2,13	2,5	25,00	25,00	69,91	0,95	2,06	1,90		2,5	2,5
C180	Multipolar	230	2,13	1,00	1	1,00	1,00	2,13	2,5	25,00	25,00	38,59	0,95	1,14	1,50		2,5	2,5
C181	Multipolar	230	2,79	1,00	1	1,00	1,00	2,79	2,5	25,00	25,00	53,37	0,95	2,07	1,91		2,5	2,5
C182	Multipolar	230	2,79	1,00	1	1,00	1,00	2,79	2,5	25,00	25,00	53,37	0,95	2,07	1,91		2,5	2,5
C183	Multipolar	230	2,79	1,00	1	1,00	1,00	2,79	2,5	25,00	25,00	53,37	0,95	2,07	1,91		2,5	2,5
C184	Multipolar	230	2,62	1,00	1	1,00	1,00	2,62	4,0	33,00	33,00	28,76	0,95	0,65	1,29		4,0	4,0
C185	Multipolar	230	2,10	1,00	1	1,00	1,00	2,10	4,0	33,00	33,00	20,04	0,95	0,36	1,17		4,0	4,0
C186	Multipolar	230	2,10	1,00	1	1,00	1,00	2,10	4,0	33,00	33,00	24,65	0,95	0,45	1,20		4,0	4,0
C187	Multipolar	230	2,10	1,00	1	1,00	1,00	2,10	4,0	33,00	33,00	30,47	0,95	0,55	1,25		4,0	4,0
C188	Multipolar	230	39,81	1,00	1	1,00	1,00	39,81	16,0	100,00	100,00	67,19	0,80	0,31	1,14		16,0	16,0
C189	Multipolar	230	39,81	1,00	1	1,00	1,00	39,81	16,0	100,00	100,00	48,59	0,80	0,23	1,11		16,0	16,0
C190	Multipolar	230	39,81	1,00	1	1,00	1,00	39,81	16,0	100,00	100,00	62,44	0,80	2,39	2,05		16,0	16,0

CT9	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C191	Multipolar	230	0,27	1,00	1	1,00	1,00	0,27	2,5	25,00	25,00	49,89	0,95	0,19	1,14		2,5	2,5
C192	Multipolar	230	0,27	1,00	1	1,00	1,00	0,27	2,5	25,00	25,00	78,39	0,95	0,29	1,19		2,5	2,5
C193	Multipolar	230	2,62	1,00	1	1,00	1,00	2,62	2,5	25,00	25,00	28,74	0,95	1,04	1,52		2,5	2,5
C194	Multipolar	230	2,45	1,00	1	1,00	1,00	2,45	2,5	25,00	25,00	23,91	0,95	0,81	1,41		2,5	2,5
C195	Multipolar	230	2,98	1,00	1	1,00	1,00	2,98	2,5	25,00	25,00	44,27	0,95	1,83	1,86		2,5	2,5
C196	Multipolar	230	1,98	1,00	1	1,00	1,00	1,98	2,5	25,00	25,00	56,10	0,95	1,54	1,73		2,5	2,5
C197	Multipolar	230	3,53	0,88	1	0,88	1,00	4,01	4,0	33,00	29,04	23,28	0,95	0,71	1,37		4,0	4,0



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C198	Multipolar	230	5,24	0,88	1	0,88	1,00	5,95	4,0	33,00	29,04	71,18	0,95	3,25	2,48	4,0	4,0
C199	Multipolar	230	5,24	1,00	1	1,00	1,00	5,24	2,5	25,00	25,00	71,18	0,95	5,20	3,32	2,5	2,5
C200	Multipolar	230	5,24	1,00	1	1,00	1,00	5,24	2,5	25,00	25,00	71,18	0,95	5,20	3,32	2,5	2,5
C201	Multipolar	230	1,40	1,00	1	1,00	1,00	1,40	2,5	25,00	25,00	22,94	0,95	0,44	1,25	2,5	2,5
C202	Multipolar	230	1,40	1,00	1	1,00	1,00	1,40	2,5	25,00	25,00	29,71	0,95	0,57	1,31	2,5	2,5
C203	Multipolar	230	1,40	1,00	1	1,00	1,00	1,40	2,5	25,00	25,00	36,63	0,95	0,71	1,37	2,5	2,5
C204	Multipolar	230	1,40	1,00	1	1,00	1,00	1,40	2,5	25,00	25,00	44,28	0,95	0,86	1,43	2,5	2,5
C205	Multipolar	230	1,40	1,00	1	1,00	1,00	1,40	2,5	25,00	25,00	49,98	0,95	0,97	1,48	2,5	2,5
C206	Multipolar	230	41,88	1,00	1	1,00	1,00	41,88	16,0	100,00	100,00	61,08	0,80	5,06	3,26	16,0	16,0
C207	Multipolar	230	41,88	1,00	1	1,00	1,00	41,88	16,0	100,00	100,00	74,81	0,80	6,20	3,76	16,0	16,0
C208	Multipolar	230	41,82	1,00	1	1,00	1,00	41,82	16,0	100,00	100,00	38,30	0,80	3,17	2,44	16,0	16,0
C209	Multipolar	230	11,52	1,00	1	1,00	1,00	11,52	2,5	25,00	25,00	53,39	0,80	7,53	4,34	2,5	2,5
C210	Multipolar	230	11,52	1,00	1	1,00	1,00	11,52	2,5	25,00	25,00	31,77	0,80	4,48	3,01	2,5	2,5
C211	Multipolar	230	14,98	1,00	1	1,00	1,00	14,98	2,5	25,00	25,00	52,28	0,80	9,88	5,36	2,5	2,5

CS10	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C212	Multipolar	400	6,84	0,67	1	0,73	0,92	10,18	35,0	158,00	106,11	4,00	0,95	0,02	2,39	25,0		
C213	Multipolar	400	42,62	0,72	1	0,73	0,98	59,58	10,0	75,00	53,66	55,66	0,90	7,79	4,33	10,0		
C214	Multipolar	400	21,31	0,76	1	0,77	0,99	27,96	10,0	75,00	57,17	36,45	0,90	2,31	2,96	10,0		
C215	Multipolar	400	21,31	0,76	1	0,77	0,99	27,96	10,0	75,00	57,17	38,18	0,90	2,42	2,99	10,0		
C216	Multipolar	400	42,62	0,76	1	0,77	0,99	55,91	10,0	75,00	57,17	46,20	0,90	6,37	3,98	10,0		
C217	Multipolar	400	42,62	0,76	1	0,77	0,99	55,91	10,0	75,00	57,17	43,06	0,90	5,94	3,87	10,0		
C218	Multipolar	400	42,62	0,72	1	0,73	0,98	59,58	16,0	100,00	71,54	34,84	0,90	2,92	3,12	16,0		
C219	Multipolar	400	9,23	0,72	1	0,73	0,98	12,91	4,0	42,00	30,05	48,85	0,90	2,68	3,06		4,0	4,0
C220	Multipolar	400	42,64	0,72	1	0,73	0,98	59,61	16,0	100,00	71,54	57,89	0,90	4,99	3,63	16,0		

CAL2	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
------	---------------	-------------	-----------	----	--------	----------	---------------	-----------	---------	------------	----------	-------	----	------------	--------------	-------------	----------------	----------------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C221	Multipolar	230	4,54	1,00	1	1,00	1,00	4,54	2,5	36,00	36,00	47,92	0,95	3,01	3,71	2,5	2,5
C222	Multipolar	230	6,43	1,00	1	1,00	1,00	6,43	2,5	36,00	36,00	40,15	0,95	3,59	3,96	2,5	2,5
C223	Multipolar	230	6,05	1,00	1	1,00	1,00	6,05	2,5	36,00	36,00	52,26	0,95	4,39	4,31	2,5	2,5
C224	Multipolar	230	6,05	1,00	1	1,00	1,00	6,05	4,0	49,00	49,00	59,17	0,95	3,11	3,75	4,0	4,0
C225	Multipolar	230	5,29	1,00	1	1,00	1,00	5,29	2,5	36,00	36,00	61,53	0,95	4,52	4,37	2,5	2,5
C226	Multipolar	230	4,54	1,00	1	1,00	1,00	4,54	2,5	36,00	36,00	76,30	0,95	4,80	4,49	2,5	2,5
C227	Multipolar	230	0,39	1,00	1	1,00	1,00	0,39	2,5	36,00	36,00	93,60	0,95	0,51	2,62	2,5	2,5

CS11	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C228	Unipolar	230	9,64	1,00	1	1,00	1,00	9,64	25,0	127,00	127,00	21,01	0,95	0,2	2,5	25,0		
C229	Multipolar	400	21,97	1,00	1	1,00	1,00	21,97	25,0	127,00	127,00	5,01	0,83	0,12	1,41	16,0		
C230	Multipolar	230	0,14	1,00	1	1,00	1,00	0,14	2,5	36,00	36,00	42,29	0,95	0,1	1,4		2,5	2,5
C231	Multipolar	230	0,19	1,00	1	1,00	1,00	0,19	2,5	36,00	36,00	117,13	0,95	0,30	1,52		2,5	2,5
C232	Multipolar	400	14,29	0,74	1	0,75	0,98	19,44	10,0	75,00	55,13	33,03	0,90	1,4	1,7	10,0		
C233	Multipolar	400	14,61	0,74	1	0,75	0,98	19,88	10,0	75,00	55,13	64,40	0,90	2,76	2,07	10,0		
C234	Multipolar	230	23,04	1,00	1	1,00	1,00	23,04	2,5	36,00	36,00	41,34	0,80	5,8	3,9		2,5	2,5
C235	Multipolar	230	23,04	0,74	1	0,75	0,98	31,35	4,0	49,00	36,02	91,86	0,80	7,26	4,55		4,0	4,0
C236	Multipolar	230	23,04	1,00	1	1,00	1,00	23,04	6,0	63,00	63,00	104,30	0,80	8,3	5,0		6,0	6,0
C237	Multipolar	400	2,93	0,74	1	0,75	0,98	3,99	10,0	75,00	55,13	74,01	0,90	0,50	1,51	10,0		
C238	Multipolar	400	58,48	0,74	1	0,75	0,98	79,57	16,0	100,00	73,50	26,95	0,90	1,2	1,7	16,0		

CAL3	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C239	Multipolar	230	6,09	1,00	1	1,00	1,00	6,09	2,5	36,00	36,00	63,93	0,95	5,41	4,17		2,5	2,5
C240	Multipolar	230	5,37	1,00	1	1,00	1,00	5,37	2,5	36,00	36,00	51,73	0,95	3,85	3,49		2,5	2,5
C241	Multipolar	230	8,69	1,00	1	1,00	1,00	8,69	2,5	36,00	36,00	40,12	0,95	4,88	3,94		2,5	2,5
C242	Multipolar	230	5,37	1,00	1	1,00	1,00	5,37	2,5	36,00	36,00	24,95	0,95	1,86	2,62		2,5	2,5
C243	Multipolar	230	5,37	1,00	1	1,00	1,00	5,37	2,5	36,00	36,00	61,23	0,95	4,56	3,80		2,5	2,5



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C244	Multipolar	230	5,22	1,00	1	1,00	1,00	5,22	2,5	36,00	36,00	38,68	0,95	2,80	3,03	2,5	2,5
C245	Multipolar	230	1,74	1,00	1	1,00	1,00	1,74	2,5	36,00	36,00	36,68	0,95	0,88	2,20	2,5	2,5
C246	Multipolar	230	7,82	1,00	1	1,00	1,00	7,82	2,5	36,00	36,00	29,24	0,95	3,19	3,21	2,5	2,5

CT10	Tipo de cable	Tensión [V]	Iprev [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	Ibusc [A]	S [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	FP	CaídaV [V]	Total CV [%]	S PEN [mm2]	S Protec [mm2]	S Neutro [mm2]
C247	Multipolar	230	0,16	1,00	1	1,00	1,00	0,16	2,5	25,00	25,00	36,72	0,95	0,08	1,46	2,5	2,5	
C248	Multipolar	230	2,04	1,00	1	1,00	1,00	2,04	2,5	25,00	25,00	16,74	0,95	0,47	1,63	2,5	2,5	
C249	Multipolar	230	7,64	1,00	1	1,00	1,00	7,64	2,5	25,00	25,00	22,34	0,95	2,41	2,47	2,5	2,5	
C250	Multipolar	230	4,08	1,00	1	1,00	1,00	4,08	2,5	25,00	25,00	28,58	0,95	1,62	2,12	2,5	2,5	
C251	Multipolar	230	4,08	1,00	1	1,00	1,00	4,08	2,5	25,00	25,00	42,32	0,95	2,40	2,46	2,5	2,5	
C252	Multipolar	230	20,16	1,00	1	1,00	1,00	20,16	4,0	33,00	33,00	26,29	0,80	2,28	2,41	4,0	4,0	
C253	Multipolar	230	20,16	1,00	1	1,00	1,00	20,16	4,0	33,00	33,00	31,87	0,80	3,51	2,95	4,0	4,0	
C254	Multipolar	230	20,16	1,00	1	1,00	1,00	20,16	4,0	33,00	33,00	44,10	0,80	0,59	1,68	4,0	4,0	

Acometida

Para el dimensionamiento de los conductores de la acometida se va a seguir lo dispuesto en los documentos proporcionados por el fabricante; en este caso, Prysmian [25],[46-C]. Así pues, los pasos realizados en la selección de los conductores han sido los siguientes:

1. Dado que la tensión nominal de la red es de 13,2 kV, se va a optar por unos conductores cuya tensión asignada U_0/U sea de 12/20 kV. En adición, siguiendo la normalización de la distribuidora, se utilizarán unos conductores AL EPROTENAX H COMPACT -cables de aluminio con aislamiento HEPR, pantalla metálica de cobre en hélice y cubierta de poliolefina termoplástica-.
2. Los conductores estarán en instalación enterrada bajo tubo, por lo que los factores de corrección serán los siguientes:
 - a. Temperatura ambiente de 20 °C: Factor de corrección de 1,03.
 - b. Resistividad térmica del terreno: Factor de corrección de 1.
 - c. Profundidad de soterramiento de 1 m: Factor de corrección de 1.

Con todo ello, y siguiendo los pasos mencionados en el apartado 4.1.1 *Criterio térmico* de esta misma sección, el factor corrector a utilizar es 1,03.

3. La corriente demandada máxima por la instalación en la parte de media tensión viene designada por la siguiente expresión:

$$I_{MT} = \frac{S_{BT}}{\sqrt{3} \cdot U} = 2 \cdot \frac{800 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 70 \text{ A} \quad (21)$$

Por lo tanto, la corriente de entrada a las tablas del fabricante sería de 70 A.

4. Con el valor de la corriente requerida en media tensión y entrando en la tabla correspondiente, obtenemos una sección del conductor de 95 mm² y una corriente máxima admisible de 221,45 A (valdría la de 50, pero no hay datos asociados a I_{adm}).

4.2 Instalación fotovoltaica

El cálculo de conductores de la instalación fotovoltaica atenderá al tipo de corriente en cada punto; esto es, se deberá calcular de forma separada, y de acuerdo con la normativa correspondiente, a los conductores de la parte de corriente continua, previo paso por el inversor, y a los de la parte de corriente alterna, tras su paso por el mismo.

4.2.1 Criterio térmico

Respecto de la parte de corriente continua, el criterio térmico viene referido en el REBT ITC-BT-40 [10], donde establece que los conductores deben ser dimensionados para una corriente no inferior a 1,25 veces la nominal en cada punto del sistema. De igual manera que para la instalación industrial, se deberán escoger de forma previa los factores correctores que caractericen al cable en función de la canalización:

- 1) Factor de corrección por la acción solar (UNE-EN 211435 [21]): 0,9.
- 2) Factor de corrección de la temperatura (referencia a 30°C - UNE-EN 60364-5-52 [14]).
- 3) Factor de corrección de agrupación (UNE-EN 60364-5-52 [14]).
- 4) Factor de corrección de espaciamiento en bandeja para cables unipolares (UNE-EN 60364-5-52 [14]).

El resto de los pasos a seguir en el cálculo del criterio térmico son los mismos que los dispuestos en el apartado del cálculo del criterio térmico de la instalación industrial: *4.1.1 Criterio térmico*.

Con respecto al cálculo de la parte de corriente alterna, también se deberá tener en cuenta lo comentado previamente acerca del dimensionamiento del cable para una corriente 1,25 veces la nominal. El resto de los aspectos a tener en cuenta vienen recogidos en el apartado del cálculo del criterio térmico de la instalación industrial: *4.1.1 Criterio térmico*.

4.2.2 Criterio de caída de tensión

Para el cálculo de la sección de los conductores por el criterio de caída de tensión en corriente continua, de acuerdo con lo dispuesto en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red de IDAE [23], la caída de tensión máxima será del 1,5%. Para ello, la expresión que define la caída de tensión en la parte de corriente continua es la siguiente:

$$\Delta V = 2 \cdot \left(\rho_{\theta} \cdot \frac{L \cdot I}{S_{t\acute{e}rmica\ 1F}} \right) \quad (22)$$

Donde ρ_{θ} viene definida por la expresión descrita en el apartado *4.1.2 Criterio de caída de tensión*, correspondiente al cálculo de caída de tensión de la instalación industrial.

Con respecto al cálculo del tramo entre el inversor y el CGBT, de acuerdo con lo estipulado en el REBT ITC-BT-40 [10], la caída de tensión máxima tota será de 1,5% y el vendrá caracterizado bajo las expresiones mencionadas en el apartado *4.1.2 Criterio de caída de tensión*, correspondiente a la instalación industrial.



4.2.3 Cálculo de conductores

De acuerdo con lo explicado en los puntos previos, en la tabla adjunta se recogen todos los cálculos realizados para la obtención de los conductores de la instalación.



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Tabla 44 - Cálculo: Sección conductores instalación fotovoltaica AC

CGBT	Tipo de cable	Circ	Cond	Tensión [Vp]	Iprevista [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (suelo)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	Stensión [mm2]	CaídaV [V]	Total CV [%]	S instalar [mm2]	S PEN [mm2]
IFV-AC-C1 (6)	Unipolar	6	4	400	217,32	0,72	1	0,73	0,98	1	303,78	70	500,00	357,70	18,00	70	1,90	0,47	120	70
IFV-AC-C2	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C3	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C4	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C5	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C6	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C7	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C8	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C9	Unipolar	1	4	400	139,71	1,00	1	1,00	1,00	1	139,71	25	182,00	182,00	4,00	25	0,79	0,67	25	16
IFV-AC-C10	Unipolar	1	4	400	186,28	1,00	1	1,00	1,00	1	186,28	35	226,00	226,00	4,00	35	0,77	0,67	35	25

Tabla 45 - Cálculo: Sección conductores instalación fotovoltaica DC

Inversor	Tipo de cable	Circ/canaliz	Conductores	Tensión [Vp]	Iprevista [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
IFV-DC-C1 (4)	Unipolar	1	2	780,9	43,50	0,88	1	1,00	0,98	0,9	49,32	35	201,00	177,28	156,19	6,99	0,89
IFV-DC-C2 (3)	Unipolar	1	2	780,9	58,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	65,76	120	454,00	400,43	107,37	6,35	0,81
IFV-DC-C3 (3)	Unipolar	1	2	780,9	58,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	65,76	95	389,00	343,10	92,16	5,46	0,70
IFV-DC-C4 (2)	Unipolar	1	2	780,9	87,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	98,64	70	318,00	280,48	63,38	5,72	0,73
IFV-DC-C5 (2)	Unipolar	1	2	780,9	87,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	98,64	70	318,00	280,48	48,88	6,17	0,79
IFV-DC-C6 (1)	Unipolar	1	2	780,9	174,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	197,28	70	318,00	280,48	20,38	5,47	0,70
IFV-DC-C7 (1)	Unipolar	1	2	780,9	174,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	197,28	70	318,00	280,48	21,75	5,84	0,75
IFV-DC-C8 (2)	Unipolar	1	2	780,9	87,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	98,64	70	318,00	280,48	46,42	5,86	0,75
IFV-DC-C9 (4)	Unipolar	1	2	780,9	58,00	0,88	1	1,00	0,98	0,9	65,76	150	527,00	464,81	114,00	6,73	0,86



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

String	StringBox 1	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
1	IFV-DC-C10	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	57,6	3,00	1,28
2	IFV-DC-C11	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	57,3	2,98	1,28
3	IFV-DC-C12	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	79,0	4,11	1,42
4	IFV-DC-C13	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	79,1	4,12	1,42
5	IFV-DC-C14	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	80,2	4,17	1,43
6	IFV-DC-C15	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	80,6	4,19	1,43
7	IFV-DC-C16	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	62,9	3,27	1,31
8	IFV-DC-C17	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	63,0	3,28	1,31
9	IFV-DC-C18	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	45,3	2,35	1,20
10	IFV-DC-C19	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	45,5	2,37	1,20
11	IFV-DC-C20	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	24,8	1,29	1,06
12	IFV-DC-C21	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	26,7	1,39	1,07

String	StringBox 2	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
13	IFV-DC-C22	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	42,7	2,22	1,10
14	IFV-DC-C23	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	39,7	2,07	1,08
15	IFV-DC-C24	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	60,0	3,12	1,21
16	IFV-DC-C25	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	59,5	3,10	1,21
17	IFV-DC-C26	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	77,3	4,02	1,33
18	IFV-DC-C27	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	76,8	3,99	1,32
19	IFV-DC-C28	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	94,3	4,90	1,44
20	IFV-DC-C29	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	93,9	4,88	1,44
21	IFV-DC-C30	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	97,1	5,05	1,46
22	IFV-DC-C31	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	96,9	5,04	1,46
23	IFV-DC-C32	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	78,9	4,11	1,34
24	IFV-DC-C33	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	78,8	4,10	1,34

String	StringBox 3	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
--------	-------------	------	------	-------------	----------	---------	----	--------	----------	---------------	----------	--------------	----------------	------------	----------	-------	------------	--------------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

25	IFV-DC-C34	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	66,6	3,46	1,14
26	IFV-DC-C35	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	65,6	3,41	1,14
27	IFV-DC-C36	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	41,3	2,15	0,97
28	IFV-DC-C37	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	39,2	2,04	0,96
29	IFV-DC-C38	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	37,0	1,92	0,95
30	IFV-DC-C39	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	38,7	2,01	0,96
31	IFV-DC-C40	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	62,7	3,26	1,12
32	IFV-DC-C41	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	63,2	3,29	1,12
33	IFV-DC-C42	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	82,4	4,29	1,25
34	IFV-DC-C43	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	83,2	4,33	1,25
35	IFV-DC-C44	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	102,5	5,33	1,38
36	IFV-DC-C45	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	102,7	5,34	1,38

String	StringBox 4	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
37	IFV-DC-C46	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	106,7	5,55	1,44
38	IFV-DC-C47	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	105,6	5,49	1,44
39	IFV-DC-C48	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	87,0	4,53	1,31
40	IFV-DC-C49	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	85,8	4,46	1,30
41	IFV-DC-C50	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	65,9	3,43	1,17
42	IFV-DC-C51	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	65,0	3,38	1,16
43	IFV-DC-C52	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	40,4	2,10	1,00
44	IFV-DC-C53	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	38,3	1,99	0,99
45	IFV-DC-C54	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	36,1	1,88	0,97
46	IFV-DC-C55	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	38,2	1,99	0,99
47	IFV-DC-C56	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	62,2	3,23	1,15
48	IFV-DC-C57	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	62,9	3,27	1,15

String	StringBox 5	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
49	IFV-DC-C58	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	75,5	3,92	1,29



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

50	IFV-DC-C59	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	75,2	3,91	1,29
51	IFV-DC-C60	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	93,0	4,84	1,41
52	IFV-DC-C61	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	92,8	4,83	1,41
53	IFV-DC-C62	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	88,5	4,60	1,38
54	IFV-DC-C63	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	87,8	4,57	1,37
55	IFV-DC-C64	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	69,3	3,60	1,25
56	IFV-DC-C65	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	68,9	3,58	1,25
57	IFV-DC-C66	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,4	2,68	1,13
58	IFV-DC-C67	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,4	2,68	1,13
59	IFV-DC-C68	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	30,5	1,59	0,99
60	IFV-DC-C69	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	32,7	1,70	1,01

String	StringBox 6	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
61	IFV-DC-C70	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	39,5	2,05	0,96
62	IFV-DC-C71	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	36,5	1,90	0,94
63	IFV-DC-C72	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	55,6	2,89	1,07
64	IFV-DC-C73	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	55,7	2,90	1,07
65	IFV-DC-C74	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	73,0	3,80	1,19
66	IFV-DC-C75	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	72,9	3,79	1,19
67	IFV-DC-C76	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	63,3	3,29	1,12
68	IFV-DC-C77	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	69,9	3,64	1,17
69	IFV-DC-C78	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,3	2,67	1,04
70	IFV-DC-C79	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,1	2,66	1,04
71	IFV-DC-C80	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	29,7	1,55	0,90
72	IFV-DC-C81	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	31,2	1,62	0,91

String	StringBox 7	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
73	IFV-DC-C82	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	33,5	1,74	0,97
74	IFV-DC-C83	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	30,4	1,58	0,95



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

75	IFV-DC-C84	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	50,1	2,61	1,08
76	IFV-DC-C85	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	50,2	2,61	1,08
77	IFV-DC-C86	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	67,7	3,52	1,20
78	IFV-DC-C87	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	67,5	3,51	1,20
79	IFV-DC-C88	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	52,1	2,71	1,10
80	IFV-DC-C89	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	52,2	2,72	1,10
81	IFV-DC-C90	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	31,1	1,62	0,96
82	IFV-DC-C91	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	32,8	1,71	0,97
83	IFV-DC-C92	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	39,7	2,06	1,01
84	IFV-DC-C93	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	42,2	2,19	1,03

String	StringBox 8	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
85	IFV-DC-C94	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,4	2,67	1,09
86	IFV-DC-C95	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,9	2,70	1,10
87	IFV-DC-C96	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	71,1	3,70	1,22
88	IFV-DC-C97	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	71,9	3,74	1,23
89	IFV-DC-C98	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	74,1	3,85	1,24
90	IFV-DC-C99	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	74,4	3,87	1,25
91	IFV-DC-C100	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	56,9	2,96	1,13
92	IFV-DC-C101	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	57,1	2,97	1,13
93	IFV-DC-C102	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	36,9	1,92	1,00
94	IFV-DC-C103	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	39,0	2,03	1,01
95	IFV-DC-C104	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	61,5	3,20	1,16
96	IFV-DC-C105	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	64,1	3,34	1,18

String	StringBox 9	Tipo	Circ	Conductores	Voc [Vp]	Isc [A]	FC	FC (T)	FC (Agr)	FC (contacto)	FC (sol)	Ibuscada [A]	Stérmica [mm2]	Itabla [A]	Iadm [A]	L [m]	CaídaV [V]	Total CV [%]
97	IFV-DC-C106	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	76,7	3,99	1,37
98	IFV-DC-C107	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	76,5	3,98	1,37
99	IFV-DC-C108	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	66,4	3,45	1,30



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

100	IFV-DC-C109	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	65,3	3,40	1,30
101	IFV-DC-C110	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	41,6	2,16	1,14
102	IFV-DC-C111	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	38,4	2,00	1,12
103	IFV-DC-C112	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	23,9	1,24	1,02
104	IFV-DC-C113	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	23,9	1,24	1,02
105	IFV-DC-C114	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	46,3	2,41	1,17
106	IFV-DC-C115	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	46,9	2,44	1,17
107	IFV-DC-C116	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	42,2	2,19	1,14
108	IFV-DC-C117	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	43,8	2,28	1,15
109	IFV-DC-C118	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	49,4	2,57	1,19
110	IFV-DC-C119	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	51,0	2,65	1,20
111	IFV-DC-C120	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	60,8	3,16	1,27
112	IFV-DC-C121	Unipolar	2	2	780,9	14,5	0,79	1	0,88	1,00	0,9	18,3	10	86,0	68,1	61,9	3,22	1,27

5. CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO [13]

El cálculo de las corrientes de cortocircuito que se generan en la instalación, tanto máximas como mínimas, es imprescindible para poder seleccionar los dispositivos de protección de la instalación. Para ello, y de acuerdo con la norma UNE-EN 60909 [16], se introducirá una fuente de tensión equivalente en el punto de cortocircuito a calcular, de forma que dicha fuente sea la única tensión activa del sistema y el resto de aparataje eléctrica sea reemplazada por la impedancia interna correspondiente.

Dado que se está realizando una simplificación respecto del estadio teórico, la normativa recoge unos factores correctores para la tensión en función de su valor nominal y el tipo de corriente de cortocircuito que se vaya a calcular. En la tabla adjunta se recogen los valores del factor de corrección que se deben tener en cuenta:

Tabla 46 - Cálculo: Factores de corrección de tensión [13],[16]

C	AT		BT	
	c _{max}	c _{min}	c _{max}	c _{min}
	1,1	1	1,1	0,9

Dado que estamos evaluando las corrientes de cortocircuito que se generan en una instalación de baja tensión y las protecciones actúan de forma muy rápida, los únicos valores de corriente que se deben calcular son:

- Corriente de cortocircuito inicial subtransitoria I_k'' , para determinar el poder de corte de la protección ante cortocircuitos.
- Valor pico de corriente de cortocircuito, para determinar las fuerzas electrodinámicas que van a afectar a la aparataje eléctrica.

Por tanto, se procede a calcular los valores de impedancia interna que caracterizan a cada uno de los elementos que componen la instalación industrial y, posteriormente, las corrientes de cortocircuito [13]:

5.1 Impedancia interna de la aparataje eléctrica

5.1.1 Red de alimentación

La impedancia interna de la red de alimentación viene definida por las siguientes ecuaciones:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I_k''} = \frac{c \cdot U_{nQ}^2}{S_{kQ}''} \quad (23)$$

$$\frac{R_a}{Z_a} \approx 0,2 \dots 0,3 < U_n < 20 \text{ kV} \quad (24)$$

Cabe destacar que esta impedancia está calculada en el lado de alta tensión y, por tanto, se deberá hallar el equivalente al lado de baja mediante la siguiente expresión:

$$Z_{BT} = Z_{AT} \cdot \left(\frac{U_{BT}}{U_{AT}} \right)^2 \quad (25)$$

Así pues, la impedancia interna de la red teniendo en cuenta que la conexión a la distribuidora se realiza a 13,2 kV...

Tabla 47 - Cálculo: Impedancia interna de la red

	lcc max			lcc min					
	U red [kV]	Scs red [MVA]	Ra/Za	Zred [mΩ]	Rred [mΩ]	Xred [mΩ]	Zred [mΩ]	Rred [mΩ]	Xred [mΩ]
Red	13,2	450	0,2	0,39	0,08	0,38	0,36	0,07	0,35

5.1.2 Transformador

Según lo dispuesto en la norma, la impedancia del transformador de dos devanados, como el que aplica a este proyecto, se calcula de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$Z_T = \frac{u_{kr} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT} \cdot 100} [\Omega] \text{ donde } \begin{cases} R_T = \frac{U_{Rr} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT} \cdot 100} = \frac{P_{kT}}{3I_{rT}^2} [\Omega] \\ X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} [\Omega] \end{cases} \quad (26)$$

Además, el transformador deberá estar corregido de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$Z_{TK} = Z_T \cdot K_T [\Omega] \begin{cases} K_T = 0,95 \cdot \frac{c_{m\acute{a}x}}{1 + 0,6 \cdot x_t} \\ x_t = \frac{X_T}{\frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}} \end{cases} \quad (27)$$

Por otro lado, existen valores bibliográficos que homogeneizan los valores de las impedancias internas de los transformadores. Dicho lo cual, dado que el fabricante no incluye en el catálogo los datos requeridos para el cálculo y de acuerdo con los valores indicados en la referencia bibliográfica [13], para el presente proyecto se han extraído los siguientes datos:



Tabla 48 - Cálculo: Impedancia interna del transformador [13]

	U trafo [kV]	S trafo [kVA]	Ust [%]	P loss [W]	Zt [mΩ]	Rt [mΩ]	Xt [mΩ]
Trafo 1	13,2/0,4	800	4,5	10200	9,46	2,68	9,07
Trafo 2	13,2/0,4	800	4,5	10200	9,46	2,68	9,07

5.1.3 Conductores

La impedancia interna de los cables viene especificada a través del cálculo de la resistencia y de la reactancia. De acuerdo con lo estipulado en la normativa UNE-EN 60364-5 [14], se tomará 0,08 Ω/km como valor general de reactancia por unidad de longitud. Así pues, los cálculos se realizarán a través las siguientes expresiones:

$$Z_L = R_L + jX_L [\Omega] \begin{cases} R_L = \frac{1}{54} \cdot \frac{L}{S \cdot n} [\Omega] \\ X_L = \frac{0,08}{1000} \cdot \frac{L}{n} [\Omega] \end{cases} \text{ donde } n = \text{núm. circuitos en paralelo} \quad (28)$$

Así pues, en la tabla adjunta se muestran todas las impedancias internas calculadas para los conductores de la instalación industrial:

Tabla 49 Cálculo: Impedancia interna de conductores

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C1	10,00	240,0	4	0,27	0,18	0,20	120,00	0,41	0,36	0,20
C2	145,50	50,0	1	51,08	49,73	11,64	25,00	100,14	99,47	11,64
C3	14,11	70,0	2	1,81	1,72	0,56	35,00	3,49	3,45	0,56
C4	61,63	150,0	2	4,29	3,51	2,47	95,00	6,07	5,54	2,47
C5	110,10	120,0	1	17,98	15,68	8,81	70,00	28,29	26,88	8,81
C6	82,40	95,0	1	16,22	14,82	6,59	50,00	28,93	28,16	6,59
C7	51,75	95,0	1	10,19	9,31	4,14	50,00	18,17	17,69	4,14
C8	121,54	95,0	1	23,93	21,86	9,72	50,00	42,66	41,54	9,72
C9	114,35	150,0	2	7,96	6,51	4,57	95,00	11,26	10,29	4,57
C10	139,76	95,0	2	13,76	12,57	5,59	50,00	24,53	23,88	5,59
C11	167,11	95,0	2	16,45	15,03	6,68	50,00	29,33	28,56	6,68
C12	204,54	120,0	2	16,71	14,57	8,18	70,00	26,28	24,97	8,18
C13	106,00	95,0	2	10,43	9,53	4,24	50,00	18,60	18,12	4,24
C14	175,44	95,0	2	17,27	15,78	7,02	50,00	30,79	29,98	7,02
C255	20,00	95,0	1	3,94	3,60	1,60	50,00	7,02	6,84	1,60
C15	62,51	2,5	1	427,35	427,32	5,00	2,50	427,35	427,32	5,00
C16	42,70	2,5	1	291,92	291,90	3,42	2,50	291,92	291,90	3,42
C17	55,93	2,5	1	382,36	382,34	4,47	2,50	382,36	382,34	4,47



C18	68,88	2,5	1	470,90	470,86	5,51	2,50	470,90	470,86	5,51
-----	-------	-----	---	--------	--------	------	------	--------	--------	------

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C19	8,80	50,0	1	3,09	3,01	0,70	25,00	6,06	6,02	0,70
C20	13,80	25,0	1	9,50	9,43	1,10	16,00	14,78	14,74	1,10
C21	59,80	50,0	1	20,99	20,44	4,78	25,00	41,16	40,88	4,78
C22	33,07	2,5	1	226,08	226,06	2,65	2,50	226,08	226,06	2,65
C23	60,68	2,5	1	414,84	414,81	4,85	2,50	414,84	414,81	4,85
C24	37,15	2,5	1	253,97	253,96	2,97	2,50	253,97	253,96	2,97
C25	32,55	2,5	1	222,53	222,51	2,60	2,50	222,53	222,51	2,60
C26	61,19	2,5	1	418,32	418,29	4,90	2,50	418,32	418,29	4,90
C27	68,61	10,0	1	117,38	117,25	5,49	10,00	117,38	117,25	5,49
C28	69,76	2,5	1	476,91	476,88	5,58	2,50	476,91	476,88	5,58
C29	66,97	2,5	1	457,80	457,77	5,36	2,50	457,80	457,77	5,36
C30	75,40	2,5	1	515,47	515,43	6,03	2,50	515,47	515,43	6,03

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C31	64,01	10,0	1	109,50	109,38	5,12	10,00	109,50	109,38	5,12
C32	58,98	10,0	1	100,90	100,79	4,72	10,00	100,90	100,79	4,72
C33	57,78	4,0	1	246,89	246,84	4,62	4,00	246,89	246,84	4,62
C34	23,74	4,0	1	101,46	101,45	1,90	4,00	101,46	101,45	1,90
C35	49,97	10,0	1	85,49	85,40	4,00	10,00	85,49	85,40	4,00
C36	32,10	16,0	1	34,38	34,29	2,57	16,00	34,38	34,29	2,57
C37	43,50	16,0	1	46,59	46,46	3,48	16,00	46,59	46,46	3,48
C38	53,74	16,0	1	57,56	57,40	4,30	16,00	57,56	57,40	4,30

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C39	63,21	10,0	1	108,14	108,02	5,06	10,00	108,14	108,02	5,06
C40	58,20	10,0	1	99,57	99,46	4,66	10,00	99,57	99,46	4,66
C41	57,15	4,0	1	244,22	244,17	4,57	4,00	244,22	244,17	4,57
C42	50,60	10,0	1	86,57	86,48	4,05	10,00	86,57	86,48	4,05
C43	54,45	4,0	1	232,68	232,64	4,36	4,00	232,68	232,64	4,36
C44	32,10	16,0	1	34,38	34,29	2,57	16,00	34,38	34,29	2,57
C45	43,50	16,0	1	46,59	46,46	3,48	16,00	46,59	46,46	3,48
C46	53,74	16,0	1	57,56	57,40	4,30	16,00	57,56	57,40	4,30

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C47	23,18	10,0	1	39,66	39,62	1,85	10,00	39,66	39,62	1,85
C48	19,29	10,0	1	32,99	32,96	1,54	10,00	32,99	32,96	1,54
C49	17,99	2,5	1	122,99	122,98	1,44	2,50	122,99	122,98	1,44
C50	14,34	2,5	1	98,05	98,04	1,15	2,50	98,05	98,04	1,15
C51	21,63	2,5	1	147,87	147,86	1,73	2,50	147,87	147,86	1,73
C52	14,88	10,0	1	25,46	25,43	1,19	10,00	25,46	25,43	1,19
C53	21,49	10,0	1	36,77	36,73	1,72	10,00	36,77	36,73	1,72

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
-------	-------	--------------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------



C54	17,29	50,0	1	6,07	5,91	1,38	25,00	11,90	11,82	1,38
C55	29,04	50,0	1	10,20	9,93	2,32	25,00	19,99	19,85	2,32
C56	41,21	10,0	1	70,50	70,42	3,30	10,00	70,50	70,42	3,30
C57	75,82	2,5	1	518,34	518,31	6,07	2,50	518,34	518,31	6,07
C58	24,60	2,5	1	168,18	168,17	1,97	2,50	168,18	168,17	1,97
C59	51,33	2,5	1	350,92	350,89	4,11	2,50	350,92	350,89	4,11
C60	46,18	2,5	1	315,71	315,69	3,69	2,50	315,71	315,69	3,69
C61	72,67	2,5	1	496,81	496,77	5,81	2,50	496,81	496,77	5,81
C62	54,97	2,5	1	375,80	375,77	4,40	2,50	375,80	375,77	4,40
C63	105,05	4,0	1	448,90	448,83	8,40	4,00	448,90	448,83	8,40
C64	72,38	2,5	1	494,79	494,76	5,79	2,50	494,79	494,76	5,79
C65	80,00	4,0	1	341,86	341,80	6,40	4,00	341,86	341,80	6,40

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C66	11,69	16,0	1	12,52	12,48	0,94	16,00	12,52	12,48	0,94
C67	34,12	4,0	1	145,79	145,77	2,73	4,00	145,79	145,77	2,73
C68	24,11	10,0	1	41,25	41,21	1,93	10,00	41,25	41,21	1,93
C69	49,81	4,0	1	212,85	212,81	3,98	4,00	212,85	212,81	3,98
C70	29,90	16,0	1	32,03	31,94	2,39	16,00	32,03	31,94	2,39
C71	47,57	16,0	1	50,95	50,81	3,81	16,00	50,95	50,81	3,81
C72	40,72	10,0	1	69,67	69,59	3,26	10,00	69,67	69,59	3,26

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C73	21,72	6,0	1	61,89	61,86	1,74	6,00	61,89	61,86	1,74
C74	47,24	10,0	1	80,82	80,73	3,78	10,00	80,82	80,73	3,78
C75	64,55	35,0	1	31,94	31,52	5,16	25,00	44,43	44,13	5,16
C76	61,70	10,0	1	105,56	105,45	4,94	10,00	105,56	105,45	4,94
C77	29,90	16,0	1	32,03	31,94	2,39	16,00	32,03	31,94	2,39
C78	47,57	16,0	1	50,95	50,81	3,81	16,00	50,95	50,81	3,81
C79	61,56	4,0	1	263,06	263,02	4,92	4,00	263,06	263,02	4,92

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C80	57,41	2,5	1	392,48	392,45	4,59	2,50	392,48	392,45	4,59
C81	44,69	2,5	1	305,52	305,50	3,58	2,50	305,52	305,50	3,58
C82	60,73	2,5	1	415,18	415,15	4,86	2,50	415,18	415,15	4,86
C83	78,85	2,5	1	539,06	539,02	6,31	2,50	539,06	539,02	6,31
C84	78,85	2,5	1	539,06	539,02	6,31	2,50	539,06	539,02	6,31
C85	78,85	2,5	1	539,06	539,02	6,31	2,50	539,06	539,02	6,31
C86	45,08	2,5	1	308,19	308,17	3,61	2,50	308,19	308,17	3,61
C87	24,82	16,0	1	26,59	26,51	1,99	16,00	26,59	26,51	1,99
C88	38,65	10,0	1	66,12	66,05	3,09	10,00	66,12	66,05	3,09

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C89	72,88	2,5	1	498,24	498,21	5,83	2,50	498,24	498,21	5,83
C90	39,27	2,5	1	268,47	268,45	3,14	2,50	268,47	268,45	3,14
C91	15,69	10,0	1	26,84	26,81	1,26	10,00	26,84	26,81	1,26



C92	132,50	6,0	1	377,55	377,40	10,60	6,00	377,55	377,40	10,60
C93	66,30	4,0	1	283,32	283,27	5,30	4,00	283,32	283,27	5,30
C94	43,20	2,5	1	295,34	295,32	3,46	2,50	295,34	295,32	3,46
C95	49,38	2,5	1	337,58	337,56	3,95	2,50	337,58	337,56	3,95
C96	65,28	2,5	1	446,28	446,25	5,22	2,50	446,28	446,25	5,22
C97	54,26	2,5	1	370,95	370,92	4,34	2,50	370,95	370,92	4,34

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C98	220,15	4,0	1	940,76	940,59	17,61	4,00	940,76	940,59	17,61
C99	122,33	4,0	1	522,75	522,65	9,79	4,00	522,75	522,65	9,79
C100	204,22	4,0	1	872,68	872,53	16,34	4,00	872,68	872,53	16,34
C101	99,05	2,5	1	677,15	677,11	7,92	2,50	677,15	677,11	7,92
C102	69,10	2,5	1	472,40	472,37	5,53	2,50	472,40	472,37	5,53
C103	64,89	2,5	1	443,62	443,59	5,19	2,50	443,62	443,59	5,19
C104	23,78	2,5	1	162,57	162,56	1,90	2,50	162,57	162,56	1,90
C105	41,35	2,5	1	282,69	282,67	3,31	2,50	282,69	282,67	3,31
C106	64,61	2,5	1	441,70	441,67	5,17	2,50	441,70	441,67	5,17
C107	49,30	2,5	1	337,04	337,01	3,94	2,50	337,04	337,01	3,94
C108	75,89	2,5	1	518,82	518,78	6,07	2,50	518,82	518,78	6,07
C109	43,62	2,5	1	298,21	298,19	3,49	2,50	298,21	298,19	3,49
C110	72,00	2,5	1	492,23	492,19	5,76	2,50	492,23	492,19	5,76
C111	72,00	2,5	1	492,23	492,19	5,76	2,50	492,23	492,19	5,76
C112	72,00	2,5	1	492,23	492,19	5,76	2,50	492,23	492,19	5,76
C113	42,46	2,5	1	290,28	290,26	3,40	2,50	290,28	290,26	3,40
C114	38,60	2,5	1	263,89	263,87	3,09	2,50	263,89	263,87	3,09
C115	56,42	2,5	1	385,71	385,69	4,51	2,50	385,71	385,69	4,51

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C116	99,35	2,5	1	679,20	679,16	7,95	2,50	679,20	679,16	7,95
C117	43,47	2,5	1	297,18	297,16	3,48	2,50	297,18	297,16	3,48
C118	21,79	10,0	1	37,28	37,24	1,74	10,00	37,28	37,24	1,74
C119	35,73	10,0	1	61,14	61,07	2,86	10,00	61,14	61,07	2,86
C120	10,92	10,0	1	18,68	18,66	0,87	10,00	18,68	18,66	0,87
C121	68,86	4,0	1	294,25	294,20	5,51	4,00	294,25	294,20	5,51
C122	21,55	4,0	1	92,09	92,07	1,72	4,00	92,09	92,07	1,72
C123	36,44	4,0	1	155,71	155,68	2,92	4,00	155,71	155,68	2,92
C124	72,21	4,0	1	308,57	308,52	5,78	4,00	308,57	308,52	5,78
C125	36,43	10,0	1	62,33	62,27	2,91	10,00	62,33	62,27	2,91
C126	72,50	2,5	1	495,64	495,61	5,80	2,50	495,64	495,61	5,80
C127	62,34	2,5	1	426,19	426,16	4,99	2,50	426,19	426,16	4,99
C128	52,05	2,5	1	355,84	355,81	4,16	2,50	355,84	355,81	4,16
C129	41,59	2,5	1	284,33	284,31	3,33	2,50	284,33	284,31	3,33
C130	41,86	2,5	1	286,17	286,15	3,35	2,50	286,17	286,15	3,35
C131	52,32	2,5	1	357,68	357,66	4,19	2,50	357,68	357,66	4,19

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
-------	-------	--------------	-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------



C132	18,93	35,0	1	9,36	9,24	1,51	25,00	13,03	12,94	1,51
C133	35,64	25,0	1	24,53	24,36	2,85	16,00	38,17	38,06	2,85
C134	4,00	16,0	1	4,28	4,27	0,32	16,00	4,28	4,27	0,32
C135	86,38	2,5	1	590,53	590,49	6,91	2,50	590,53	590,49	6,91
C136	38,07	2,5	1	260,26	260,25	3,05	2,50	260,26	260,25	3,05
C137	105,04	2,5	1	718,10	718,05	8,40	2,50	718,10	718,05	8,40
C138	117,23	6,0	1	334,04	333,91	9,38	6,00	334,04	333,91	9,38
C139	88,41	4,0	1	377,80	377,73	7,07	4,00	377,80	377,73	7,07
C140	41,81	2,5	1	285,83	285,81	3,34	2,50	285,83	285,81	3,34
C141	35,14	2,5	1	240,23	240,22	2,81	2,50	240,23	240,22	2,81

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C142	25,88	10,0	1	44,29	44,24	2,07	10,00	44,29	44,24	2,07
C143	64,56	10,0	1	110,45	110,33	5,16	10,00	110,45	110,33	5,16
C144	56,72	2,5	1	387,78	387,75	4,54	2,50	387,78	387,75	4,54
C145	58,41	4,0	1	249,60	249,56	4,67	4,00	249,60	249,56	4,67
C146	70,70	16,0	1	75,73	75,52	5,66	16,00	75,73	75,52	5,66
C147	43,55	16,0	1	46,64	46,51	3,48	16,00	46,64	46,51	3,48
C148	87,09	16,0	1	93,28	93,02	6,97	16,00	93,28	93,02	6,97

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C149	31,10	2,5	1	212,65	212,63	2,49	2,50	212,65	212,63	2,49
C150	21,82	10,0	1	37,33	37,29	1,75	10,00	37,33	37,29	1,75
C151	30,44	16,0	1	32,60	32,51	2,43	16,00	32,60	32,51	2,43
C152	60,87	16,0	1	65,20	65,02	4,87	16,00	65,20	65,02	4,87

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C153	45,97	2,5	1	314,27	314,25	3,68	2,50	314,27	314,25	3,68
C154	89,83	4,0	1	383,87	383,80	7,19	4,00	383,87	383,80	7,19
C155	107,52	4,0	1	459,46	459,38	8,60	4,00	459,46	459,38	8,60
C156	88,32	4,0	1	377,41	377,35	7,07	4,00	377,41	377,35	7,07
C157	70,61	2,5	1	482,72	482,69	5,65	2,50	482,72	482,69	5,65
C158	52,31	2,5	1	357,62	357,59	4,18	2,50	357,62	357,59	4,18
C159	66,12	2,5	1	452,03	452,00	5,29	2,50	452,03	452,00	5,29
C160	28,43	2,5	1	194,36	194,35	2,27	2,50	194,36	194,35	2,27

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C161	6,40	25,0	1	4,41	4,38	0,51	16,00	6,86	6,84	0,51
C162	7,10	25,0	1	4,89	4,85	0,57	16,00	7,60	7,58	0,57
C163	85,70	2,5	1	585,89	585,85	6,86	2,50	585,89	585,85	6,86
C164	42,56	2,5	1	290,96	290,94	3,40	2,50	290,96	290,94	3,40
C165	33,52	2,5	1	229,16	229,14	2,68	2,50	229,16	229,14	2,68
C166	47,30	2,5	1	323,36	323,34	3,78	2,50	323,36	323,34	3,78
C167	60,72	2,5	1	415,11	415,08	4,86	2,50	415,11	415,08	4,86
C168	74,19	2,5	1	507,20	507,16	5,94	2,50	507,20	507,16	5,94
C169	87,51	2,5	1	598,26	598,22	7,00	2,50	598,26	598,22	7,00



C170	101,45	2,5	1	693,56	693,51	8,12	2,50	693,56	693,51	8,12
C171	63,25	2,5	1	432,41	432,38	5,06	2,50	432,41	432,38	5,06
C172	63,60	2,5	1	434,80	434,77	5,09	2,50	434,80	434,77	5,09
C173	82,53	2,5	1	564,21	564,18	6,60	2,50	564,21	564,18	6,60
C174	74,69	2,5	1	510,62	510,58	5,98	2,50	510,62	510,58	5,98

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C175	64,00	2,5	1	437,53	437,50	5,12	2,50	437,53	437,50	5,12
C176	53,80	2,5	1	367,80	367,78	4,30	2,50	367,80	367,78	4,30
C177	61,29	2,5	1	419,01	418,98	4,90	2,50	419,01	418,98	4,90
C178	23,42	2,5	1	160,11	160,10	1,87	2,50	160,11	160,10	1,87
C179	69,91	2,5	1	477,94	477,90	5,59	2,50	477,94	477,90	5,59
C180	38,59	2,5	1	263,82	263,80	3,09	2,50	263,82	263,80	3,09
C181	53,37	2,5	1	364,86	364,84	4,27	2,50	364,86	364,84	4,27
C182	53,37	2,5	1	364,86	364,84	4,27	2,50	364,86	364,84	4,27
C183	53,37	2,5	1	364,86	364,84	4,27	2,50	364,86	364,84	4,27
C184	28,76	4,0	1	122,90	122,88	2,30	4,00	122,90	122,88	2,30
C185	20,04	4,0	1	85,65	85,63	1,60	4,00	85,65	85,63	1,60
C186	24,65	4,0	1	105,34	105,32	1,97	4,00	105,34	105,32	1,97
C187	30,47	4,0	1	130,21	130,18	2,44	4,00	130,21	130,18	2,44
C188	67,19	16,0	1	71,97	71,77	5,38	16,00	71,97	71,77	5,38
C189	48,59	16,0	1	52,05	51,90	3,89	16,00	52,05	51,90	3,89
C190	62,44	16,0	1	66,88	66,69	5,00	16,00	66,88	66,69	5,00

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C191	49,89	2,5	1	341,07	341,05	3,99	2,50	341,07	341,05	3,99
C192	78,39	2,5	1	535,91	535,87	6,27	2,50	535,91	535,87	6,27
C193	28,74	2,5	1	196,48	196,47	2,30	2,50	196,48	196,47	2,30
C194	23,91	2,5	1	163,46	163,45	1,91	2,50	163,46	163,45	1,91
C195	44,27	2,5	1	302,65	302,63	3,54	2,50	302,65	302,63	3,54
C196	56,10	2,5	1	383,53	383,50	4,49	2,50	383,53	383,50	4,49
C197	23,28	4,0	1	99,48	99,46	1,86	4,00	99,48	99,46	1,86
C198	71,18	4,0	1	304,17	304,12	5,69	4,00	304,17	304,12	5,69
C199	71,18	2,5	1	486,62	486,59	5,69	2,50	486,62	486,59	5,69
C206	61,08	16,0	1	65,42	65,24	4,89	16,00	65,42	65,24	4,89
C201	22,94	2,5	1	156,83	156,82	1,84	2,50	156,83	156,82	1,84
C207	74,81	16,0	1	80,13	79,91	5,98	16,00	80,13	79,91	5,98
C203	36,63	2,5	1	250,42	250,40	2,93	2,50	250,42	250,40	2,93
C208	38,30	16,0	1	41,02	40,91	3,06	16,00	41,02	40,91	3,06
C205	49,98	2,5	1	341,69	341,66	4,00	2,50	341,69	341,66	4,00
C206	61,08	16,0	1	65,42	65,24	4,89	16,00	65,42	65,24	4,89
C207	74,81	16,0	1	80,13	79,91	5,98	16,00	80,13	79,91	5,98
C208	38,30	16,0	1	41,02	40,91	3,06	16,00	41,02	40,91	3,06
C209	53,39	2,5	1	365,00	364,97	4,27	2,50	365,00	364,97	4,27
C210	31,77	2,5	1	217,19	217,18	2,54	2,50	217,19	217,18	2,54
C211	52,28	2,5	1	357,41	357,39	4,18	2,50	357,41	357,39	4,18



Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C212	4,00	35,0	1	1,98	1,95	0,32	25,00	2,75	2,73	0,32
C213	55,66	10,0	1	95,23	95,12	4,45	10,00	95,23	95,12	4,45
C214	36,45	10,0	1	62,36	62,29	2,92	10,00	62,36	62,29	2,92
C215	38,18	10,0	1	65,32	65,25	3,05	10,00	65,32	65,25	3,05
C216	46,20	10,0	1	79,04	78,96	3,70	10,00	79,04	78,96	3,70
C217	43,06	10,0	1	73,67	73,59	3,44	10,00	73,67	73,59	3,44
C218	34,84	16,0	1	37,32	37,21	2,79	16,00	37,32	37,21	2,79
C219	48,85	4,0	1	208,75	208,71	3,91	4,00	208,75	208,71	3,91
C220	57,89	16,0	1	62,01	61,83	4,63	16,00	62,01	61,83	4,63

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C221	47,92	2,5	1	327,60	327,58	3,83	2,50	327,60	327,58	3,83
C222	40,15	2,5	1	274,48	274,47	3,21	2,50	274,48	274,47	3,21
C223	52,26	2,5	1	357,27	357,25	4,18	2,50	357,27	357,25	4,18
C224	59,17	4,0	1	252,85	252,80	4,73	4,00	252,85	252,80	4,73
C225	61,53	2,5	1	420,65	420,62	4,92	2,50	420,65	420,62	4,92
C226	76,30	2,5	1	521,62	521,59	6,10	2,50	521,62	521,59	6,10
C227	93,60	2,5	1	639,89	639,85	7,49	2,50	639,89	639,85	7,49

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C228	21,01	35,0	1	10,40	10,26	1,68	25,00	14,46	14,36	1,68
C229	5,01	25,0	1	3,45	3,42	0,40	16,00	5,37	5,35	0,40
C230	42,29	2,5	1	289,11	289,09	3,38	2,50	289,11	289,09	3,38
C231	117,13	2,5	1	800,76	800,70	9,37	2,50	800,76	800,70	9,37
C232	33,03	10,0	1	56,51	56,45	2,64	10,00	56,51	56,45	2,64
C233	64,40	10,0	1	110,18	110,06	5,15	10,00	110,18	110,06	5,15
C234	41,34	2,5	1	282,62	282,60	3,31	2,50	282,62	282,60	3,31
C235	91,86	4,0	1	392,54	392,47	7,35	4,00	392,54	392,47	7,35
C236	104,30	6,0	1	297,20	297,08	8,34	6,00	297,20	297,08	8,34
C237	74,01	10,0	1	126,62	126,48	5,92	10,00	126,62	126,48	5,92
C238	26,95	16,0	1	28,87	28,79	2,16	16,00	28,87	28,79	2,16

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C239	63,93	2,5	1	437,06	437,03	5,11	2,50	437,06	437,03	5,11
C240	51,73	2,5	1	353,65	353,63	4,14	2,50	353,65	353,63	4,14
C241	40,12	2,5	1	274,28	274,26	3,21	2,50	274,28	274,26	3,21
C242	24,95	2,5	1	170,57	170,56	2,00	2,50	170,57	170,56	2,00
C243	61,23	2,5	1	418,60	418,57	4,90	2,50	418,60	418,57	4,90
C244	38,68	2,5	1	264,43	264,42	3,09	2,50	264,43	264,42	3,09
C245	36,68	2,5	1	250,76	250,74	2,93	2,50	250,76	250,74	2,93
C246	29,24	2,5	1	199,90	199,88	2,34	2,50	199,90	199,88	2,34

Cable	L [m]	S fase [mm2]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm2]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
C247	36,72	2,5	1	251,04	251,02	2,94	2,50	251,04	251,02	2,94



C248	16,74	2,5	1	114,44	114,43	1,34	2,50	114,44	114,43	1,34
C249	22,34	2,5	1	152,73	152,72	1,79	2,50	152,73	152,72	1,79
C250	28,58	2,5	1	195,39	195,37	2,29	2,50	195,39	195,37	2,29
C251	42,32	2,5	1	289,32	289,30	3,39	2,50	289,32	289,30	3,39
C252	26,29	4,0	1	112,34	112,32	2,10	4,00	112,34	112,32	2,10
C253	31,87	4,0	1	136,19	136,16	2,55	4,00	136,19	136,16	2,55
C254	44,10	4,0	1	188,45	188,42	3,53	4,00	188,45	188,42	3,53

Cable	L [m]	S instalar [mm ²]	Circuitos	Z fase [mΩ]	R fase [mΩ]	X fase [mΩ]	S PEN [mm ²]	Z PEN [mΩ]	R PEN [mΩ]	X PEN [mΩ]
IFV	20,00	70	6	0,86	0,81	0,27	35,00	1,65	1,63	0,27

5.1.4 Motores

En la instalación descrita previamente podemos encontrar dos tipos de motores: motores de corriente continua -servomotores en máquinas herramientas, polipastos, etc.- y motores asíncronos - ventiladores, túneles de lavado, bomba de calor, etc.

Con respecto a los motores de corriente continua, de acuerdo con la norma que aplica al cálculo de las corrientes de cortocircuito, sólo aplica a cálculo cuando se evalúa las corrientes de cortocircuito en estado permanente y, como se ha mencionado en la introducción de esta sección, en baja tensión no se estudia la aportación de dicha variable.

Con respecto a los motores asíncronos, estos habrá que tenerlos en cuenta siempre y cuando la aportación de las corrientes de cortocircuito de éstos al sistema satisfaga la siguiente expresión:

$$\sum_{i=0}^n I''_{kMotores} \geq 0,05 \cdot I''_k \quad (29)$$

Cabe destacar que hay máquinas asíncronas, como el enfriador o la bomba de calor, que disponen de variadores de frecuencia interna y, gracias a dicha electrónica de potencia, no aportarán valor alguno de corriente en estado de cortocircuito.

Por tanto, evaluado el aporte de las corrientes de los motores asíncronos en la instalación, se puede afirmar que no satisfacen la condición previamente descrita y, por tanto, se podrán despreciar a efectos de cálculo.

5.2 Cálculo de la componente inicial simétrica I_k''

Teniendo en cuenta el sistema de distribución en el que está instalada la aparamenta eléctrica, se deberá calcular la corriente de cortocircuito inicial simétrica en los dos casos siguientes:

- 1) Corriente de cortocircuito máxima: La corriente de cortocircuito máxima se generará cuando exista una falta trifásica en el sistema. Por tanto, dicha corriente vendrá definida por la siguiente expresión:

$$I''_{k3F} = \frac{c_{min} \cdot U_n}{\sqrt{3}Z_k} \quad (30)$$

- 2) Corriente de cortocircuito mínima: Dado que el sistema está tendido, mayoritariamente, bajo un esquema TN-C y, particularmente, bajo un esquema TN-S con neutro distribuido, la corriente de cortocircuito mínima se generará cuando exista una falta fase-PEN en TN-C o fase-neutro en TN-S.

$$I''_{k1F} = \frac{3}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}} \quad (31)$$

Dado que estamos en un caso que se puede considerar lejano al generador $Z_1 \approx Z_2$ y que en baja tensión se puede considerar $Z_1 \approx Z_0$, la fórmula final simplificada es la siguiente:

$$I''_{k1F} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1} \quad (32)$$

En ambos casos, el valor pico de la corriente de cortocircuito se calculará de la siguiente forma:

$$i_p = \kappa \sqrt{2} I''_k \text{ donde } \kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{R}{X}} \quad (33)$$

En todos los casos, el cálculo de la impedancia de defecto, en el esquema de distribución TN, sigue el formato siguiente:

$$Z_k^{3F} = Z_{red} + \frac{Z_{trafo}}{2} + \sum_{CGBT}^{cable i} Z_{cable_{fase}} \quad (34)$$

$$Z_k^{1F} = Z_{red} + \frac{Z_{trafo}}{2} + \sum_{CGBT}^{cable i} Z_{cable_{fase}} + \sum_{CGBT}^{cable i} Z_{cable_{PEN}} \quad (35)$$

A modo de ejemplo, como se puede observar en la imagen adjunta, para calcular el cortocircuito generado en el bus del cuadro terciario se deberán tener en cuenta las impedancias internas de la red, las de los transformadores y las de los conductores, tanto fase como PEN en función de la I''_k calculada.

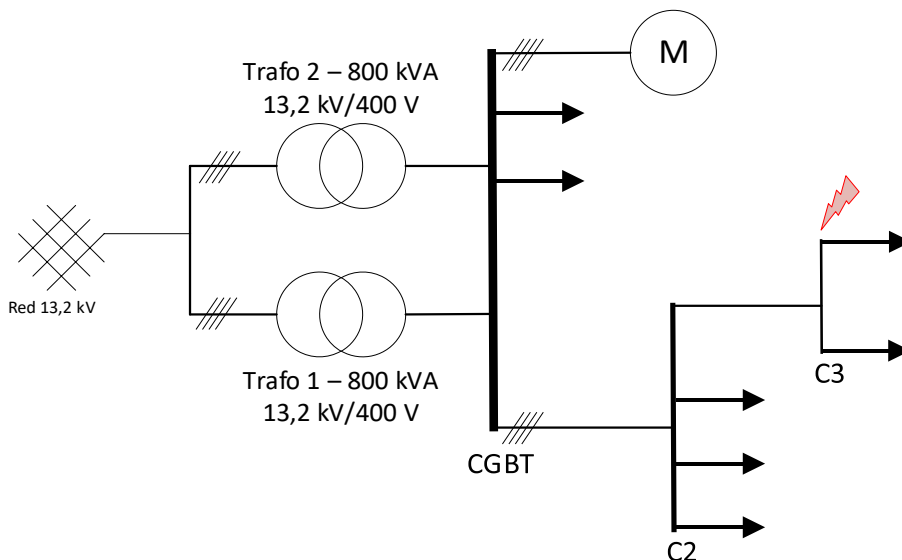


Ilustración 36 - Diagrama unifilar marco de cortocircuito

Teniendo en cuenta lo comentado acerca del cálculo de las corrientes de cortocircuito simétricas iniciales, en la tabla adjunta se muestran los valores obtenidos para cada uno de los conductores:



Tabla 50 - Cálculo: Corrientes de cortocircuito

Icc max							
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
5,36	1,60	5,12	C1	0,31	1,40	47,38	94,11

Icc min							
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
5,67	1,95	5,32	C1	0,37	1,35	36,69	69,83

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
54,00	51,33	16,76	C2	3,06	1,02	4,70	6,79
6,58	3,32	5,68	C3	0,58	1,19	38,60	64,96
9,14	5,11	7,58	C4	0,67	1,15	27,79	45,19
22,19	17,28	13,93	C5	1,24	1,04	11,45	16,90
20,17	16,42	11,71	C6	1,40	1,03	12,60	18,43
14,31	10,91	9,26	C7	1,18	1,05	17,76	26,33
27,76	23,46	14,84	C8	1,58	1,03	9,15	13,31
12,64	8,11	9,69	C9	0,84	1,10	20,10	31,26
17,76	14,17	10,71	C10	1,32	1,04	14,30	21,01
20,39	16,63	11,80	C11	1,41	1,03	12,46	18,22
20,93	16,16	13,30	C12	1,22	1,05	12,14	17,95
14,54	11,13	9,36	C13	1,19	1,05	17,47	25,88
21,19	17,38	12,14	C14	1,43	1,03	11,99	17,52
8,49	5,19	6,72	C255	0,77	1,12	29,91	47,23

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
153,45	150,80	28,40	C2	5,31	1,02	1,35	1,95
9,21	6,76	6,25	C3	1,08	1,06	22,57	33,77
14,64	10,65	10,05	C4	1,06	1,06	14,19	21,29
49,67	44,16	22,73	C5	1,94	1,02	4,18	6,05
48,19	44,58	18,30	C6	2,44	1,02	4,31	6,23
31,58	28,59	13,40	C7	2,13	1,02	6,58	9,51
69,49	65,00	24,56	C8	2,65	1,02	2,99	4,32
23,28	18,40	14,27	C9	1,29	1,04	8,93	13,14
41,40	38,05	16,30	C10	2,33	1,02	5,02	7,25
48,82	45,19	18,49	C11	2,44	1,02	4,26	6,14
46,40	41,13	21,48	C12	1,91	1,02	4,48	6,48
32,25	29,25	13,60	C13	2,15	1,02	6,44	9,31
51,09	47,36	19,15	C14	2,47	1,02	4,07	5,87
14,63	12,03	8,32	C255	1,45	1,03	14,21	20,76

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
479,14	478,65	21,76	C15	22,00	1,02	0,53	0,76
343,82	343,23	20,17	C16	17,01	1,02	0,74	1,07
434,19	433,67	21,23	C17	20,42	1,02	0,59	0,84
522,67	522,19	22,27	C18	23,45	1,02	0,49	0,70

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
906,36	905,97	26,76	C15	33,86	1,02	0,23	0,33
635,56	635,12	23,59	C16	26,92	1,02	0,33	0,47
816,41	816,00	25,71	C17	31,74	1,02	0,25	0,37
993,44	993,06	27,78	C18	35,75	1,02	0,21	0,30

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
8,99	6,33	6,39	C19	0,99	1,07	28,26	42,77

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
14,23	12,34	7,09	C19	1,74	1,03	14,60	21,17



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

14,45	12,75	6,79	C20	1,88	1,02	17,58	25,45
25,96	23,76	10,47	C21	2,27	1,02	9,78	14,13
229,53	229,38	8,33	C22	27,54	1,02	1,11	1,60
418,26	418,13	10,54	C23	39,68	1,02	0,61	0,88
257,42	257,28	8,65	C24	29,73	1,02	0,99	1,42
225,98	225,83	8,29	C25	27,25	1,02	1,12	1,62
421,75	421,61	10,58	C26	39,86	1,02	0,60	0,87
121,09	120,57	11,17	C27	10,79	1,02	2,10	3,03
480,33	480,20	11,26	C28	42,63	1,02	0,53	0,76
461,22	461,09	11,04	C29	41,77	1,02	0,55	0,79
518,89	518,75	11,71	C30	44,28	1,02	0,49	0,71

28,60	27,49	7,89	C20	3,48	1,02	7,27	10,48
66,41	64,64	15,25	C21	4,24	1,02	3,13	4,51
455,57	455,44	10,97	C22	41,50	1,02	0,46	0,66
833,08	832,94	15,39	C23	54,12	1,02	0,25	0,36
511,37	511,23	11,63	C24	43,97	1,02	0,41	0,59
448,48	448,34	10,89	C25	41,17	1,02	0,46	0,67
840,05	839,91	15,47	C26	54,28	1,02	0,25	0,36
238,41	237,83	16,66	C27	14,28	1,02	0,87	1,26
957,23	957,08	16,84	C28	56,82	1,02	0,22	0,31
919,01	918,86	16,40	C29	56,04	1,02	0,23	0,33
1034,34	1034,19	17,75	C30	58,27	1,02	0,20	0,29

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
116,28	115,71	11,51	C31	10,06	1,02	2,18	3,15
107,69	107,12	11,10	C32	9,65	1,02	2,36	3,40
253,41	253,17	11,01	C33	23,00	1,02	1,00	1,45
108,09	107,77	8,29	C34	13,01	1,02	2,35	3,39
92,31	91,73	10,38	C35	8,83	1,02	2,75	3,97
41,59	40,61	8,95	C36	4,54	1,02	6,11	8,81
53,70	52,79	9,87	C37	5,35	1,02	4,73	6,82
64,62	63,73	10,69	C38	5,96	1,02	3,93	5,67

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
225,71	225,10	16,63	C31	13,54	1,02	0,92	1,33
208,50	207,90	15,82	C32	13,14	1,02	1,00	1,44
500,26	500,01	15,63	C33	31,99	1,02	0,42	0,60
209,47	209,22	10,19	C34	20,54	1,02	0,99	1,43
177,71	177,12	14,38	C35	12,32	1,02	1,17	1,69
75,78	74,90	11,52	C36	6,50	1,02	2,74	3,96
100,15	99,25	13,35	C37	7,44	1,02	2,08	2,99
122,05	121,13	14,99	C38	8,08	1,02	1,70	2,46

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
121,36	120,78	11,84	C39	10,20	1,02	2,09	3,02
112,79	112,21	11,44	C40	9,81	1,02	2,25	3,25
257,18	256,93	11,36	C41	22,62	1,02	0,99	1,42
99,82	99,23	10,83	C42	9,16	1,02	2,54	3,67
245,64	245,39	11,14	C43	22,02	1,02	1,03	1,49
47,96	47,04	9,35	C44	5,03	1,02	5,30	7,64

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
229,42	228,80	16,90	C39	13,54	1,02	0,91	1,31
212,28	211,67	16,10	C40	13,15	1,02	0,98	1,41
501,35	501,10	15,93	C41	31,45	1,02	0,41	0,60
186,30	185,70	14,88	C42	12,48	1,02	1,12	1,61
478,28	478,03	15,50	C43	30,84	1,02	0,43	0,63
82,20	81,33	11,92	C44	6,82	1,02	2,53	3,65



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

60,10	59,22	10,27	C45	5,77	1,02	4,23	6,10
71,02	70,15	11,09	C46	6,33	1,02	3,58	5,16

106,57	105,68	13,75	C45	7,69	1,02	1,95	2,81
128,48	127,55	15,39	C46	8,29	1,02	1,62	2,33

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
64,57	63,38	12,32	C47	5,14	1,02	3,93	5,68
57,97	56,72	12,01	C48	4,72	1,02	4,38	6,32
147,22	146,74	11,91	C49	12,32	1,02	1,73	2,49
122,35	121,80	11,61	C50	10,49	1,02	2,08	2,99
172,05	171,62	12,20	C51	14,07	1,02	1,48	2,13
50,55	49,19	11,66	C52	4,22	1,02	5,03	7,25
61,71	60,49	12,19	C53	4,96	1,02	4,12	5,94

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
103,97	103,00	14,18	C47	7,27	1,02	2,00	2,88
90,69	89,67	13,55	C48	6,62	1,02	2,29	3,31
270,05	269,72	13,35	C49	20,21	1,02	0,77	1,11
220,21	219,84	12,76	C50	17,23	1,02	0,94	1,36
319,79	319,48	13,93	C51	22,94	1,02	0,65	0,94
75,72	74,62	12,85	C52	5,81	1,02	2,75	3,96
98,21	97,23	13,91	C53	6,99	1,02	2,12	3,05

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
14,20	11,02	8,97	C54	1,23	1,04	17,88	26,42
18,00	15,03	9,91	C55	1,52	1,03	14,11	20,56
76,31	75,53	10,88	C56	6,94	1,02	3,33	4,80
523,59	523,41	13,65	C57	38,35	1,02	0,49	0,70
173,54	173,27	9,55	C58	18,14	1,02	1,46	2,11
356,19	356,00	11,69	C59	30,45	1,02	0,71	1,03
320,99	320,79	11,28	C60	28,44	1,02	0,79	1,14
502,06	501,88	13,40	C61	37,46	1,02	0,51	0,73
381,07	380,88	11,98	C62	31,79	1,02	0,67	0,96
454,21	453,93	15,99	C63	28,39	1,02	0,56	0,81
500,04	499,86	13,37	C64	37,38	1,02	0,51	0,73
347,19	346,91	13,98	C65	24,81	1,02	0,73	1,06

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
25,07	22,84	10,35	C54	2,21	1,02	8,29	11,97
36,97	34,89	12,23	C55	2,85	1,02	5,62	8,11
146,64	145,95	14,18	C56	10,30	1,02	1,42	2,04
1041,90	1041,72	19,71	C57	52,84	1,02	0,20	0,29
341,63	341,44	11,52	C58	29,64	1,02	0,61	0,88
707,07	706,89	15,80	C59	44,75	1,02	0,29	0,42
636,66	636,48	14,97	C60	42,51	1,02	0,33	0,47
998,84	998,65	19,21	C61	51,98	1,02	0,21	0,30
756,83	756,66	16,38	C62	46,20	1,02	0,27	0,40
903,09	902,76	24,39	C63	37,01	1,02	0,23	0,33
994,80	994,62	19,16	C64	51,90	1,02	0,21	0,30
689,01	688,71	20,38	C65	33,79	1,02	0,30	0,44

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
25,50	23,50	9,90	C66	2,37	1,02	9,96	14,38
157,22	156,79	11,70	C67	13,41	1,02	1,62	2,33

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
37,58	35,99	10,84	C66	3,32	1,02	5,53	7,98
302,90	302,56	14,43	C67	20,97	1,02	0,69	0,99



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

53,35	52,23	10,90	C68	4,79	1,02	4,76	6,87
224,20	223,83	12,95	C69	17,28	1,02	1,13	1,63
44,43	42,95	11,36	C70	3,78	1,02	5,72	8,25
63,13	61,83	12,77	C71	4,84	1,02	4,02	5,80
81,53	80,61	12,22	C72	6,59	1,02	3,12	4,49

94,31	93,44	12,82	C68	7,29	1,02	2,20	3,18
436,97	436,64	16,94	C69	25,78	1,02	0,48	0,69
76,14	74,89	13,75	C70	5,45	1,02	2,73	3,94
113,85	112,64	16,58	C71	6,79	1,02	1,83	2,63
150,99	150,20	15,48	C72	9,70	1,02	1,38	1,99

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
77,77	76,90	11,64	C73	6,60	1,02	3,27	4,71
96,74	95,77	13,69	C74	7,00	1,02	2,63	3,79
48,93	46,55	15,07	C75	3,09	1,02	5,19	7,49
121,39	120,48	14,84	C76	8,12	1,02	2,09	3,02
48,55	46,97	12,30	C77	3,82	1,02	5,23	7,55
67,26	65,84	13,71	C78	4,80	1,02	3,78	5,45
278,44	278,05	14,83	C79	18,75	1,02	0,91	1,32

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
139,40	138,76	13,38	C73	10,37	1,02	1,49	2,15
177,36	176,50	17,47	C74	10,11	1,02	1,17	1,69
92,91	90,68	20,24	C75	4,48	1,02	2,24	3,23
226,79	225,92	19,78	C76	11,42	1,02	0,92	1,32
80,26	78,91	14,69	C77	5,37	1,02	2,59	3,74
117,96	116,66	17,52	C78	6,66	1,02	1,76	2,54
541,42	541,06	19,76	C79	27,39	1,02	0,38	0,55

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
410,15	409,73	18,52	C80	22,12	1,02	0,62	0,89
323,25	322,78	17,50	C81	18,44	1,02	0,79	1,13
432,83	432,43	18,78	C82	23,02	1,02	0,59	0,85
556,66	556,30	20,23	C83	27,49	1,02	0,46	0,66
556,66	556,30	20,23	C84	27,49	1,02	0,46	0,66
556,66	556,30	20,23	C85	27,49	1,02	0,46	0,66
325,92	325,44	17,53	C86	18,56	1,02	0,78	1,12
46,59	43,79	15,91	C87	2,75	1,02	5,45	7,87
85,04	83,32	17,02	C88	4,90	1,02	2,99	4,31

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
802,52	802,19	23,11	C80	34,71	1,02	0,26	0,37
628,63	628,28	21,08	C81	29,81	1,02	0,33	0,48
847,91	847,58	23,64	C82	35,85	1,02	0,25	0,35
1095,64	1095,31	26,54	C83	41,27	1,02	0,19	0,27
1095,64	1095,31	26,54	C84	41,27	1,02	0,19	0,27
1095,64	1095,31	26,54	C85	41,27	1,02	0,19	0,27
633,96	633,61	21,14	C86	29,97	1,02	0,33	0,47
72,54	70,30	17,90	C87	3,93	1,02	2,87	4,13
150,72	149,37	20,11	C88	7,43	1,02	1,38	1,99

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
514,93	514,63	17,54	C89	29,34	1,02	0,49	0,71
285,26	284,87	14,85	C90	19,18	1,02	0,89	1,28

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
1013,10	1012,83	23,37	C89	43,34	1,02	0,21	0,30
553,61	553,32	17,99	C90	30,75	1,02	0,38	0,54



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

45,14	43,23	12,97	C91	3,33	1,02	5,63	8,12
394,46	393,82	22,31	C92	17,65	1,02	0,64	0,93
300,17	299,69	17,01	C93	17,61	1,02	0,85	1,22
312,10	311,73	15,17	C94	20,55	1,02	0,81	1,17
354,33	353,98	15,66	C95	22,60	1,02	0,72	1,03
462,98	462,67	16,93	C96	27,32	1,02	0,55	0,79
387,67	387,34	16,05	C97	24,13	1,02	0,66	0,95

71,48	70,05	14,22	C91	4,93	1,02	2,91	4,19
771,93	771,23	32,91	C92	23,43	1,02	0,27	0,39
583,38	582,95	22,32	C93	26,12	1,02	0,36	0,51
607,34	607,05	18,62	C94	32,60	1,02	0,34	0,49
691,82	691,54	19,61	C95	35,26	1,02	0,30	0,43
909,20	908,93	22,16	C96	41,03	1,02	0,23	0,33
758,54	758,26	20,39	C97	37,18	1,02	0,27	0,40

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
951,88	951,50	26,87	C98	35,41	1,02	0,27	0,38
533,90	533,56	19,04	C99	28,02	1,02	0,48	0,69
883,81	883,44	25,60	C100	34,51	1,02	0,29	0,41
688,23	688,01	17,18	C101	40,04	1,02	0,37	0,53
483,50	483,27	14,79	C102	32,68	1,02	0,53	0,76
454,72	454,49	14,45	C103	31,45	1,02	0,56	0,81
173,82	173,47	11,16	C104	15,54	1,02	1,46	2,11
293,84	293,57	12,57	C105	23,36	1,02	0,86	1,25
452,81	452,58	14,43	C106	31,37	1,02	0,56	0,81
348,17	347,92	13,20	C107	26,35	1,02	0,73	1,05
529,91	529,69	15,33	C108	34,55	1,02	0,48	0,69
309,35	309,09	12,75	C109	24,25	1,02	0,82	1,18
503,32	503,10	15,02	C110	33,50	1,02	0,50	0,73
503,32	503,10	15,02	C111	33,50	1,02	0,50	0,73
503,32	503,10	15,02	C112	33,50	1,02	0,50	0,73
301,43	301,16	12,66	C113	23,80	1,02	0,84	1,22
275,05	274,78	12,35	C114	22,26	1,02	0,92	1,33
396,83	396,59	13,77	C115	28,80	1,02	0,64	0,92

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
1892,61	1892,09	44,48	C98	42,54	1,02	0,11	0,16
1056,61	1056,22	28,83	C99	36,63	1,02	0,20	0,28
1756,47	1755,97	41,93	C100	41,88	1,02	0,12	0,17
1365,35	1365,12	25,11	C101	54,37	1,02	0,15	0,22
955,86	955,64	20,31	C102	47,04	1,02	0,22	0,31
898,30	898,08	19,64	C103	45,73	1,02	0,23	0,33
336,28	336,03	13,06	C104	25,72	1,02	0,62	0,89
576,46	576,24	15,87	C105	36,30	1,02	0,36	0,52
894,47	894,25	19,60	C106	45,63	1,02	0,23	0,34
685,15	684,94	17,15	C107	39,95	1,02	0,30	0,44
1048,69	1048,47	21,40	C108	48,99	1,02	0,20	0,29
607,50	607,28	16,24	C109	37,40	1,02	0,34	0,49
995,51	995,29	20,78	C110	47,90	1,02	0,21	0,30
995,51	995,29	20,78	C111	47,90	1,02	0,21	0,30
995,51	995,29	20,78	C112	47,90	1,02	0,21	0,30
591,64	591,42	16,05	C113	36,84	1,02	0,35	0,51
538,87	538,64	15,43	C114	34,90	1,02	0,39	0,56
782,49	782,28	18,29	C115	42,78	1,02	0,27	0,38

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
-----------	-----------	-----------	-------	-----	---	-----------	---------

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
-----------	-----------	-----------	-------	-----	---	-----------	---------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

702,99	702,62	22,79	C116	30,83	1,02	0,36	0,52
321,14	320,62	18,32	C117	17,50	1,02	0,79	1,14
62,92	60,70	16,58	C118	3,66	1,02	4,04	5,82
86,36	84,53	17,70	C119	4,78	1,02	2,94	4,24
44,95	42,12	15,71	C120	2,68	1,02	5,65	8,15
318,31	317,66	20,35	C121	15,61	1,02	0,80	1,15
116,71	115,53	16,57	C122	6,97	1,02	2,18	3,14
180,02	179,14	17,76	C123	10,09	1,02	1,41	2,04
332,62	331,98	20,62	C124	16,10	1,02	0,76	1,10
87,54	85,73	17,76	C125	4,83	1,02	2,90	4,19
519,48	519,07	20,64	C126	25,15	1,02	0,49	0,71
450,05	449,62	19,83	C127	22,68	1,02	0,56	0,81
379,75	379,27	19,01	C128	19,96	1,02	0,67	0,96
308,30	307,77	18,17	C129	16,94	1,02	0,82	1,19
310,15	309,61	18,19	C130	17,02	1,02	0,82	1,18
381,59	381,12	19,03	C131	20,03	1,02	0,67	0,96

1382,11	1381,77	30,74	C116	44,95	1,02	0,15	0,22
618,17	617,78	21,80	C117	28,34	1,02	0,34	0,49
99,63	97,93	18,33	C118	5,34	1,02	2,09	3,01
147,04	145,60	20,56	C119	7,08	1,02	1,41	2,04
62,99	60,77	16,59	C120	3,66	1,02	3,30	4,76
612,40	611,85	25,86	C121	23,66	1,02	0,34	0,49
208,41	207,60	18,29	C122	11,35	1,02	1,00	1,44
335,46	334,82	20,67	C123	16,20	1,02	0,62	0,89
641,04	640,49	26,39	C124	24,27	1,02	0,32	0,47
149,43	147,99	20,67	C125	7,16	1,02	1,39	2,01
1015,02	1014,68	26,44	C126	38,38	1,02	0,20	0,30
876,12	875,77	24,82	C127	35,29	1,02	0,24	0,34
735,45	735,09	23,17	C128	31,73	1,02	0,28	0,41
592,47	592,08	21,50	C129	27,54	1,02	0,35	0,51
596,16	595,77	21,54	C130	27,66	1,02	0,35	0,50
739,14	738,78	23,21	C131	31,83	1,02	0,28	0,41

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
20,66	17,35	11,21	C132	1,55	1,03	12,30	17,90
34,81	32,47	12,54	C133	2,59	1,02	7,30	10,53
15,92	12,38	10,01	C134	1,24	1,04	15,95	23,55
598,83	598,60	16,60	C135	36,06	1,02	0,42	0,61
268,66	268,36	12,74	C136	21,07	1,02	0,95	1,36
726,39	726,16	18,10	C137	40,13	1,02	0,35	0,50
342,55	342,02	19,07	C138	17,93	1,02	0,74	1,07
386,21	385,84	16,76	C139	23,01	1,02	0,66	0,95
294,21	293,92	13,04	C140	22,55	1,02	0,86	1,25
248,64	248,33	12,50	C141	19,86	1,02	1,02	1,47
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
32,85	30,29	12,72	C132	2,38	1,02	6,33	9,13
72,19	70,53	15,39	C133	4,58	1,02	2,88	4,15
19,60	16,66	10,33	C134	1,61	1,03	10,60	15,41
1189,33	1189,10	23,51	C135	50,57	1,02	0,17	0,25
528,84	528,60	15,78	C136	33,49	1,02	0,39	0,57
1444,46	1444,22	26,50	C137	54,50	1,02	0,14	0,21
676,53	675,93	28,45	C138	23,76	1,02	0,31	0,44
763,95	763,57	23,84	C139	32,03	1,02	0,27	0,39
579,97	579,74	16,38	C140	35,39	1,02	0,36	0,52
488,78	488,54	15,31	C141	31,90	1,02	0,43	0,61
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

63,00	61,59	13,28	C142	4,64	1,02	4,03	5,82
128,72	127,68	16,37	C143	7,80	1,02	1,97	2,85
405,41	405,10	15,74	C144	25,73	1,02	0,63	0,90
267,38	266,91	15,88	C145	16,81	1,02	0,95	1,37
94,39	92,87	16,86	C146	5,51	1,02	2,69	3,88
65,53	63,86	14,69	C147	4,35	1,02	3,88	5,59
111,86	110,37	18,17	C148	6,07	1,02	2,27	3,28

106,93	105,83	15,35	C142	6,90	1,02	1,94	2,80
238,98	238,01	21,54	C143	11,05	1,02	0,87	1,25
793,11	792,85	20,28	C144	39,09	1,02	0,26	0,38
516,87	516,46	20,55	C145	25,13	1,02	0,40	0,58
169,88	168,38	22,52	C146	7,48	1,02	1,22	1,76
111,86	110,37	18,17	C147	6,07	1,02	1,86	2,68
204,95	203,40	25,14	C148	8,09	1,02	1,01	1,46

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
245,56	245,10	15,03	C149	16,31	1,02	1,03	1,49
71,20	69,76	14,29	C150	4,88	1,02	3,57	5,15
66,68	64,98	14,98	C151	4,34	1,02	3,81	5,50
99,03	97,49	17,41	C152	5,60	1,02	2,57	3,70

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
458,07	457,73	17,52	C149	26,13	1,02	0,45	0,65
108,23	107,04	16,03	C150	6,68	1,02	1,92	2,77
99,03	97,49	17,41	C151	5,60	1,02	2,10	3,03
164,02	162,50	22,28	C152	7,29	1,02	1,27	1,83

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
326,92	326,63	13,69	C153	23,86	1,02	0,78	1,12
396,55	396,18	17,20	C154	23,04	1,02	0,64	0,92
472,13	471,76	18,61	C155	25,34	1,02	0,54	0,78
390,10	389,73	17,08	C156	22,82	1,02	0,65	0,94
495,32	495,07	15,66	C157	31,61	1,02	0,51	0,74
370,25	369,97	14,20	C158	26,06	1,02	0,69	0,99
464,63	464,38	15,30	C159	30,35	1,02	0,55	0,79
207,09	206,73	12,29	C160	16,83	1,02	1,23	1,77

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
641,12	640,88	17,37	C153	36,90	1,02	0,32	0,47
780,36	779,98	24,38	C154	31,99	1,02	0,27	0,38
931,54	931,14	27,22	C155	34,21	1,02	0,22	0,32
767,46	767,08	24,14	C156	31,77	1,02	0,27	0,39
977,99	977,76	21,31	C157	45,88	1,02	0,21	0,31
727,80	727,56	18,38	C158	39,58	1,02	0,29	0,41
916,61	916,38	20,59	C159	44,50	1,02	0,23	0,33
401,34	401,08	14,56	C160	27,54	1,02	0,52	0,75

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
21,67	18,54	11,22	C161	1,65	1,03	11,72	17,02
22,11	19,02	11,28	C162	1,69	1,03	11,49	16,67
600,27	600,01	17,56	C163	34,16	1,02	0,42	0,61
305,43	305,11	14,11	C164	21,62	1,02	0,83	1,20

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
27,96	25,38	11,73	C161	2,16	1,02	7,43	10,74
29,12	26,60	11,84	C162	2,25	1,02	7,14	10,31
1186,11	1185,86	24,42	C163	48,56	1,02	0,18	0,25
596,30	596,05	17,52	C164	34,02	1,02	0,35	0,50



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

243,68	243,31	13,39	C165	18,17	1,02	1,04	1,50
337,82	337,51	14,49	C166	23,29	1,02	0,75	1,08
429,53	429,25	15,57	C167	27,58	1,02	0,59	0,85
521,60	521,33	16,64	C168	31,32	1,02	0,49	0,70
612,64	612,39	17,71	C169	34,58	1,02	0,41	0,60
707,93	707,68	18,82	C170	37,59	1,02	0,36	0,52
446,82	446,54	15,77	C171	28,32	1,02	0,57	0,82
449,21	448,94	15,80	C172	28,42	1,02	0,57	0,82
578,60	578,34	17,31	C173	33,41	1,02	0,44	0,63
525,01	524,75	16,68	C174	31,45	1,02	0,48	0,70

472,73	472,45	16,07	C165	29,40	1,02	0,44	0,63
661,11	660,85	18,28	C166	36,16	1,02	0,31	0,45
844,58	844,33	20,42	C167	41,34	1,02	0,25	0,35
1028,74	1028,49	22,58	C168	45,55	1,02	0,20	0,29
1210,86	1210,60	24,71	C169	48,99	1,02	0,17	0,25
1401,45	1401,19	26,94	C170	52,01	1,02	0,15	0,21
879,17	878,92	20,83	C171	42,20	1,02	0,24	0,34
883,95	883,71	20,88	C172	42,31	1,02	0,24	0,34
1142,77	1142,52	23,91	C173	47,78	1,02	0,18	0,26
1035,58	1035,33	22,66	C174	45,69	1,02	0,20	0,29

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
456,34	456,05	16,34	C175	27,91	1,02	0,56	0,80
386,63	386,32	15,52	C176	24,88	1,02	0,66	0,95
437,82	437,52	16,12	C177	27,14	1,02	0,58	0,84
179,12	178,64	13,09	C178	13,64	1,02	1,42	2,05
496,73	496,45	16,81	C179	29,53	1,02	0,51	0,74
282,71	282,34	14,31	C180	19,73	1,02	0,90	1,30
383,69	383,38	15,49	C181	24,75	1,02	0,66	0,96
383,69	383,38	15,49	C182	24,75	1,02	0,66	0,96
383,69	383,38	15,49	C183	24,75	1,02	0,66	0,96
142,06	141,42	13,52	C184	10,46	1,02	1,79	2,58
104,96	104,18	12,82	C185	8,12	1,02	2,42	3,49
124,56	123,86	13,19	C186	9,39	1,02	2,04	2,94
149,35	148,73	13,66	C187	10,89	1,02	1,70	2,45
91,82	90,31	16,60	C188	5,44	1,02	2,77	3,99
72,04	70,44	15,11	C189	4,66	1,02	3,53	5,09
86,77	85,24	16,22	C190	5,26	1,02	2,93	4,22
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
893,81	893,55	21,46	C175	41,64	1,02	0,23	0,34
754,36	754,10	19,83	C176	38,03	1,02	0,28	0,40
856,76	856,50	21,03	C177	40,73	1,02	0,24	0,35
339,07	338,74	14,97	C178	22,63	1,02	0,61	0,88
974,61	974,35	22,41	C179	43,49	1,02	0,21	0,31
546,42	546,15	17,40	C180	31,40	1,02	0,38	0,55
748,48	748,22	19,76	C181	37,87	1,02	0,28	0,40
748,48	748,22	19,76	C182	37,87	1,02	0,28	0,40
748,48	748,22	19,76	C183	37,87	1,02	0,28	0,40
264,77	264,30	15,82	C184	16,70	1,02	0,79	1,13
190,36	189,81	14,43	C185	13,16	1,02	1,09	1,58
229,68	229,18	15,16	C186	15,11	1,02	0,90	1,31
279,37	278,91	16,10	C187	17,33	1,02	0,74	1,07
163,56	162,08	21,97	C188	7,38	1,02	1,27	1,83
123,81	122,34	19,00	C189	6,44	1,02	1,68	2,42
153,40	151,93	21,21	C190	7,16	1,02	1,35	1,95
Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

360,39	360,07	15,27	C191	23,58	1,02	0,70	1,02
555,17	554,89	17,55	C192	31,62	1,02	0,46	0,66
215,91	215,49	13,58	C193	15,87	1,02	1,18	1,70
182,95	182,47	13,19	C194	13,83	1,02	1,39	2,00
321,99	321,65	14,82	C195	21,71	1,02	0,79	1,14
402,83	402,52	15,76	C196	25,53	1,02	0,63	0,91
119,21	118,48	13,14	C197	9,02	1,02	2,13	3,07
323,58	323,14	16,97	C198	19,04	1,02	0,79	1,13
505,89	505,61	16,97	C199	29,79	1,02	0,50	0,72
85,80	84,26	16,16	C206	5,21	1,02	2,96	4,27
176,33	175,84	13,11	C201	13,41	1,02	1,44	2,08
100,42	98,93	17,26	C207	5,73	1,02	2,53	3,65
269,80	269,42	14,21	C203	18,96	1,02	0,94	1,36
61,62	59,93	14,34	C208	4,18	1,02	4,12	5,95
361,01	360,68	15,27	C205	23,61	1,02	0,70	1,02
85,80	84,26	16,16	C206	5,21	1,02	2,96	4,27
100,42	98,93	17,26	C207	5,73	1,02	2,53	3,65
61,62	59,93	14,34	C208	4,18	1,02	4,12	5,95
384,31	383,99	15,55	C209	24,70	1,02	0,66	0,95
236,60	236,20	13,82	C210	17,09	1,02	1,07	1,55
376,72	376,41	15,46	C211	24,35	1,02	0,67	0,97

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
22,19	18,58	12,12	C212	1,53	1,03	11,45	16,68
112,93	111,75	16,26	C213	6,87	1,02	2,25	3,24
80,28	78,92	14,72	C214	5,36	1,02	3,16	4,56
83,21	81,88	14,86	C215	5,51	1,02	3,05	4,40
96,83	95,58	15,50	C216	6,17	1,02	2,62	3,78
91,50	90,22	15,25	C217	5,92	1,02	2,78	4,01

701,38	701,12	19,26	C191	36,40	1,02	0,30	0,43
1091,03	1090,77	23,82	C192	45,79	1,02	0,19	0,27
412,26	411,95	15,87	C193	25,95	1,02	0,50	0,73
346,25	345,92	15,10	C194	22,91	1,02	0,60	0,87
624,55	624,28	18,36	C195	34,00	1,02	0,33	0,48
786,28	786,02	20,25	C196	38,81	1,02	0,26	0,38
218,46	217,95	15,00	C197	14,53	1,02	0,95	1,37
627,66	627,25	22,67	C198	27,67	1,02	0,33	0,48
992,45	992,19	22,67	C199	43,78	1,02	0,21	0,30
150,98	149,50	21,05	C206	7,10	1,02	1,38	1,99
332,99	332,66	14,95	C201	22,26	1,02	0,62	0,90
180,34	178,83	23,25	C207	7,69	1,02	1,15	1,66
520,11	519,83	17,14	C203	30,33	1,02	0,40	0,58
102,33	100,84	17,40	C208	5,79	1,02	2,03	2,93
702,61	702,35	19,27	C205	36,44	1,02	0,30	0,43
150,98	149,50	21,05	C206	7,10	1,02	1,38	1,99
180,34	178,83	23,25	C207	7,69	1,02	1,15	1,66
102,33	100,84	17,40	C208	5,79	1,02	2,03	2,93
749,23	748,97	19,82	C209	37,79	1,02	0,28	0,40
453,68	453,38	16,36	C210	27,71	1,02	0,46	0,66
734,06	733,79	19,64	C211	37,36	1,02	0,28	0,41

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
24,68	21,31	12,44	C212	1,71	1,03	8,42	12,22
207,91	206,87	20,71	C213	9,99	1,02	1,00	1,44
142,31	141,21	17,63	C214	8,01	1,02	1,46	2,11
148,21	147,13	17,91	C215	8,21	1,02	1,40	2,02
175,59	174,54	19,19	C216	9,09	1,02	1,18	1,71
164,87	163,81	18,69	C217	8,76	1,02	1,26	1,82



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

55,78	53,84	14,59	C218	3,69	1,02	4,55	6,57
225,89	225,34	15,71	C219	14,34	1,02	1,12	1,62
80,16	78,46	16,43	C220	4,77	1,02	3,17	4,57

92,70	91,05	17,38	C218	5,24	1,02	2,24	3,23
434,49	434,05	19,62	C219	22,12	1,02	0,48	0,69
141,87	140,29	21,07	C220	6,66	1,02	1,47	2,11

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
346,53	346,16	15,96	C221	21,69	1,02	0,73	1,06
293,45	293,05	15,33	C222	19,11	1,02	0,87	1,25
376,18	375,83	16,30	C223	23,05	1,02	0,68	0,97
271,91	271,38	16,86	C224	16,10	1,02	0,93	1,35
439,53	439,20	17,05	C225	25,77	1,02	0,58	0,83
540,47	540,17	18,23	C226	29,64	1,02	0,47	0,68
658,72	658,43	19,61	C227	33,58	1,02	0,39	0,56

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
674,03	673,74	19,79	C221	34,04	1,02	0,31	0,44
567,81	567,51	18,55	C222	30,60	1,02	0,37	0,53
733,37	733,08	20,48	C223	35,79	1,02	0,28	0,41
524,63	524,19	21,59	C224	24,28	1,02	0,40	0,57
860,10	859,82	21,97	C225	39,14	1,02	0,24	0,35
1062,03	1061,75	24,33	C226	43,64	1,02	0,20	0,28
1298,56	1298,28	27,10	C227	47,91	1,02	0,16	0,23

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
30,37	26,42	14,98	C228	1,76	1,02	8,36	12,12
23,90	19,59	13,70	C229	1,43	1,03	10,63	15,53
305,71	305,26	16,68	C230	18,30	1,02	0,83	1,20
817,18	816,86	22,67	C231	36,03	1,02	0,31	0,45
74,34	72,61	15,94	C232	4,55	1,02	3,42	4,93
127,56	126,22	18,45	C233	6,84	1,02	1,99	2,87
299,22	298,76	16,61	C234	17,99	1,02	0,85	1,22
409,15	408,63	20,65	C235	19,79	1,02	0,62	0,90
313,99	313,24	21,64	C236	14,47	1,02	0,81	1,17
143,93	142,64	19,22	C237	7,42	1,02	1,76	2,55
47,53	44,95	15,46	C238	2,91	1,02	5,34	7,71

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
44,06	40,78	16,66	C228	2,45	1,02	4,72	6,81
28,65	24,94	14,10	C229	1,77	1,02	7,26	10,52
594,69	594,35	20,07	C230	29,62	1,02	0,35	0,50
1617,88	1617,56	32,04	C231	50,48	1,02	0,13	0,19
130,39	129,06	18,58	C232	6,94	1,02	1,59	2,30
237,46	236,28	23,60	C233	10,01	1,02	0,88	1,26
581,70	581,36	19,91	C234	29,19	1,02	0,36	0,52
801,59	801,11	28,00	C235	28,61	1,02	0,26	0,37
611,06	610,32	29,99	C236	20,35	1,02	0,34	0,49
270,30	269,13	25,14	C237	10,70	1,02	0,77	1,11
75,81	73,73	17,61	C238	4,19	1,02	2,74	3,95

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
463,88	463,45	20,10	C239	23,06	1,02	0,55	0,79
380,53	380,05	19,12	C240	19,88	1,02	0,67	0,96

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
900,82	900,47	25,21	C239	35,72	1,02	0,23	0,33
734,04	733,67	23,26	C240	31,55	1,02	0,28	0,41



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

301,23	300,68	18,19	C241	16,53	1,02	0,84	1,22
197,71	196,98	16,98	C242	11,60	1,02	1,28	1,85
445,43	444,99	19,88	C243	22,38	1,02	0,57	0,82
291,40	290,84	18,08	C244	16,09	1,02	0,87	1,26
277,74	277,16	17,92	C245	15,47	1,02	0,91	1,32
226,97	226,31	17,32	C246	13,07	1,02	1,12	1,61

575,34	574,94	21,40	C241	26,87	1,02	0,36	0,52
368,03	367,54	18,97	C242	19,37	1,02	0,56	0,81
863,91	863,56	24,78	C243	34,85	1,02	0,24	0,35
555,66	555,25	21,17	C244	26,23	1,02	0,37	0,54
528,32	527,91	20,85	C245	25,32	1,02	0,39	0,57
426,64	426,19	19,66	C246	21,68	1,02	0,49	0,70

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
271,12	270,60	16,64	C247	16,26	1,02	0,94	1,35
134,86	134,02	15,04	C248	8,91	1,02	1,88	2,72
173,00	172,30	15,49	C249	11,12	1,02	1,47	2,12
215,55	214,96	15,99	C250	13,45	1,02	1,18	1,70
309,36	308,89	17,09	C251	18,08	1,02	0,82	1,18
132,85	131,91	15,80	C252	8,35	1,02	1,91	2,76
156,60	155,75	16,25	C253	9,58	1,02	1,62	2,34
208,72	208,00	17,23	C254	12,07	1,02	1,22	1,76

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
521,99	521,62	19,58	C247	26,65	1,02	0,40	0,57
248,99	248,46	16,38	C248	15,17	1,02	0,83	1,20
325,48	325,02	17,28	C249	18,81	1,02	0,64	0,92
410,74	410,33	18,27	C250	22,45	1,02	0,51	0,73
598,54	598,19	20,47	C251	29,22	1,02	0,35	0,50
244,89	244,23	17,91	C252	13,64	1,02	0,85	1,22
292,52	291,92	18,80	C253	15,53	1,02	0,71	1,02
396,96	396,42	20,76	C254	19,10	1,02	0,52	0,76

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
5,90	2,41	5,38	IFV-AC-C1 (6)	0,45	1,28	43,06	77,70

Z cc [mΩ]	R cc [mΩ]	X cc [mΩ]	Cable	R/X	k	Ik'' [kA]	ip [kA]
6,95	4,04	5,65	IFV-AC-C1 (6)	0,71	1,13	29,92	48,03

6. CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]

En este apartado se recogen todos los criterios a tener en cuenta de cara a seleccionar los dispositivos de protección de la instalación de baja tensión; esto es, de interruptores automáticos y descargadores.

6.1. Protección frente a sobrecargas

Teniendo en cuenta lo argumentado en el apartado *Protección frente a sobrecargas*, los criterios de diseño y dimensionamiento de los interruptores automáticos de la instalación para proteger frente a sobrecargas son los siguientes:

- La corriente asignada de protección (I_z) debe ser mayor o igual a la de dimensionamiento (I_b) y menor o igual a la capacidad de conducción en régimen permanente (I_z):

$$I_B \leq I_r \leq I_z \quad (36)$$

- La corriente de funcionamiento efectivo en el tiempo convencional de actuación (I_2) debe ser menor que 1,45 veces la capacidad de conducción en régimen permanente (I_z). El hecho de ser interruptor automático satisface esta condición -no así con otros elementos de corte frente a sobrecargas como los fusibles-:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (37)$$

6.2. Protección frente a cortocircuitos

Siguiendo lo detallado en el apartado *Protección frente a cortocircuitos*, los criterios de diseño y dimensionamiento de los interruptores automáticos de la instalación para proteger frente a cortocircuitos son los siguientes:

- El poder de corte del interruptor automático (I_{cu}) tiene que ser superior a la corriente de cortocircuito máxima prevista - I_{cc}^{max} , trifásica- en el punto de instalación:

$$I_{cu} \geq I_{cc}^{trifásica} \quad (38)$$

- La corriente de cortocircuito mínima - I_{cc}^{min} , monofásica en TN-C sin diferenciales o TN-S con diferenciales y neutro distribuido- tiene que ser superior a la corriente mínima de disparo instantáneo o magnético (I_m o I_i):

$$I_{cc}^{monofásica} \geq I_m \quad (39)$$

- Además, en este esquema de distribución, deberá cumplirse que la corriente mínima de disparo instantáneo sea inferior a la relación entre la tensión simple (V_0) y la impedancia del bucle de defecto (Z_s):

$$I_m \leq \frac{V_0}{Z_s} \quad (40)$$

Con respecto a la longitud del cable, cabe destacar que el valor de la corriente de cortocircuito mínima está relacionado con la longitud máxima del conductor a proteger; esto es, a mayor corriente mínima de disparo instantáneo requerida, menor será la longitud del cable. Es por ello por lo que se deberá verificar la longitud máxima protegida a través de la siguiente expresión:

$$L_{max} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1,5 \cdot \rho \cdot I_m \cdot (1 + m)} \text{ donde } \begin{cases} k_{sec}: \text{factor } f(s > 95 \text{ mm}^2) \\ k_{par}: \text{factor cond. en paralelo} \\ m: \text{Relación } S_{fase}/S_{neutro} \end{cases} \quad (41)$$

En caso de que la longitud real sea superior a la obtenida mediante la expresión, se deberá reducir la corriente mínima de disparo instantáneo (I_m) hasta que el resultado del cálculo coincida con la longitud real del conductor.

6.3. Selección de interruptores automáticos

Así pues, recogiendo lo razonado en los apartados anteriores, se van a seleccionar los interruptores automáticos que, en cada caso, satisfagan todos los requerimientos de diseño. Además, dado que al realizar la selección directa de los dispositivos no todos ellos cumplían con los criterios de selectividad, se han realizado modificaciones para que selectivamente sean más adecuados:



Tabla 51 - Cálculo: Interruptores Automáticos

Cable	I _B [A]	I _Z [A]	Interruptor automático													Relé de protección					
			Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C1	1992,49	3868,8	47,38	36,69	IA1	Bastidor Abierto	MTZ2 25	H2V	4P 3R	2500	-	100	3,00	458,91	-	42,90	Micrologic 5,0 X	2500	25000	3000	
C2	5,01	151,14	4,70	1,35	IA2	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	0,80	149,54	-	4,26	Micrologic 5	100	1000	800	Total
C3	230,52	387,30	38,60	22,57	IA3	Caja Moldeada	NSX250	N	4P 3R	250	-	50	3,00	47,45	-	34,95	Micrologic 5	250	2500	3000	Total
C4	254,05	550,62	27,79	14,19	IA4	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	4,80	78,28	-	25,16	Micrologic 5	400	4000	4800	Total
C5	143,73	238,74	11,45	4,18	IA5	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	132,22	-	10,36	Micrologic 5	160	1600	2400	Total
C6	58,95	200,14	12,60	4,31	IA6	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	156,75	-	11,40	Micrologic 5	100	1000	1500	Total
C7	17,42	187,08	17,76	6,58	IA7	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	156,75	-	16,08	Micrologic 5	100	1000	1500	Total
C8	125,59	200,14	9,15	2,99	IA8	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	1,60	132,26	-	8,29	Micrologic 5	160	1600	1600	Total
C9	208,51	500,98	20,10	8,93	IA9	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,50	556,64	-	18,20	Micrologic 5	250	2500	3000	Total
C10	112,56	374,17	14,30	5,02	IA10	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	1,36	146,96	-	12,95	Micrologic 5	160	1600	1360	Total
C11	262,60	400,27	12,46	4,26	IA11	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	2,80	167,95	-	11,28	Micrologic 5	400	4000	2800	Total
C12	144,87	434,44	12,14	4,48	IA12	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	264,44	-	10,99	Micrologic 5	160	1600	2400	Total
C13	194,85	374,17	17,47	6,44	IA13	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,75	120,92	-	15,82	Micrologic 5	250	2500	1750	Total
C14	341,00	411,24	11,99	4,07	IA14	Caja Moldeada	NSX400	F	4P 3R	400	-	36	1,60	357,11	-	10,85	Micrologic 2	400	4000	4800	Total
C255	198,46	257,00	29,91	14,21	IA256	Caja Moldeada	NSX250	F	4P 3R	250	-	36	1,60	357,11	-	27,08	Micrologic 2	250	2500	3000	Total

Cable	I _B [A]	I _Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C15	0,60	36,00	0,53	0,23	IA15	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,48					Total
C16	6,91	36,00	0,74	0,33	IA16	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,67					Total
C17	6,91	36,00	0,59	0,25	IA17	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,53					Total
C18	3,84	36,00	0,49	0,21	IA18	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,44					Total

Cable	I _B [A]	I _Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
-------	--------------------	--------------------	---------------	---------------	--------------	------	--------	------	-------	-----------	--------	-----------------	---------	--------------	-------	-------------------	--------	--------	---------	--------	--------------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C19	66,08	137,49	28,26	14,60	IA19	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	79,75	-	25,58	Micrologic 2	100	1000	1500	Total
C20	67,07	137,49	17,58	7,27	IA20	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	46,68	-	15,92	Micrologic 2	100	1000	1500	Total
C21	42,08	137,49	9,78	3,13	IA21	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	79,75	-	8,86	Micrologic 2	100	1000	1500	Total
C22	4,92	36,00	1,11	0,46	IA22	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,00					Total
C23	5,18	36,00	0,61	0,25	IA23	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,55					Total
C24	5,44	36,00	0,99	0,41	IA24	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,89					Total
C25	1,30	36,00	1,12	0,46	IA25	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,02					Total
C26	0,29	36,00	0,60	0,25	IA26	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,55					Total
C27	9,22	32,00	0,54	0,22	IA27	Modular	iC60N	-	3P	-	10	10	0,10	93,46	C	0,49					Total
C28	9,22	28,34	0,53	0,22	IA28	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,48					Total
C29	9,22	28,34	0,55	0,23	IA29	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,50					Total
C30	4,61	28,34	0,49	0,20	IA30	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,44					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C31	7,82	55,13	2,18	0,92	IA31	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,98					Total
C32	7,82	55,13	2,36	1,00	IA32	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,14					Total
C33	2,70	30,87	1,00	0,42	IA33	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	0,91					Total
C34	4,62	30,87	2,35	0,99	IA34	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	2,13					Total
C35	3,19	55,13	2,75	1,17	IA35	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,49					Total
C36	29,53	78,72	6,11	2,74	IA36	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	186,92	C	5,53					Total
C37	29,53	78,72	4,73	2,08	IA37	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	186,92	C	4,28					Total
C38	29,53	78,72	3,93	1,70	IA38	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	186,92	C	3,56					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C39	7,82	55,13	2,09	0,91	IA39	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,90					Total
C40	7,82	55,13	2,25	0,98	IA40	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,04					Total
C41	5,39	30,87	0,99	0,41	IA41	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	0,89					Total
C42	2,13	55,13	2,54	1,12	IA42	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,30					Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C43	4,70	30,87	1,03	0,43	IA43	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	0,94					Total
C44	29,53	78,72	5,30	2,53	IA44	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	4,80					Total
C45	29,53	78,72	4,23	1,95	IA45	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	3,83					Total
C46	29,53	78,72	3,58	1,62	IA46	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	3,24					Total

Cable	I _B [A]	I _Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C47	2,84	25,19	1,39	0,61	IA47	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	58,41	C	1,26					Total
C48	1,06	25,19	1,63	0,72	IA48	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	58,41	C	1,47					Total
C49	5,39	25,19	1,73	0,77	IA49	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	1,56					Total
C50	1,57	28,16	2,08	0,94	IA50	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	1,88					Total
C51	3,13	28,16	1,48	0,65	IA51	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	1,34					Total
C52	29,53	66,00	5,03	2,75	IA52	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	116,82	C	4,55					Total
C53	29,53	66,00	4,12	2,12	IA53	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,31	116,82	C	3,73					Total

Cable	I _B [A]	I _Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C54	92,20	165,58	17,88	8,29	IA54	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	49,85	-	16,19	Micrologic 2	160	1600	2400	Total
C55	92,20	165,58	14,11	5,62	IA55	Caja Moldeada	NSX160	F	4P 3R	160	-	36	2,40	49,85	-	12,77	Micrologic 2	160	1600	2400	Total
C56	3,89	66,00	3,33	1,42	IA56	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	3,01					Total
C57	0,27	32,00	0,49	0,20	IA57	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,44					Total
C58	1,30	36,00	1,46	0,61	IA58	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,33					Total
C59	4,92	36,00	0,71	0,29	IA59	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,65					Total
C60	4,67	36,00	0,79	0,33	IA60	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,72					Total
C61	5,18	31,68	0,51	0,21	IA61	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46					Total
C62	1,04	31,68	0,67	0,27	IA62	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60					Total
C63	20,74	43,12	0,56	0,23	IA63	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	0,51					Total
C64	20,74	27,44	0,51	0,21	IA64	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	74,77	B	0,46					Total
C65	20,74	37,35	0,73	0,30	IA65	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	0,66					Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C66	85,25	113,03	9,96	5,53	IA66	Modular	NG125N	-	3P	-	100	25	0,48	119,63	B	9,02					2400
C67	1,57	30,05	1,62	0,69	IA67	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	1,46					Total
C68	6,67	53,66	4,76	2,20	IA68	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	4,31					Total
C69	5,39	30,05	1,13	0,48	IA69	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	1,03					Total
C70	29,53	71,54	5,72	2,73	IA70	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	5,18					Total
C71	29,53	71,54	4,02	1,83	IA71	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	3,64					Total
C72	2,13	53,66	3,12	1,38	IA72	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,82					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C73	1,57	38,63	3,27	1,49	IA73	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	140,19	C	2,96					Total
C74	6,67	53,66	2,63	1,17	IA74	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	2,38					Total
C75	85,25	113,03	5,19	2,24	IA75	Modular	NG125N	-	3P	-	100	25	0,48	218,07	B	4,70					2400
C76	2,13	53,66	2,09	0,92	IA76	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,89					Total
C77	29,53	71,54	5,23	2,59	IA77	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	4,74					Total
C78	29,53	71,54	3,78	1,76	IA78	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	3,42					Total
C79	5,39	30,05	0,91	0,38	IA79	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	186,92	B	0,83					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C80	5,67	36,00	0,62	0,26	IA80	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,56					Total
C81	8,32	31,68	0,79	0,33	IA81	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,71					Total
C82	7,94	31,68	0,59	0,25	IA82	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	186,92	B	0,53					Total
C83	3,40	31,68	0,46	0,19	IA83	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,41					Total
C84	3,40	31,68	0,46	0,19	IA84	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,41					Total
C85	3,40	36,00	0,46	0,19	IA85	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,41					Total
C86	0,36	36,00	0,78	0,33	IA86	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,71					Total
C87	69,05	88,00	5,45	2,87	IA87	Modular	NG125N	-	3P	-	80	25	0,77	74,77	C	4,94					2400
C88	44,02	66,00	2,99	1,38	IA88	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	2,70					Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C89	0,30	36,00	0,49	0,21	IA89	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,45					Total
C90	0,30	36,00	0,89	0,38	IA90	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,81					Total
C91	37,37	57,17	5,63	2,91	IA91	Modular	iC60N	-	3P	-	40	10	0,38	93,46	C	5,10					Total
C92	16,13	63,00	0,64	0,27	IA92	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	179,44	B	0,58					Total
C93	16,13	49,00	0,85	0,36	IA93	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	0,77					Total
C94	16,13	36,00	0,81	0,34	IA94	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	74,77	B	0,74					Total
C95	5,29	36,00	0,72	0,30	IA95	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,65					Total
C96	5,29	36,00	0,55	0,23	IA96	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,50					Total
C97	5,29	36,00	0,66	0,27	IA97	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,59					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C98	2,81	49,00	0,27	0,11	IA98	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	299,07	B	0,24					Total
C99	2,81	49,00	0,48	0,20	IA99	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	299,07	B	0,43					Total
C100	2,81	49,00	0,29	0,12	IA100	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	299,07	B	0,26					Total
C101	0,27	36,00	0,37	0,15	IA101	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,33					Total
C102	0,25	36,00	0,53	0,22	IA102	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,48					Total
C103	0,25	36,00	0,56	0,23	IA103	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,51					Total
C104	4,67	36,00	1,46	0,62	IA104	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,32					Total
C105	2,33	36,00	0,86	0,36	IA105	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,78					Total
C106	4,92	36,00	0,56	0,23	IA106	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,51					Total
C107	5,70	28,34	0,73	0,30	IA107	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,66					Total
C108	6,74	28,34	0,48	0,20	IA108	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,43					Total
C109	3,11	28,34	0,82	0,34	IA109	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,74					Total
C110	1,56	36,00	0,50	0,21	IA110	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46					Total
C111	1,56	36,00	0,50	0,21	IA111	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46					Total
C112	1,56	28,34	0,50	0,21	IA112	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46					Total
C113	6,91	28,34	0,84	0,35	IA113	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,76					Total
C114	6,91	36,00	0,92	0,39	IA114	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,84					Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C115	6,91	36,00	0,64	0,27	IA115	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,58						Total
------	------	-------	------	------	-------	---------	-------	---	------	---	----	----	------	-------	---	------	--	--	--	--	--	-------

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C116	0,27	36,00	0,36	0,15	IA116	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,33						Total
C117	0,29	36,00	0,79	0,34	IA117	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,72						Total
C118	43,84	51,30	4,04	2,09	IA118	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	3,66						Total
C119	43,84	51,30	2,94	1,41	IA119	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	2,66						Total
C120	9,75	75,00	5,65	3,30	IA120	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	5,12						Total
C121	6,33	28,73	0,80	0,34	IA121	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	186,92	B	0,72						Total
C122	4,61	33,52	2,18	1,00	IA122	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	1,97						Total
C123	4,61	33,52	1,41	0,62	IA123	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	93,46	C	1,28						Total
C124	4,61	33,52	0,76	0,32	IA124	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	186,92	B	0,69						Total
C125	21,05	57,17	2,90	1,39	IA125	Modular	iC60N	-	3P+N	-	25	10	0,24	149,54	C	2,63						Total
C126	4,67	36,00	0,49	0,20	IA126	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,44						Total
C127	4,67	36,00	0,56	0,24	IA127	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,51						Total
C128	4,67	36,00	0,67	0,28	IA128	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,61						Total
C129	4,67	36,00	0,82	0,35	IA129	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,75						Total
C130	4,67	36,00	0,82	0,35	IA130	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,74						Total
C131	4,67	36,00	0,67	0,28	IA131	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60						Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C132	88,28	106,11	12,30	6,33	IA132	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	69,78	-	11,14	Micrologic 2	100	1000	1500	Total	
C133	54,10	109,52	7,30	2,88	IA133	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	46,68	-	6,61	Micrologic 2	100	1000	1500	Total	
C134	8,20	100,00	15,95	10,60	IA134	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	38,28	-	14,44	Micrologic 2	100	1000	1500	Total	
C135	0,25	36,00	0,42	0,17	IA135	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,38						Total
C136	0,18	36,00	0,95	0,39	IA136	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,86						Total
C137	0,23	36,00	0,35	0,14	IA137	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,32						Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C138	23,04	45,07	0,74	0,31	IA138	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	179,44	B	0,67				Total
C139	23,04	38,57	0,66	0,27	IA139	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	0,60				Total
C140	10,63	28,34	0,86	0,36	IA140	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,78				Total
C141	10,63	28,34	1,02	0,43	IA141	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,93				Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C142	10,42	53,66	4,03	1,94	IA142	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	3,65				Total	
C143	15,63	66,00	1,97	0,87	IA143	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,79				Total	
C144	11,37	28,16	0,63	0,26	IA144	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	58,41	C	0,57				Total	
C145	9,39	30,05	0,95	0,40	IA145	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	186,92	B	0,86				Total	
C146	27,70	71,54	2,69	1,22	IA146	Modular	iC60N	-	3P+N	-	32	10	0,15	373,84	B	2,44				Total	
C147	31,50	71,54	3,88	1,86	IA147	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,38	149,54	C	3,51				Total	
C148	31,50	71,54	2,27	1,01	IA148	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,19	299,07	B	2,06				Total	

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C149	2,39	25,19	1,03	0,45	IA149	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,94				Total	
C150	11,54	25,19	1,39	0,63	IA150	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	58,41	C	1,26				Total	
C151	32,00	78,72	3,81	2,10	IA151	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,38	149,54	C	3,45				Total	
C152	32,00	78,72	2,57	1,27	IA152	Modular	iC60N	-	3P+N	-	40	10	0,19	299,07	B	2,32				Total	

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C153	9,45	31,68	0,78	0,32	IA153	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,70				Total	
C154	9,07	43,12	0,64	0,27	IA154	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	0,58				Total	
C155	7,56	37,35	0,54	0,22	IA155	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	0,49				Total	
C156	7,56	37,35	0,65	0,27	IA156	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	0,59				Total	
C157	7,56	27,44	0,51	0,21	IA157	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46				Total	
C158	9,83	27,44	0,69	0,29	IA158	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,62				Total	
C159	2,27	27,44	0,55	0,23	IA159	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,50				Total	
C160	3,11	27,44	1,23	0,52	IA160	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,11				Total	



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C161	20,39	109,52	11,72	7,43	IA161	Caja Moldeada	NXS100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	46,68	-	10,61	Micrologic 2	100	1000	1500	2400	
C162	45,39	109,52	11,49	7,14	IA162	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	46,68	-	10,40	Micrologic 2	100	1000	1500	2400	
C163	0,16	36,00	0,42	0,18	IA163	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,38					Total	
C164	0,16	36,00	0,83	0,35	IA164	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,75						Total
C165	3,89	31,68	1,04	0,44	IA165	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,94						Total
C166	3,89	31,68	0,75	0,31	IA166	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,68						Total
C167	3,89	31,68	0,59	0,25	IA167	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,54						Total
C168	3,89	31,68	0,49	0,20	IA168	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,44						Total
C169	3,89	31,68	0,41	0,17	IA169	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,38						Total
C170	3,89	31,68	0,36	0,15	IA170	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,05	186,92	B	0,32						Total
C171	14,40	28,16	0,57	0,24	IA171	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,51						Total
C172	9,22	31,68	0,57	0,24	IA172	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,51						Total
C173	9,22	31,68	0,44	0,18	IA173	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,40						Total
C174	9,22	31,68	0,48	0,20	IA174	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,08	116,82	B	0,44						Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C175	0,20	25,00	0,56	0,23	IA175	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,50						Total
C176	0,20	25,00	0,66	0,28	IA176	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,59						Total
C177	4,15	25,00	0,58	0,24	IA177	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,53						Total
C178	1,57	25,00	1,42	0,61	IA178	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,28						Total
C179	2,13	25,00	0,51	0,21	IA179	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,46						Total
C180	2,13	25,00	0,90	0,38	IA180	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,81						Total
C181	2,79	25,00	0,66	0,28	IA181	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60						Total
C182	2,79	25,00	0,66	0,28	IA182	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60						Total
C183	2,79	25,00	0,66	0,28	IA183	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60						Total
C184	2,62	33,00	1,79	0,79	IA184	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	1,62						Total
C185	2,10	33,00	2,42	1,09	IA185	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	2,19						Total
C186	2,10	33,00	2,04	0,90	IA186	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	1,85						Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C187	2,10	33,00	1,70	0,74	IA187	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	1,54					Total
C188	39,81	100,00	2,77	1,27	IA188	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	119,63	C	2,50					6000
C189	39,81	100,00	3,53	1,68	IA189	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	119,63	C	3,19					6000
C190	39,81	100,00	2,93	1,35	IA190	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	119,63	C	2,65					6000

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C191	0,27	25,00	0,70	0,30	IA191	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,64					Total
C192	0,27	25,00	0,46	0,19	IA192	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,41					Total
C193	2,62	25,00	1,18	0,50	IA193	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,07					Total
C194	2,45	25,00	1,39	0,60	IA194	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,26					Total
C195	2,98	25,00	0,79	0,33	IA195	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,71					Total
C196	1,98	25,00	0,63	0,26	IA196	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,57					Total
C197	3,53	29,04	2,13	0,95	IA197	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	1,93					Total
C198	5,24	29,04	0,79	0,33	IA198	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	0,71					Total
C199	5,24	25,00	0,50	0,21	IA199	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,45					Total
C200	5,24	25,00	2,96	1,38	IA200	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	598,14	C	2,68					Total
C201	1,40	25,00	1,44	0,62	IA201	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,30					Total
C202	1,40	25,00	2,53	1,15	IA202	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	598,14	C	2,29					Total
C203	1,40	25,00	0,94	0,40	IA203	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,85					Total
C204	1,40	25,00	4,12	2,03	IA204	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	598,14	C	3,73					Total
C205	1,40	25,00	0,70	0,30	IA205	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,64					Total
C206	41,88	100,00	2,96	1,38	IA206	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	119,63	C	2,68					6000
C207	41,88	100,00	2,53	1,15	IA207	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,24	239,26	B	2,29					6000
C208	41,82	100,00	4,12	2,03	IA208	Modular	iC60N	-	1P+N	-	50	10	0,48	119,63	C	3,73					6000
C209	11,52	25,00	0,66	0,28	IA209	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,60					Total
C210	11,52	25,00	1,07	0,46	IA210	Modular	iC60N	-	1P+N	-	16	10	0,15	58,41	C	0,97					Total
C211	14,98	25,00	0,67	0,28	IA211	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	74,77	C	0,61					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
-------	---------	---------	---------------	---------------	--------------	------	--------	------	-------	-----------	--------	-----------------	---------	--------------	-------	-------------------	--------	--------	---------	--------	--------------



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C212	6,84	106,11	11,45	8,42	IA212	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	69,78	-	10,37	Micrologic 2	100	1000	1500	2400
C213	42,62	53,66	2,25	1,00	IA213	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	2,04					Total
C214	21,31	57,17	3,16	1,46	IA214	Modular	iC60N	-	3P	-	25	10	0,24	149,54	C	2,86					Total
C215	21,31	57,17	3,05	1,40	IA215	Modular	iC60N	-	3P	-	25	10	0,24	149,54	C	2,76					Total
C216	42,62	57,17	2,62	1,18	IA216	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	2,38					Total
C217	42,62	57,17	2,78	1,26	IA217	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	74,77	C	2,51					Total
C218	42,62	71,54	4,55	2,24	IA218	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	119,63	C	4,12					Total
C219	9,23	30,05	1,12	0,48	IA219	Modular	iC60N	-	3P+N	-	16	10	0,08	186,92	B	1,02					Total
C220	42,64	71,54	3,17	1,47	IA220	Modular	iC60N	-	3P	-	50	10	0,48	119,63	C	2,87					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C221	4,54	36,00	0,73	0,31	IA221	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,66					Total
C222	6,43	36,00	0,87	0,37	IA222	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,78					Total
C223	6,05	36,00	0,68	0,28	IA223	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,61					Total
C224	6,05	49,00	0,93	0,40	IA224	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	149,54	C	0,85					Total
C225	5,29	36,00	0,58	0,24	IA225	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,52					Total
C226	4,54	36,00	0,47	0,20	IA226	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,43					Total
C227	0,39	36,00	0,39	0,16	IA227	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,35					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrup tor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C228	9,64	127,00	8,36	4,72	IA228	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	18	1,50	69,78	-	7,57	Micrologic 2	100	1000	1500	2400
C229	21,97	127,00	10,63	7,26	IA229	Caja Moldeada	NSX100	F	4P 3R	100	-	36	1,50	46,68	-	9,62	Micrologic 2	100	1000	1500	2400
C230	0,14	36,00	0,83	0,35	IA230	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,75					Total
C231	0,19	36,00	0,31	0,13	IA231	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,03	311,53	B	0,28					Total
C232	14,29	55,13	3,42	1,59	IA232	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	3,09					Total
C233	14,61	55,13	1,99	0,88	IA233	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,80					Total
C234	23,04	36,00	0,85	0,36	IA234	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	74,77	B	0,77					Total
C235	23,04	36,02	0,62	0,26	IA235	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	0,56					Total



YERAY RODRÍGUEZ RINCÓN

C236	23,04	63,00	0,81	0,34	IA236	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	179,44	B	0,73					Total
C237	2,93	55,13	1,76	0,77	IA237	Modular	iC60N	-	3P	-	16	10	0,15	233,65	C	1,60					Total
C238	58,48	73,50	5,34	2,74	IA238	Modular	iC60N	-	3P	-	63	10	0,60	94,94	C	4,84					Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C239	6,09	36,00	0,55	0,23	IA239	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,50						Total
C240	5,37	36,00	0,67	0,28	IA240	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,60						Total
C241	8,69	36,00	0,84	0,36	IA241	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,76						Total
C242	5,37	36,00	1,28	0,56	IA242	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,16						Total
C243	5,37	36,00	0,57	0,24	IA243	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,52						Total
C244	5,22	36,00	0,87	0,37	IA244	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,79						Total
C245	1,74	36,00	0,91	0,39	IA245	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,83						Total
C246	7,82	36,00	1,12	0,49	IA246	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,01						Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' max [kA]	Ik'' min [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad	
C247	0,16	25,00	0,94	0,40	IA247	Modular	iC60N	-	1P+N	-	6	10	0,06	155,77	C	0,85						Total
C248	2,04	25,00	1,88	0,83	IA248	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,71						Total
C249	7,64	25,00	1,47	0,64	IA249	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,33						Total
C250	4,08	25,00	1,18	0,51	IA250	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	1,07						Total
C251	4,08	25,00	0,82	0,35	IA251	Modular	iC60N	-	1P+N	-	10	10	0,10	93,46	C	0,74						Total
C252	20,16	33,00	1,91	0,85	IA252	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,24	59,81	C	1,73						Total
C253	20,16	33,00	1,62	0,71	IA253	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,24	59,81	C	1,47						Total
C254	20,16	33,00	1,22	0,52	IA254	Modular	iC60N	-	1P+N	-	25	10	0,12	119,63	B	1,10						Total

Cable	I_B [A]	I_Z [A]	Ik'' [kA]	Ik'' [kA]	Interrupor	Tipo	Nombre	Tipo	Polos	Trama [A]	In [A]	Pdc último [kA]	Im [kA]	Longitud [m]	Curva	Condición TN [kA]	Nombre	Ir [A]	Isd [A]	Im [A]	Selectividad
C255	1303,92	2146,2	44,42	32,18	IA255	Bastidor Abierto	MTZ1 16	H2	4P 3R	1600	-	50	1,50	223,31	-	38,99	Micrologic 2	1600	1000	16000	37500

6.4. Selectividad entre protecciones

En el apartado *SELECTIVIDAD ENTRE PROTECCIONES: SCHNEIDER TOOL ANEXO VI* se adjunta un resumen de los informes que se han extraído al insertar las selectividades calculadas entre interruptores automáticos a través del software *Electrical Calculation Tool* de *Schneider Electric* [17].

Los gráficos de selectividad están calculados para observar la selectividad que tienen las protecciones de aguas abajo con las inmediatamente superiores. De todas formas, estos gráficos no son completamente exactos, ya que hay ciertas características, como de los retardos, que no se han podido modificar y que, en función de cómo se instalen, pueden aumentar la selectividad para con las protecciones aguas abajo del dispositivo.

6.5. Selección de Interruptores Diferenciales

Para la selección de los dispositivos diferenciales, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El calibre del DDR deberá ser menor que la máxima corriente admisible por el conductor.
2. El calibre del DDR deberá ser, al menos, de la misma corriente que el calibre del IA.

En cualquier caso, dado que se han diseñado protecciones complementarias a bloques Vigi, no será necesaria ninguna comprobación al respecto, ya que son bloques que vienen diseñados en función del interruptor automático dispuesto aguas arriba del diferencial. Por lo tanto, el listado de parámetros a considerar en este aspecto son los resumidos en el apartado *Dispositivo Diferencial Residual* de la Memoria del presente documento.

7. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

Para la realización del estudio de puesta a tierra se han tomado como base los documentos de recomendación sobre el diseño de puesta a tierra facilitados por UNESA [34] y por i-DE [33], así como el Guide for Safety in AC Substation Grounding de IEEE [38].

Previo al diseño de las tres puestas a tierra requeridas por la normativa, se va a calcular la corriente de cortocircuito monofásica teórica en el punto del centro de transformación. De esta forma, conocida la corriente de cortocircuito monofásica y calculada la resistencia, se decidirá el esquema de puesta a tierra a instalar en la nave industrial.

7.1. Cálculo de la corriente de cortocircuito monofásica

Si bien es cierto que, habitualmente, la distribuidora da valores exactos de las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas en el punto de acometida, a la hora de realizar esta aplicación no se ha podido disponer de dichos valores y, por tanto, se realizará un cálculo que aproxime el valor de corriente de cortocircuito monofásica, que es el de interés para el diseño de esta instalación.

Siguiendo las recomendaciones dispuestas en la guía MT 2.11.34 de i-DE [33], las configuraciones de electrodos de puesta a tierra de protección a instalar sería el CPT-CTL-5P, ya que la instalación se encuentra bajo la alimentación de una red de 13,2 kV. En este sentido, esta instalación de PAT contaría con 5 picas de acero cobrizado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm² y con una distancia de 3 m entre sí. En esta aplicación en concreto, se enterrarán a una profundidad de 0.8 m de la superficie de la nave.

Por otro lado, debido a que la nave industrial se encuentra sobre un terreno arcilloso y revisados algunos estudios geotécnicos sobre proyectos arquitectónicos, se ha estimado oportuno la consideración de una resistividad del terreno de 200 Ωm.

Así pues, los valores característicos a considerar serían los siguientes:

Tabla 52 - Características PAT de protección

<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>VALOR</i>
<i>TENSIÓN NOMINAL [kV]</i>	13,2
<i>RESISTIVIDAD DEL TERRENO [Ωm]</i>	200
<i>COEF. RESISTENCIA DE PAT – KR [Ω/Ωm]</i>	0,0852
<i>COEF. KR' [Ω/Ωm]</i>	0,088
<i>COEF. DE TENSIÓN DE PASO – KP [V/(ΩmA)]</i>	0,01455
<i>REACTANCIA EQUIVALENTE [Ω]</i>	5,7

Con ello, el procedimiento de cálculo para la obtención de la corriente de cortocircuito monofásica es el siguiente:

1. Cálculo de la relación entre resistencias del centro de transformación y las resistencias debidas a los conductores:

$$R_{CT} = K_r \cdot \rho = 0,0852 \cdot 200 = 17,04 \Omega \quad (42)$$

$$R_{CT} = K_r \cdot \rho = 0,0852 \cdot 200 = 17,04 \Omega \quad (43)$$

$$R_{pant} = \frac{\rho K'_r}{N} = \frac{200 \cdot 0,088}{2} = 13,2 \Omega \quad (44)$$

$$R_{tot} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = \frac{17,04 \cdot 13,2}{17,04 + 13,2} = 5,803 \Omega \quad (45)$$

$$r_E = \frac{R_{Tot}}{R_{CT}} = 0,341 \quad (46)$$

2. Cálculo de la corriente de cortocircuito monofásica:

$$I'_{cc} = \frac{1,1U_n}{r_E \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{CT}^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r_E}\right)^2}} = \frac{1,1 \cdot 13200}{0,341 \sqrt{3} \cdot \sqrt{17,04^2 + \left(\frac{5,7}{0,341}\right)^2}} = 1029,92 \text{ kA} \quad (47)$$

3. Tiempo de actuación de la protección, según MT-2-11-24 de i-DE [33]:

$$I'_{cc} \cdot t_F = 400 \rightarrow t_F = \frac{400}{1029,92} = 0,39 \text{ s} \quad (48)$$

Vista la corriente de cortocircuito en el punto de acometida y teniendo en cuenta que la nave industrial es un edificio de gran envergadura, cabe plantearse la instalación de una puesta a tierra global que unifique las puestas a tierra independientes, tal y como especifica la normativa. En este sentido, para poder establecer la tierra global, se debe de acreditar que el valor de tensión producido en régimen de falta sea menor a 1000 V.

7.2. Cálculo de Puesta a Tierra Global

Teniendo en cuenta lo dispuesto en el Guide for Safety in AC Substation Grounding de IEEE [38] en relación con el cálculo de la resistencia a tierra calculada por el criterio de Sverak, se deben seguir los siguientes criterios de cálculo:

Tabla 53 - Características puesta a tierra BT

CARACTERÍSTICA	VALOR
LONGITUD CONDUCTORES MEDIA EJE Y [m]	85,56
LONGITUD CONDUCTORES MEDIA EJE X [m]	211,77
RESISTIVIDAD DEL TERRENO [Ωm]	200
SUPERFICIE DE LA NAVE INDUSTRIAL [m^2]	23640
NÚMERO DE LARGOS [EJE X]	28
NÚMERO DE ALTOS [EJE Y]	12
ESPACIO ENTRE CONDUCTORES [m]	10
PROFUNDIDAD DE LA RED [m]	1
LONGITUD TOTAL DE CONDUCTORES [m]	4936,92

Así pues, aplicando la característica de Sverak, se obtiene el siguiente valor de puesta a tierra:

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (49)$$

$$R_g = 200 \cdot \left[\frac{1}{4936,92} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 23640}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + 1\sqrt{\frac{20}{23640}}} \right) \right] = 0,614\Omega \quad (50)$$

Dado que la resistencia de puesta a tierra es del orden de $0,614\Omega$, se verifica que la puesta a tierra global está fundamentada y que bajo ningún concepto se sobrepasarán los 1000 V de límite que estipula la reglamentación.

7.3. Cálculo de la Sección Mínima del Conductor

En relación con el cálculo de la sección mínima del conductor, la propia Guía de IEEE [38] establece que se deberá calcular de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I = A_{mm^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)} \quad (51)$$

Con los siguientes valores característicos, extraídos del mismo documento de referencia:

Tabla 54 - Valores característicos del conductor de tierra [38]

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>TCAP</i> – CAPACIDAD TÉRMICA [J/cm ³ /°C]	3,42
<i>t_c</i> [s]	0,5
<i>α_r</i> [1/°C]	0,00381
<i>ρ_r</i> [μΩ·cm]	1,78
<i>K₀</i> [°C]	242
<i>T_m</i> [°C]	1084
<i>T_a</i> [°C]	30

Por lo tanto, con las especificaciones recogidas, la sección mínima aproximada para la puesta a tierra de la instalación global es de 4 mm². No obstante, siguiendo los criterios dispuestos por las instituciones previamente comentadas, la instalación contará con conductores de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

7.4. Cálculo de tensiones de paso y de contacto admisibles

Teniendo en cuenta que los Centros de Transformación y Seccionamiento se encuentran contruidos sobre una solera hecha por hormigón (3000 Ωm) de 0,3 m de espesor y que el terreno tiene una resistividad aproximada a los 200 Ωm (a verificar por el constructor), el coeficiente reductor de resistividad superficial se designa por la siguiente expresión:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106}\right) = 1 - 0,106 \left(\frac{1 - \frac{200}{3000}}{2 \cdot 0,3 + 0,106}\right) \quad (52)$$

$$\rho_s = C_s \cdot \rho^* = 0,856 \cdot 3000 = 2568 \Omega m \quad (53)$$

Así pues, conocido el tiempo de actuación de las protecciones, la tensión de contacto aplicada admisible U_{ca} , de acuerdo con lo establecido en la ITC-RAT-13 [37], se obtiene:

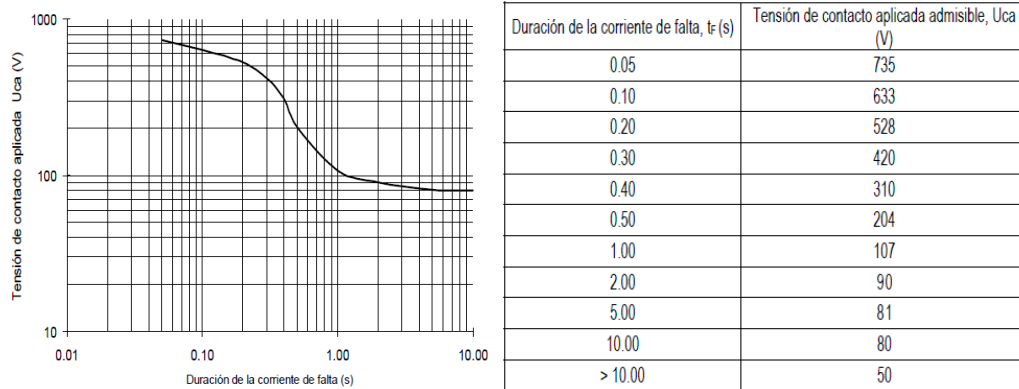


Ilustración 37 - Tensión de contacto aplicada admisible U_{ca} [37]

Donde el valor de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta es de 321 V. Conocida esta tensión, las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles vienen calculadas de la siguiente forma:

$$U_{c_max} = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_b} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] \quad (54)$$

$$U_{c_max} = 321 \cdot \left[1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 2568}{1000} \right] = 1878,5 \text{ V} \quad (55)$$

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 10 \cdot 321 = 3210 \text{ V} \quad (56)$$

$$U_{p_max} = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_b} \right] = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6R_{a2}}{1000} \right] \quad (57)$$

$$U_{p_max} = 3210 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 2568}{1000} \right] = 65509,7 \text{ V} \quad (58)$$

$$U_{p_{acc_max}} = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s + 3\rho_s^*}{Z_b} \right] \quad (59)$$

$$U_{p_{acc_max}} = 3210 \left[1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 3000 + 3 \cdot 2568}{10000} \right] = 43668,84 \text{ V} \quad (59)$$

7.5. Verificación del cumplimiento de la PAT



De acuerdo con lo dispuesto en el MT 2-11-34 de i-DE [33], dado que con una resistencia a tierra global de $0,614 \Omega$ y una corriente de defecto a tierra de $1029,92 \text{ kA}$, la tensión máxima inducida en la instalación será de $632,37 \text{ V}$ y, por lo tanto, queda verificada la unificación de las puestas a tierra, no sólo por el hecho de ser inferior a los 1000 V exigidos por el reglamento, sino que, además, por ser inferior a todas las tensiones de paso y de contacto calculadas en los apartados anteriores.

8. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS

Para la realización del cálculo de la protección frente a descargas atmosféricas, se ha seguido lo dispuesto en el Código Técnico de Edificación en su apartado SU8, correspondiente a la seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo [36]. Dentro del mismo, se especifican los siguientes apartados a calcular:

8.1. Procedimiento de verificación

Se deberá verificar la necesidad de instalación del sistema captador de descargas atmosféricas. En este sentido, se deberán calcular dos valores: la frecuencia esperada de impactos (N_e) y el riesgo admisible (N_a). En caso de que la frecuencia de impactos sea superior al riesgo, se deberá contar con la instalación de protección frente al rayo correspondiente.

Así pues, el cálculo de la frecuencia esperada de impactos viene definido por la siguiente expresión:

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6} \text{ [impactos/años]} \quad (51)$$

Donde:

- N_g es la densidad de impacto sobre el terreno, tabulada en la tabla 1.1 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].
- A_e es la superficie de captura equivalente del eficio [m^2]
- C_1 es el coeficiente de entorno, extraído de la tabla 1.1 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].

Con respecto al cálculo del riesgo admisible, la siguiente expresión determina el valor de riesgo a tener en cuenta, en función del tipo de edificación construida:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} \cdot 10^{-3} \quad (52)$$

Donde:

- C_2 es el coeficiente aplicado en función del tipo constructivo, conforme la tabla 1.2 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].
- C_3 es el coeficiente aplicado en función del contenido en el edificio, conforme la tabla 1.3 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].

- C_4 es el coeficiente aplicado en función del edificio, conforme la tabla 1.4 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].
- C_5 es el coeficiente aplicado en función de la necesidad de continuidad de actividad, conforme a la tabla 1.5 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36].

En el caso particular de la instalación industrial objetivo, los coeficientes que se aplican en el cálculo de la frecuencia del rayo y el nivel de riesgo son los siguientes:

Tabla 55 - Coeficientes de cálculo de probabilidad de caída de rayo

COEFICIENTE	VALOR
N_g (TUDELA)	3
C1 (SITUACIÓN DEL EDIFICIO)	1
C2 (CONSTRUCCIÓN)	1
C3 (CONTENIDO)	1
C4 (USO)	1
C5 (NECESIDAD DE CONTINUIDAD)	5
SUPERFICIE DE CAPTURA EQ.	52800

Con ello, se obtienen los siguientes valores de frecuencia de caída de rayo y riesgo:

$$N_e = 3 \cdot 52800 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0.1584 \text{ [impactos/años]} \quad (53)$$

$$N_a = \frac{5.5}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5} \cdot 10^{-3} = 0.011 \quad (54)$$

Dado que la frecuencia de caída de rayo es superior al riesgo admisible relativo a la caída, se verifica la necesidad de incorporar un sistema captador de rayos en el edificio diseñado.

8.2. Instalación exigida

Para la obtención del tipo de instalación exigida, se deberán realizar los siguientes procedimientos:

$$Eficiencia = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{0.011}{0.1584} = 0.9931 \quad (55)$$

Con ello, conforme a lo dispuesto en la tabla 2.1 de la sección correspondiente del CTE, SU8 [36], se concluye que, para una eficiencia del 99,31%, el nivel de protección del sistema captador será de tipo I. Con este grado de protección y de acuerdo con lo dispuesto en el Anexo SUA-B.1.1.2 del CTE [36], se instalará un sistema de captación mediante pararrayos con dispositivo de cebado.

8.3. Protección mediante dispositivo de cebado

Teniendo como valor de entrada el grado de protección calculado en el apartado anterior, se debe realizar el procedimiento adjunto para calcular el volumen de protección por el pararrayos con dispositivo de cebado:

1. En el plano horizontal contenido 5m bajo la punta de cebado, se obtendrá una protección de un volumen de una esfera con centro en la vertical a una distancia D con un radio igual a la suma de la distancia debida al nivel de protección, 20 m en este caso, y la distancia en función del tiempo del avance en cebado ($\Delta L = \Delta t$). Éste último valor vendrá fijado por los 60 μs que estipula la norma como variación de tiempo de avance:

$$R = D + \Delta L = 20 + 60 = 80 \text{ m} \quad (56)$$

2. Por encima del plano horizontal, el área de protección será de un cono, cuya punta de captación será el vértice del mismo y la base será el círculo que se intersecta entre ambas superficies, de acuerdo con la siguiente representación:

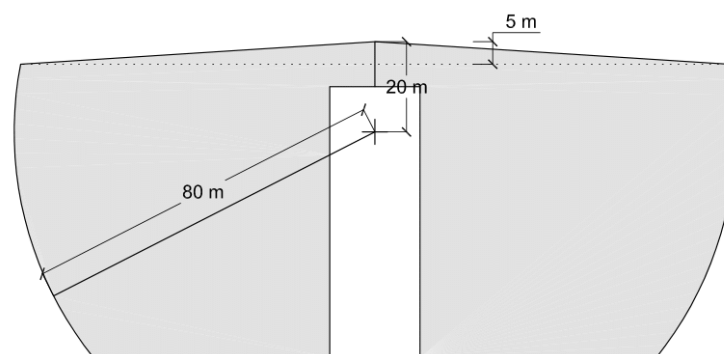


Ilustración 38 - Volumen de captación del pararrayos con dispositivo de cebado

Así pues, teniendo en cuenta la longitud de captación del pararrayos, se deberán colocar dos dispositivos, de acuerdo con lo especificado en los planos de *Sistemas de captación de descargas atmosféricas* del ANEXO II. El resto de las condiciones constructivas de las vías derivadoras o bajantes del edificio se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el ANEXO B del apartado SU-8 del CTE [36].

9. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN: CANECO

Con el fin de ratificar los cálculos teóricos realizados, se ha calculado la instalación mediante el software de diseño de instalaciones de baja tensión de *ALPI: CANECO* [20]. Como se puede observar en el informe adjunto en el *CÁLCULOS DE APARAMENTA: CANECO* del ANEXO VI, la aparamenta dimensionada por el software está en consonancia con los cálculos realizados manualmente; no obstante, y de cara a argumentar las pequeñas diferencias que existen entre ambos desarrollos, se debe mencionar lo siguiente:

1) Factores correctores:

- a) Dado que el sistema generaba fallos de dimensionamiento al considerar factores de utilización y no se podían insertar todos los supuestos en la partida teórica, se han insertado las corrientes finales, con el factor de utilización ya aplicado.

2) Cargas:

El software genera, por error, un cálculo de corrientes por el CS10 que no se corresponde con la demanda aguas abajo del mismo. De hecho, considera que se consumen 100A más de los que están dimensionados. Es por ello por lo que en el balance de potencias sale una autorización negativa de la corriente de demanda y, debido a ello, se genera lo propio en el CGBT. Es un lag del software que no se ha sabido solventar.

3) Interruptores automáticos:

- a) En el cálculo manual se han considerado calibres diferentes a los mínimos teóricos aplicables, con el fin de utilizar dispositivos que abaraten la instalación por ser los más comúnmente utilizados.
- b) En el cálculo manual se han considerado relés con capacidad superior con el fin de aumentar la selectividad entre protecciones, de acuerdo con los gráficos adjuntos en el apartado *Selectividad entre protecciones*.
- c) En el cálculo manual se han modificado curvas de disparo con el fin de aumentar la selectividad entre dispositivos, por lo que existen discrepancias entre los considerados por el software y por el proyectista.

4) Conductores:

- a) El sistema no ha permitido aumentar el número de circuitos de la forma deseada en los puntos donde manualmente se ha considerado ubicar.
- b) Dado que las secciones consideradas para el dimensionamiento de los conductores de aguas arriba a la hora de realizar el cálculo manual han sido superiores a las obtenidas en el CANECO, el software ha dimensionado secciones superiores en algunos conductores de aguas abajo.
- c) El Software no permite en ciertos circuitos aumentar de un porcentaje fijado de caída de tensión y, por lo tanto, en algunos puntos las secciones calculadas manualmente y las obtenidas mediante el software difieren.



- d) El software no considera condiciones mínimas de sección para los cálculos relativos a TN-C. En el cálculo manual se ha considerado una sección mínima en consonancia con lo que dicta el REBT y en las terminaciones TN-C la sección mínima es de 10 mm².
- e) En el software se han tenido que imponer secciones superiores a las que dimensionaba por defecto, con el fin de que el conductor no sufriera daños con las corrientes de cortocircuito correspondientes.

Como se puede observar, si bien es cierto que existen discrepancias entre ambos modelos debido a las diferencias entre los criterios planteados por el proyectista y los manejados por el software, se puede concluir que la instalación se ha dimensionado correctamente y que no generará ningún agravio ni a los equipos instalados, ni al personal trabajador de la nave industrial.

10. CÁLCULO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

10.1. Previsión de condiciones de generación

Datos climatológicos

Los datos meteorológicos se han obtenido a través de la base de datos PVSIST-SARAH [18] entre los años 2005 y 2016. Accediendo a través de su portal web e insertando los datos relativos a la localización de la nave, el sistema vuelca la información diaria, mensual y anual acerca de los datos de irradiación global en ángulo óptimo y difusa, así como de la temperatura.

Por tanto, los datos de partida para el cálculo del generador fotovoltaico son los siguientes:

Tabla 56 - Datos climatológicos

MES	RADIACIÓN [KWH/M ² /DÍA]	TEMPERATURA MEDIA DIURNA [°C]	TEMPERATURA MÍNIMA DIURNA [°C]
ENERO	3,47	5,7	2,2
FEBRERO	4,48	6,4	2,4
MARZO	5,22	9,6	4,7
ABRIL	5,81	12,3	4,7
MAYO	6,13	16,2	10,4
JUNIO	6,64	20,9	14,6
JULIO	7,12	23,1	16,7
AGOSTO	6,99	22,9	16,8
SEPTIEMBRE	6,19	19,4	14,1
OCTUBRE	4,96	15,2	10,7
NOVIEMBRE	3,60	9,1	5,6
DICIEMBRE	3,15	6,1	2,7

Cabe destacar que, a la hora de modelizar el sistema en PVSYSY, no será necesario realizar el volcado de datos al software, simplemente se deberán seleccionar las coordenadas exactas de la ubicación de la nave industrial, ya que tanto la base de datos como el software pertenecen a la misma institución y comparten los archivos.

Orientación del sistema

Como se puede observar en el apartado *Esquemático: Instalación Fotovoltaica* del ANEXO II, se ubicará el sistema generador en la cubierta del edificio, aprovechando la cubierta estilo deck de la nave industrial. Así pues, partiendo de la ubicación de la nave, se deben tener en cuenta dos cuestiones relativas a la influencia del sistema respecto de las coordenadas globales:

- I. Orientación: Los paneles fotovoltaicos deberán orientarse hacia el sur para extraer el máximo rendimiento en la conversión de energía fotovoltaica a energía eléctrica. En este sentido, tras el análisis de los datos extraídos del PVGIS, se concluye que la inclinación óptima del panel respecto del suelo de la cubierta será de 36°.

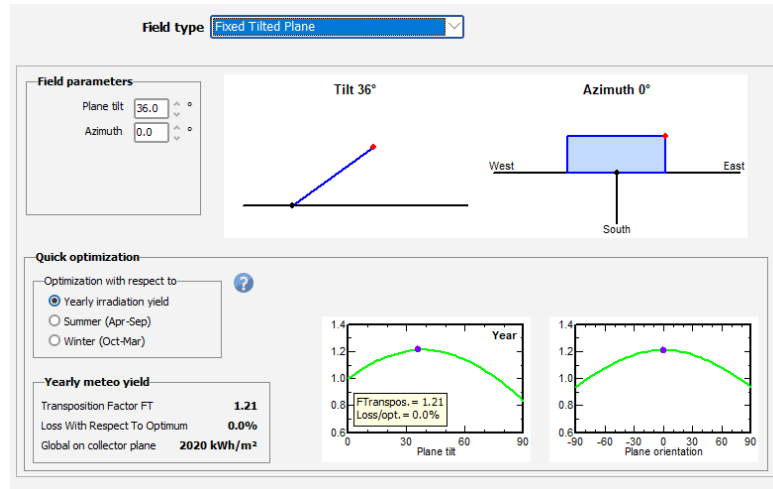


Ilustración 39 - Orientación del panel fotovoltaico [18]

- Como puede observarse en ilustración de la pantalla extraída del software PVSYS, la inclinación óptima para la ubicación de la nave industrial es la de 36°. Esta afirmación se ratifica en el gráfico de la izquierda, donde se puede leer que las pérdidas relativas a la orientación para el sistema diseñado serán nulas.
- II. Azimut: Como se ha comentado, los paneles fotovoltaicos deberán estar orientados al sur para sacar el mayor rendimiento posible de la conversión de energía. No obstante, por la localización geográfica de la nave, el edificio está ubicado 17° desplazado del azimut 0; esto es, 17° desplazado de la orientación perfecta hacia el sur. Es por ello por lo que los paneles solares estarán girados 17° respecto de la referencia de coordenadas del edificio, tal y como se observa en los planos incluidos en el apartado *Esquemático: Instalación Fotovoltaica* del ANEXO II.

Estimación de pérdidas

Con el fin de obtener una generación más aproximada a la que se obtendrá tras la puesta en marcha del sistema, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos relacionados con pérdidas de rendimiento y disipaciones de energía:

1. Teniendo en cuenta que la casuística de la instalación permite la circulación de aire entre módulos y en base a los valores que facilita el fabricante del módulo [35-C], las pérdidas relativas a la temperatura se calculan de la siguiente forma:

En primer lugar, el fabricante indica que la caída de tensión debida a la temperatura es de 132,57 mV por cada grado de aumento en la temperatura. Además, de la misma ficha técnica se puede extraer la temperatura de funcionamiento de la célula -valor calculado a 800 W/m², distribución espectral 1,5 AM, 20°C y 1m/s de velocidad de viento-, cuyo valor es de 42°C.

Con ello, el cálculo de factor de pérdidas viene definido por la siguiente expresión:

$$C = \frac{TF - 20}{G} = \frac{42 - 20}{800} = 0,0275 \left[\frac{^{\circ}C \cdot m^2}{W} \right] \quad (57)$$

Por lo tanto, mediante dicho factor se evaluará la temperatura que alcanza la célula durante el funcionamiento diurno y, con ello, la caída de tensión debido al aumento de la temperatura:

Tabla 57 - Pérdidas por temperatura

MES	IRRADIANCIA [W/M ² /DÍA]	T MAX [°C]	T FUNC [°C]	C [°C·M ² /W]	T CEL [°C]	ΔT [T]	ΔV _{co} [V]	REND [%]
ENERO	3,47	9,90	42,00	0,03	9,99	-15,01	1,99	104,75%
FEBRERO	4,48	10,90	42,00	0,03	11,02	-13,98	1,85	104,42%
MARZO	5,22	14,90	42,00	0,03	15,03	-9,97	1,32	103,15%
ABRIL	5,81	17,80	43,00	0,03	17,95	-7,05	0,93	102,23%
MAYO	6,13	22,00	42,00	0,03	22,16	-2,84	0,38	100,90%
JUNIO	6,64	27,50	44,00	0,03	27,67	2,67	-0,35	99,16%
JULIO	7,12	30,20	42,00	0,03	30,38	5,38	-0,71	98,30%
AGOSTO	6,99	29,70	45,00	0,03	29,88	4,88	-0,65	98,46%
SEPTIEMBRE	6,19	25,20	42,00	0,03	25,36	0,36	-0,05	99,89%
OCTUBRE	4,96	20,40	46,00	0,03	20,53	-4,47	0,59	101,42%
NOVIEMBRE	3,60	13,20	42,00	0,03	13,29	-11,71	1,55	103,70%
DICIEMBRE	3,15	10,30	47,00	0,03	10,38	-14,62	1,94	104,63%

Con todo ello, se puede concluir que el rendimiento del panel fotovoltaico respecto de la temperatura en las condiciones más desfavorables es del 98,3%.

- Tras el dimensionado de los conductores, de acuerdo con lo detallado en el *CÁLCULO DE CONDUCTORES [13]*, se estiman unas pérdidas energéticas del 0,691% en la sección de corriente continua y 0,257% en la de alterna.
- El sistema indica que hay que referenciar las pérdidas relativas a la calidad del módulo fotovoltaico. En este caso, tras consultar la ficha técnica del módulo fotovoltaico escogido [35-C], no se han podido extraer datos relativos a la calidad del mismo y, por tanto, se considerarán las pérdidas que el software establece por defecto. En este caso, las pérdidas relativas a la calidad del módulo fotovoltaico ascenderían a:
 - Calidad del módulo: -0,3 % (sobre rendimiento).
 - Degradación de las células fotovoltaicas tras la incidencia solar (LID): 2%
 - Pérdidas debidas al no funcionamiento en el punto óptimo: 2%
 - Pérdida de potencia en funcionamiento óptimo: 0,1%

4. Los paneles solares deben limpiarse para eliminar los restos de suciedad, arena y polvo que se acumulen con el paso del tiempo. En este sentido, la planificación de la limpieza de los mismos facilitará la reducción de estas pérdidas de eficiencia hasta un 2,5%.
5. Según lo dispuesto en la ficha técnica del inversor [36-C], el rendimiento del mismo es del 98,5%, por lo que se deberá incluir este porcentaje de pérdidas al total de la instalación.
6. Debido a la ubicación de la nave industrial, los paneles fotovoltaicos no se verán afectados por sombras lejanas.
7. Tras el modelado del generador en el software PVSYST [18], se observa que existen unas pérdidas de un 1% debido a sombras generadas por los paneles que se encuentran en las filas delanteras. En la siguiente ilustración se observa el horizonte solar y la influencia de las pérdidas debidas por las sombras cercanas:

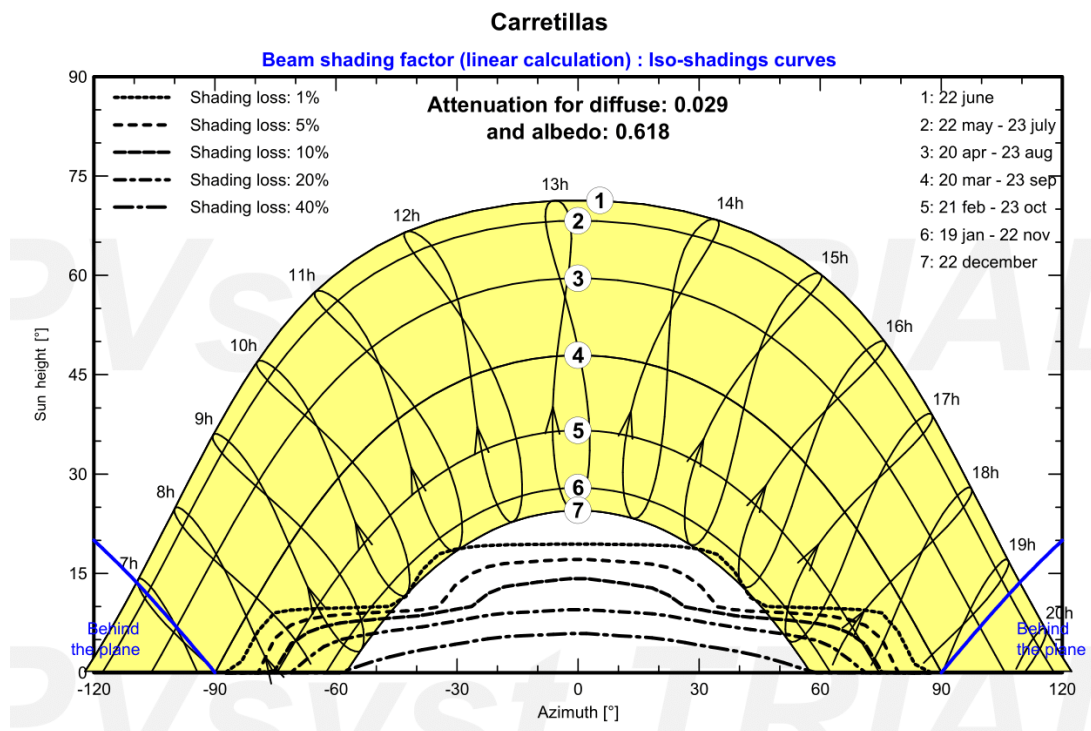


Ilustración 40 - Sombras cercanas [18]

Con todo ello, se puede concluir que la performance ratio; esto es, el factor de rendimiento total de la instalación es cercano al 89%, valor que dista del 84,5% que especifica el software al tener en cuenta pérdidas relativas a factores adicionales como la indisponibilidad, entre otros:

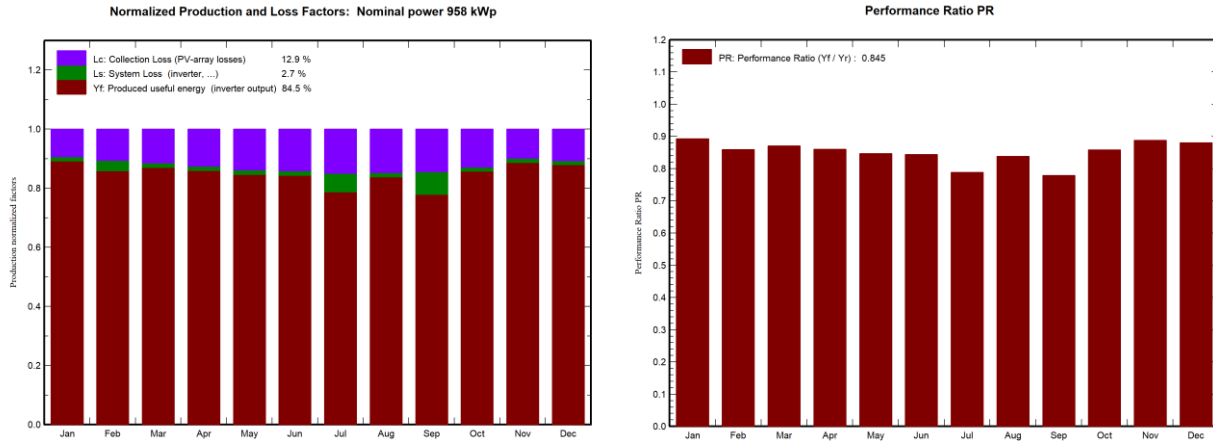


Ilustración 41 - Rendimiento de la instalación [18]

Loss diagram for "IFV Carretillas elevadoras eléctricas" - year

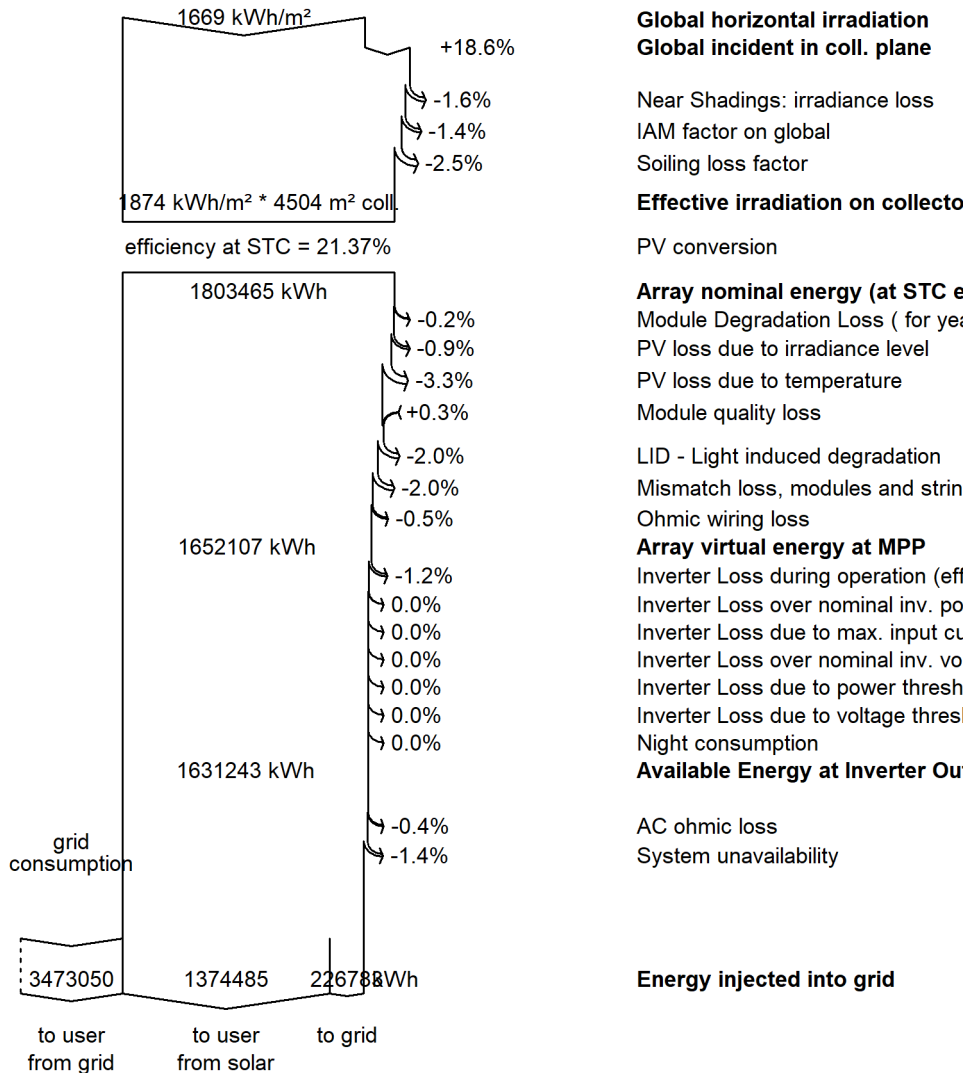


Ilustración 42 - Diagrama de pérdidas de la instalación fotovoltaica [18]

Previsión de energía generada

Atendiendo al informe extraído del software PVSYST [18], disponible en el apartado *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: PVSYST*, se estima una producción energética de 1516 MWh con una probabilidad del 95%, de acuerdo con el gráfico adjunto:

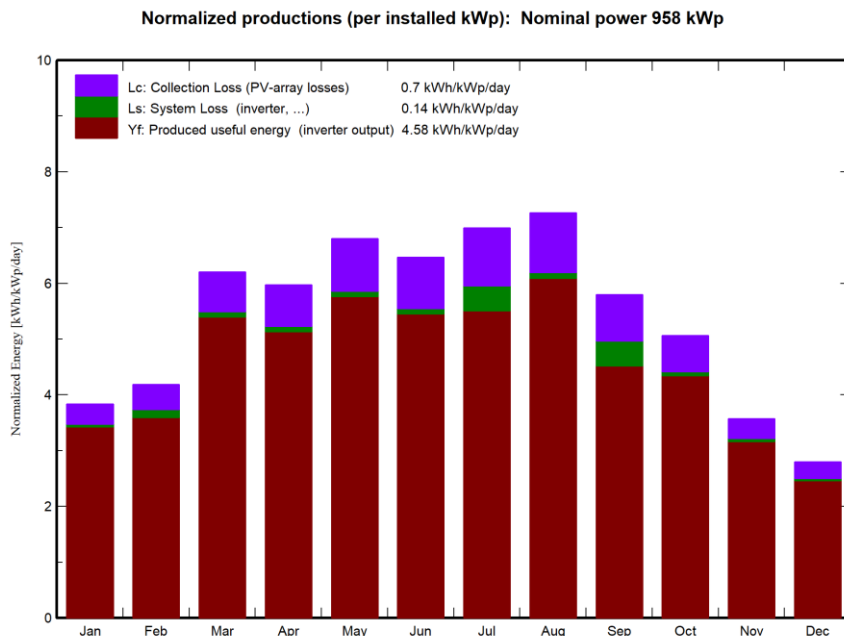


Gráfico 5 - Estimación de producción energética [18]

10.2. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

Dimensionado del generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico está configurado en 112 strings de 19 módulos fotovoltaicos en serie cada uno. Por lo tanto, el generador cuenta con 2128 módulos, generando así 958 kWp de potencia fotovoltaica instalada. Por lo tanto, las características que definen al sistema son las siguientes:

1. Potencia pico:

$$P_p = 2128 \cdot 450 = 957,6 \text{ kWp} \quad (58)$$

2. Tensión en vacío:

$$V_{oc} = 19 \cdot 49,1 = 932,9 \text{ V} \quad (59)$$

3. Corriente de cortocircuito:

$$I_{sc} = 112 \cdot 11,6 = 1299,2 \text{ A} \quad (60)$$

4. Tensión en máxima potencia:

$$V_{ppm} = 19 \cdot 41,1 = 780,9 \text{ V} \quad (61)$$

5. Corriente en máxima potencia:

$$I_{ppm} = 112 \cdot 10,96 = 1227,52 \text{ A} \quad (62)$$

De forma complementaria, en el apartado *Modelización en MATLAB/SIMULINK* se incluye la modelización de estas características.

El criterio seguido para determinar la distancia entre paneles, y por tanto la cantidad de los mismos, ha sido a través de una maximización del rendimiento; esto es, se ha considerado que, al menos, el rendimiento de los paneles debido a las sombras cercanas generadas por los paneles de filas delanteras en el solsticio invernal debía de ser del 99%.

Así pues, tras el estudio correspondiente, se ha considerado óptimo el distanciamiento entre paneles de 14 m de longitud, de acuerdo con la gráfica siguiente:

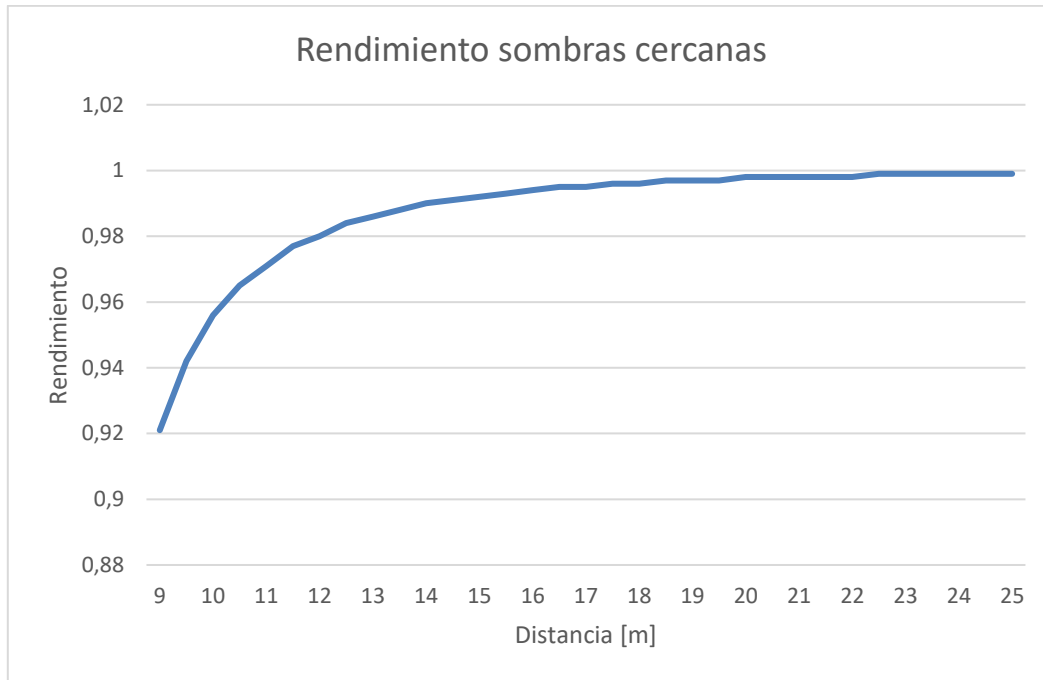


Gráfico 6 - Rendimiento por sombras cercanas

Dimensionado del inversor

Tomando como base el requerimiento de potencia de la instalación, se ha escogido el inversor previamente detallado en el apartado *Inversor* de la sección 5.4.3 *Instalación del generador fotovoltaico*. Además, se han tenido que comprobar que las siguientes variables cumplen entre los requerimientos del inversor:

1. Número máximo de módulos en serie. Este parámetro limita la tensión de entrada al inversor y se caracteriza por la tensión en vacío de la mínima temperatura de funcionamiento del sistema. En este caso, debido a la situación geográfica, la mínima temperatura diurna de trabajo será de 2°C, de acuerdo con las previsiones climatológicas. Por lo tanto:

$$V_{oc}(2^{\circ}C) = V_{oc} + \alpha_V \cdot (T_{min} - 25) = 49,1 - 0,133 \cdot (2 - 25) = 52,159 \text{ V} \quad (63)$$

$$\text{Módulos}_{serie}^{m\acute{a}x} = \frac{V_{inv}^{m\acute{a}x}}{V_{oc}(2^{\circ}C)} = \frac{1100}{52,159} = 21 > 19 \text{ de la instalación} \quad (64)$$

2. Número máximo de strings. El número máximo de strings que admite cada inversor viene estipulado por la corriente que absorbe del generador fotovoltaico. En este sentido, habrá que corregir la corriente que hay en la célula ya que, como la temperatura de operación será superior a la STC, aumentará ligeramente respecto de la dada por el fabricante:

$$T_{\text{módulo}}^{\text{máx}} = T_{\text{amb}}^{\text{máx}} + (T_{\text{Op}} - 20) \cdot \frac{G_{\text{máx}}}{800} = 30,20 + (42 - 20) \cdot \frac{1050}{800} = 59,075 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (65)$$

$$I_{\text{sc}}^{\text{máx}} = I_{\text{sc}}^{\text{STC}} + \alpha_I \cdot (T_{\text{módulo}} - 25) = 11,6 + 0,05 \cdot (59,075 - 25) = 13,3 \text{ A} \quad (66)$$

$$\text{Módulos}_{\text{string}}^{\text{máx}} = \frac{I_{\text{DC inv}}^{\text{máx}}}{I_{\text{sc}}^{\text{máx}}} = \frac{240}{13,3} = 18 > 12 \text{ y } 16 \text{ de la instalación} \quad (67)$$

Donde la temperatura del módulo se ha calculado en condiciones de máxima temperatura e irradiancia, correspondiente al mes de julio al mediodía [18] y el coeficiente de dilatación por temperatura viene estipulado por el fabricante [35-C].

3. Comprobación en condiciones máximas de operación:

- a. Potencia: El rango de potencia máxima admisible por el inversor en DC es 101,2-145 kWp, mientras que la potencia de los módulos repartidos en 12 y 16 strings es de 102,704 y 136,939 kWp respectivamente.
- b. Tensión: El rango de tensión máxima de operación admisible por el inversor es 570-850 V, mientras que la de los strings es de 780,9 V.

4. Número de inversores. Teniendo en cuenta que, por la disposición del generador en la cubierta, habrá un único StringBox de 16 ramas, la cantidad de inversores vendrá calculada de la siguiente forma:

$$N_{\text{inv}} = \frac{P_{\text{inst}} - P_{\text{StringBox}}^{16}}{P_{\text{StringBox}}^{12}} + \frac{P_{\text{StringBox}}^{16}}{P_{\text{StringBox}}^{16}} = \frac{957,6 - 136,939}{102,704} + 1 = 9 \text{ inversores} \quad (68)$$

Dimensionado de los conductores

Los conductores estarán dimensionados en base al tipo de corriente que transporten; esto es, en función de si están destinados al transporte de corriente continua o al de alterna. En cualquier caso, los criterios de cálculo serán los mismos que los considerados previamente en el punto *CÁLCULO DE CONDUCTORES* [13] del ANEXO III y, además, en el apartado *Instalación fotovoltaica* de ese mismo anexo se encuentra el resumen de los aspectos considerados y los resultados obtenidos.

Dimensionado de las protecciones

En base a los criterios comentados en el apartado *Dimensionado de la instalación fotovoltaica* de la Memoria del presente documento, la instalación deberá contar con un interruptor automático que corte el suministro de corriente en caso de que exista una falta o, en su defecto, lo requiera la compañía distribuidora y/o el cliente. Por tanto, y siguiendo los criterios de dimensionamiento

dispuestos en el apartado *CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN [13]* del ANEXO III, se deberá instalar el elemento de protección considerado en el apartado *Selección de interruptores automáticos* de este mismo documento.

10.3. Modelización en MATLAB/SIMULINK [29]

Finalmente, con el objetivo de corroborar tanto los cálculos realizados como el informe extraído del software PVSYST [18], se ha realizado una modelización simplificada de la instalación fotovoltaica, de acuerdo con las ilustraciones adjuntas:

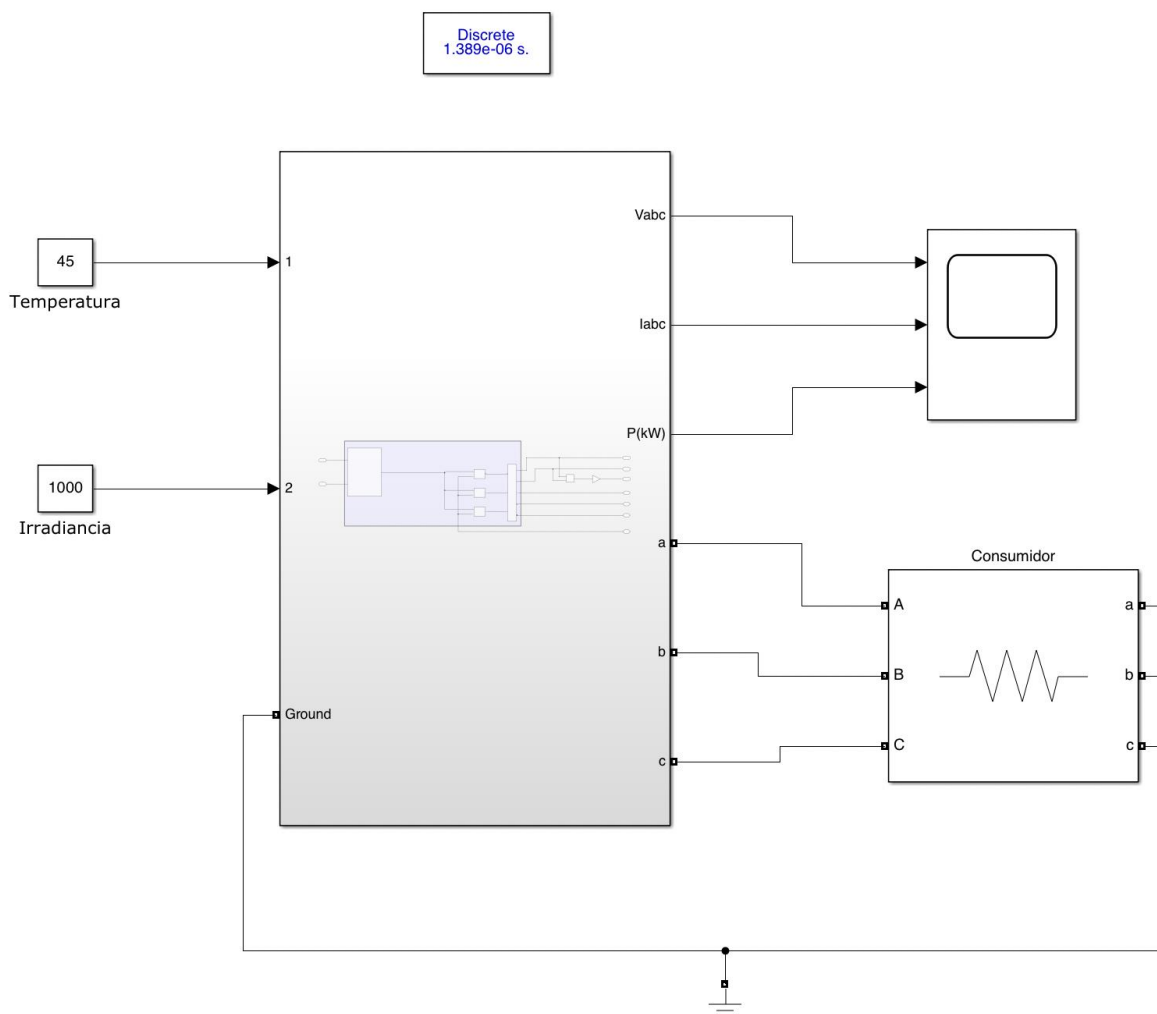


Ilustración 43 - Modelización de la instalación fotovoltaica en Matlab [29]

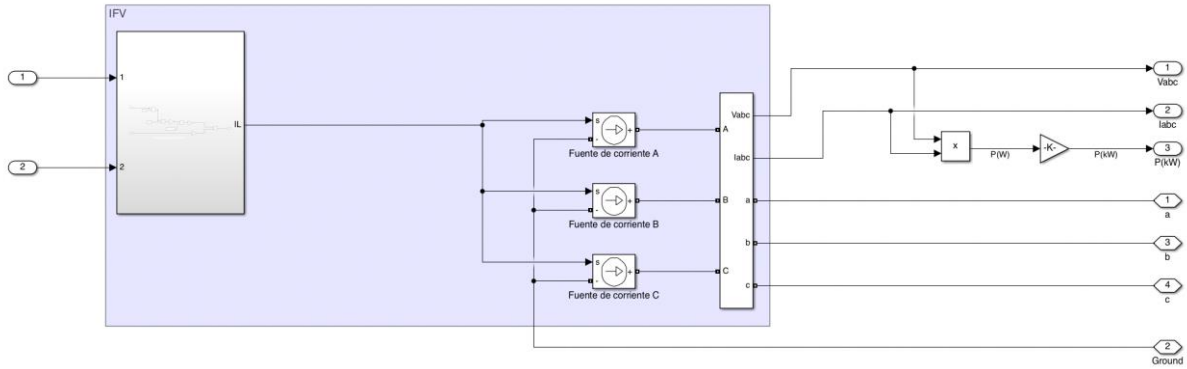


Ilustración 44 - Subsistema ilustrativo del generador fotovoltaico [29]

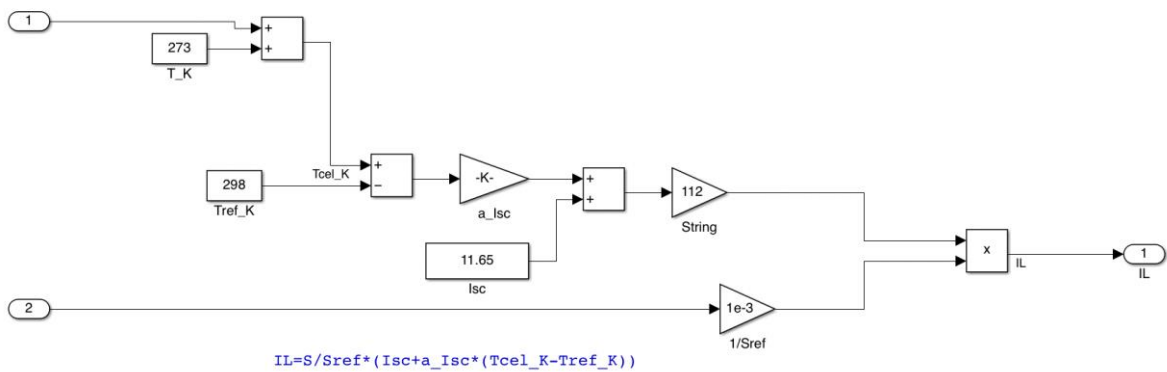


Ilustración 45 - Subsistema de obtención de las corrientes del generador fotovoltaico [29]

Tras simular dicho modelo, se obtienen los siguientes resultados, entre los que se observan unos valores característicos de corriente (1306 A), tensión (400 V) y potencia (903 kW) que concuerdan con lo mencionado previamente. Por lo tanto, con dicho modelo se corrobora el correcto dimensionamiento del generador fotovoltaico:

Time	Value
1 1.254	4.000e+02
2 1.778	4.000e+02
ΔT	523.540 ms
ΔY	0.000e+00
1 / ΔT	1.910 Hz
ΔY / ΔT	0.000 (/s)

Time	Value
1 1.254	1.306e+03
2 1.778	1.306e+03
ΔT	523.540 ms
ΔY	0.000e+00
1 / ΔT	1.910 Hz
ΔY / ΔT	0.000 (/s)

Time	Value
1 1.254	9.036e+02
2 1.778	9.036e+02
ΔT	523.540 ms
ΔY	0.000e+00
1 / ΔT	1.910 Hz
ΔY / ΔT	0.000 (/s)

Ilustración 46 - Valores de tensión, corriente y potencia obtenidos respectivamente en la simulación del IFV [29]

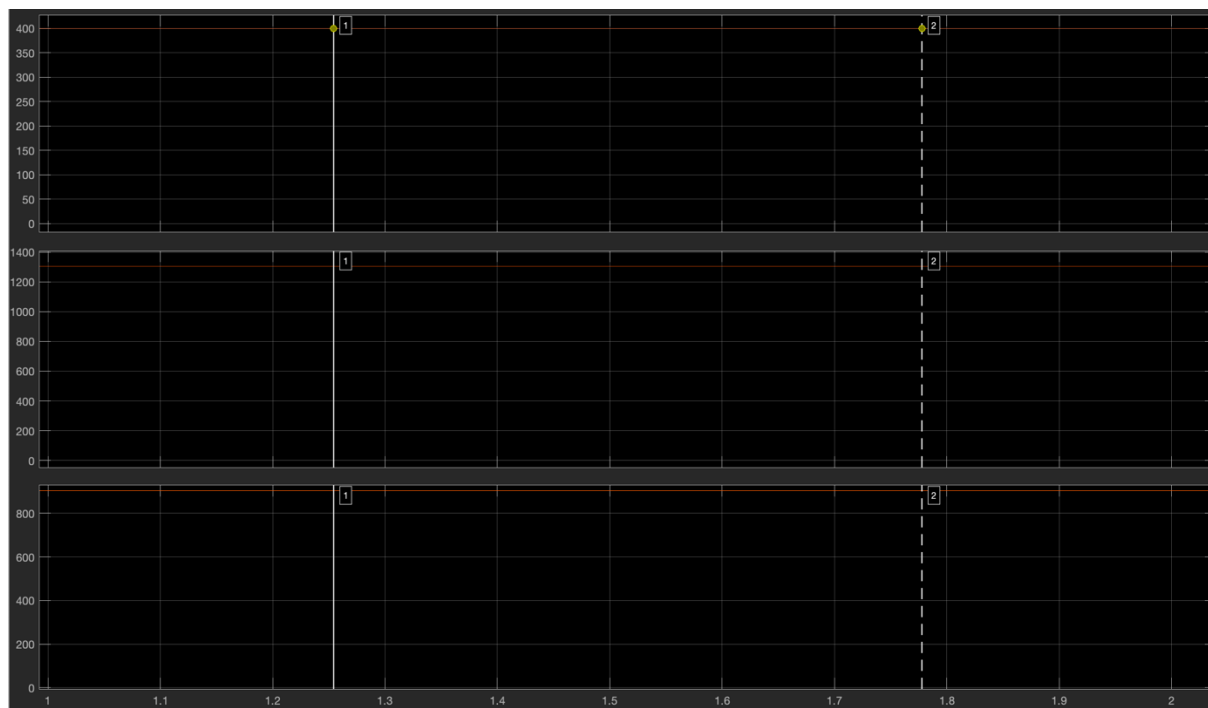


Ilustración 47 - Resultados de la modelización en Matlab del IFV [29]

Finalmente, a modo ilustrativo, se han extraído las características que definen los paneles fotovoltaicos utilizados son las siguientes, extraídas del elemento *PV Array* disponible en el software, tras la definición correspondiente de las especificaciones del panel en cuestión.

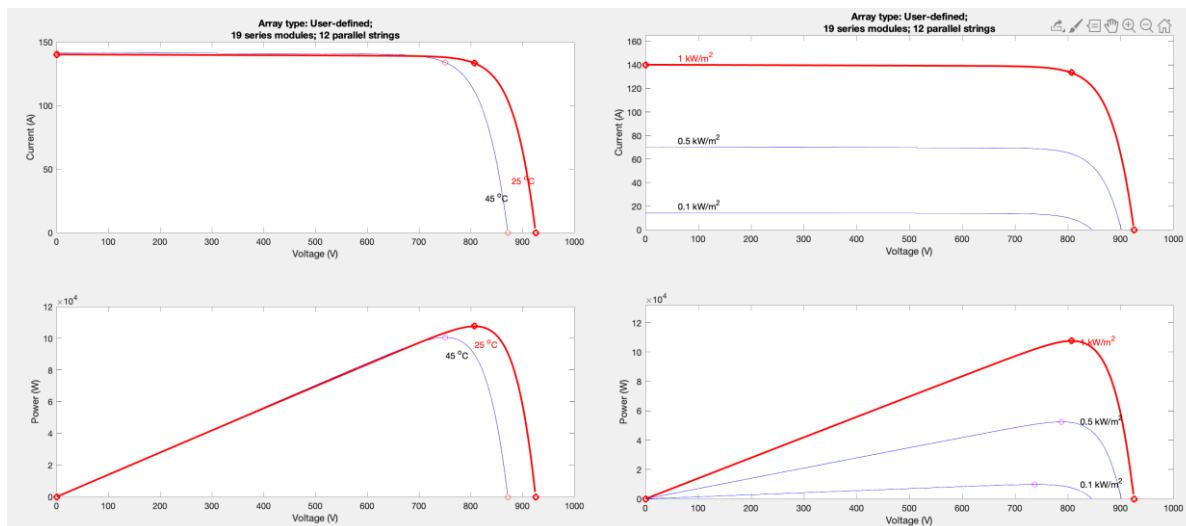


Ilustración 48 - Características del panel fotovoltaico instalado [29]



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO IV

PRESUPUESTO

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021



ÍNDICE DEL ANEXO IV: PRESUPUESTO

1.- PRESUPUESTO TOTAL	397
2.- RECURSOS MATERIALES	398
3.- RECURSOS HUMANOS	472
4.- RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	477

1.- PRESUPUESTO TOTAL

RECURSOS MATERIALES	
CONCEPTO	IMPORTE
Ingeniería y otros	41.488,18 €
Cableado	158.114,70 €
Canalizaciones	126.073,76 €
Cuadros eléctricos y protecciones	380.394,38 €
Equipamiento BT	333.543,21 €
Equipamiento IFV	590.792,83 €
Puesta a tierra y protección frente a descargas atm.	68.823,44 €
Seguridad y salud	41.072,10 €

RECURSOS MATERIALES			
CONCEPTO	Pax	€/h	IMPORTE
Tutor TFM	1	40	2.000,00 €
Ingeniero industrial (proyectista)	1	25	15.000,00 €
Project Manager	1	55	0,00 €
Ingeniero industrial (obra)	2	30	0,00 €
Oficial 1º electricista	6	20	194.092,28 €
Ayudante electricista	22	16	155.273,82 €
Oficial 1º construcción	1	20	360,00 €
Ayudante construcción	2	16	288,00 €

Total neto	2.107.316,70 €
Licitaciones y permisos	21.073,17 €
Complementos (3%)	63.219,50 €
Imprevistos (10%)	210.731,67 €
Total Directo	2.402.341,04 €
IVA (21%)	504.491,62 €



2.- RECURSOS MATERIALES

INGENIERÍA Y OTROS				
Ud.	Concepto	Descripción	Importe / ud.	Importe
1	Medición resistencia a teirra (incluye RRHH)		386	
		Total neto		386,00 €
1	Ensayos línea de MT (Incluye RRHH)		1470	
		Total neto		1.470,00 €
1	Medición de tensiones de paso y contacto (Incluye RRH)		735,02	
		Total neto		735,02 €
2	Prueba de continuidad de circuito (Incluye RRHH)		386	
		Total neto		772,00 €
1	Limpieza final de obra		2399,6	
		Total neto		2.399,60 €
1	Control de calidad		22809,06	
		Total neto		22.809,06 €
1	Trámite expediente IFV	Confección de expediente de generación de energía para autoconsumo con excedentes, incluyendo trámites y pago de tasas ante la empresa distribuidora. Incluye el trámite de licencia municipal de obras.	12576	
		Total neto		12.576,00 €
600	Equipo informático	PC DE 500W [€/h con duración estimada de 5 años]	0,102	
		Energía (€/kWh)	0,1015	
		Total neto		122,10 €
600	Softwares de ingeniería	Microsoft 365 (Word, Excel, PowerPoint, Visio, MS Project, etc.) (€/h de licencia)	0,09	
		Ecodial, EcoStructure, XLPro Tool, Schneider Electric Tool, etc. (€/h de licencia)	0	
		Matlab (€/h de licencia)	0,274	
		Total neto		218,40 €
			Total Neto	41.488,18 €



CABLEADO				
m	Concepto	Descripción	Importe / m	Importe
200	Cable eléctrico para media tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x95/16 mm ²	Cable eléctrico unipolar, Al Eprotenax H Compact "PRYSMIAN", normalizado por Iberdrola, proceso de fabricación del aislamiento mediante triple extrusión en línea catenaria, con reticulación del aislamiento mejorada y capa semiconductor externa extraíble en frío, tipo AL HEPRZ1 12/20 kV, tensión nominal 12/20 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductor formado por cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, rígido (clase 2), de 1x95/16 mm ² de sección, capa interna extrusionada de material semiconductor, aislamiento de etileno propileno reticulado de alto módulo de formulación Prysmian (HEPR), capa externa extrusionada de material semiconductor, separable en frío, pantalla de hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira, de 16 mm ² de sección, separador de cinta de poliéster, cubierta de poliolefina termoplástica de altas prestaciones, de tipo Vemex, de color rojo, y con las siguientes características: reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos y nula emisión de gases corrosivos.	8,44	
		Total Neto		1.688,00 €



240	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x240 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x240 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos.</p> <p style="text-align: right;">Total Neto</p>	21,87	5.248,80 €
------------	--	--------------	-------------------



1420	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x150 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x150 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	14,01	19.894,20 €
-------------	--	--------------	--------------------



2080	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x120 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x120 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	11,25	
	Total Neto		23.400,00 €



6400	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x95 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x95 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	8,86	
	Total Neto		56.704,00 €



192	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 1x70 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x70 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	10,28	1.973,76 €
------------	--	--------------	-------------------



<p>275</p>	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x50 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x50 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	<p>26,74</p>	<p>7.353,50 €</p>
-------------------	--	---------------------	--------------------------



376	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x35 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x35 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	3,51	1.319,76 €
------------	--	-------------	-------------------



408	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x25 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x25 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	2,56	1.044,48 €
------------	--	-------------	-------------------



150	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x16 mm²</p> <p>Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	6,72	
	Total Neto		1.008,00 €



1405	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x10 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x10 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	4,6	6.463,00 €
-------------	--	------------	-------------------



1075	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 5x16 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 5x16 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	8,34	
	Total Neto		8.965,50 €



325	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 5x10 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 5x10 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	5,71	1.855,75 €
------------	--	-------------	-------------------



25	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 5x6 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 5x6 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p>	3,49	
	Total Neto		87,25 €



515	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 5x4 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 5x4 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	2,41	1.241,15 €
------------	--	-------------	-------------------



230	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 5x2,5 mm²</p> <p>Cable eléctrico multipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 5x2,5 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	1,63	374,90 €
------------	--	-------------	-----------------



1755	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x4 mm²</p> <p>Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x4 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	2,75	4.826,25 €
------	--	------	------------



6790	<p>Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4x2,5 mm²</p> <p>Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN", de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3x2,5 mm² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde, y con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta y resistencia a los agentes químicos. Según UNE 21123-4.</p> <p>Total Neto</p>	2,16	14.666,40 €
Total Neto			158.114,70 €
CANALIZACIONES			



m	Concepto	Descripción	Importe / m	Importe
7500	Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x060 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.	Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x60 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto	9,35	70.125,00 €
272	Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x100 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.	Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x100 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto	11,25	3.060,00 €
450	Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x200 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.	Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x200 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto	17,19	7.735,50 €
372	Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x300 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.	Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 60x300 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto	26,1	9.709,20 €



370	<p>Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x400 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.</p> <p style="text-align: right;">Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x400 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto</p>	47,45	17.556,50 €
62	<p>Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x500 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.</p> <p style="text-align: right;">Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x500 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto</p>	59,94	3.716,28 €
76	<p>Canalización de bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x600 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.</p> <p style="text-align: right;">Incluye: Bandeja perforada de acero galvanizado, de 100x600 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 61537. Total Neto</p>	67,41	5.123,16 €
342	<p>Canalización de canal protectora de acero, de 50x95 mm. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios.</p> <p style="text-align: right;">Incluye: Canal protectora de acero, de 50x95 mm, para alojamiento de cables eléctricos, incluso accesorios. Según UNE-EN 50085-1, con grado de protección IP4X según UNE 20324. Total Neto</p>	23,66	8.091,72 €



60	<p>Canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 250 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Instalación enterrada. Incluso cinta de señalización. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.</p>		
	Incluye:		
	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,85	
	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 250 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	14,55	
	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,25	
	Alquiler:		
	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,06	
	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,19	
	Camión cisterna, de 8 m³ de capacidad.	0,04	



	Total Neto		956,40 €
Total Neto			126.073,76 €

CUADROS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES			
Ud.	Concepto	Descripción	Importe
1	Cuadro: CGBT		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		50.0
	Índice de protección (IP)		55
	Tensión de Alimentación (V)		400
	Familia de Cuadros		Prisma P
	Anchura del Cuadro (mm)		3800
	Altura del Cuadro (mm)		2000
	Profundidad del cuadro (mm)		600
	Reserva efectiva (en %)		46
	Mano de obra Taller (ch)		9740
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa		01/02/2021
		Incluye:	
	1 "INV2500 3P"		
	1 "MTZ2 2.500A tipo H2 3 Polos Extraible"		
		1 "MTZ2 2.500A tipo H2 3 Polos Extraible"	
		1 "Micrologic 5.0 X MTZ_2_y_3 Extraible"	
		1 "Chasis MTZ2 2.500A 3P tipo H3"	
		1 "T.Vertical Sup. MTZ2 Extraible"	
		1 "T.Anterior Inf. MTZ2 Extraible 3P 3.200A"	
		1 "Energia por fase"	
		1 "Protección de potencia activa inversa"	
		1 "Protección frente a sub/sobretensión"	
		1 "ANSI 81-Protección a sub/sobrefrecuencia"	
		1 "5 cables RJ45/RJ45 macho L=3,00m ULP"	
		1 "MODULO DE AISLACION PARA BOBINAS COM"	
		1 "Cableado COM para XF/MN/MX MTZ2/3"	
		1 "posic cerrado OFF - candado-MTZ2/MTZ3"	
		1 "CALIBRADOR 2500A MTZ2"	
		1 "Kit puesta tierra KMT Masterpact MTZ2/MT"	
		1 "COMPTEUR DE MANOEUVRES AFFICHA"	
		1 "Modulo ULP MTZ2/3 extrai"	



1 "MTZ1 1.600A tipo H2 3 Polos Fijo"	1 "MTZ1 1.600A tipo H2 3 Polos Fijo" 1 "Micrologic 2.0 X MTZ Fijo" 1 "Toma anterior Superior MTZ1 Fi" 1 "Toma anterior Inferior MTZ1 Fi" 1 "Energia por fase" 1 "Alarma de defecto a tierra" 1 "Protección de potencia activa inversa" 1 "Protección frente a sub/sobretensión" 1 "ANSI 81-Protección a sub/sobrefrecuencia" 1 "CALIBRADOR 1600A MTZ1 MTZ2" 1 "Modulo ULP - Masterpact MTZ1 - fijo" 1 "Microswitches OF/SDE/PF y cabl MTZ1"		
3 "NSX400HB2 Micrologic 2.3 400A 3P3R"			
3 "NSX250S 3P SR Bloque de corte"	1 "NSX250S 3P SR Bloque de corte" 1 "Micrologic 2.2 250A 3P3R NSX250"		
1 "NSX250N 3P SR Bloque de corte"	1 "NSX250N 3P SR Bloque de corte" 1 "Micrologic 4.2 Vigí 3x250 NSX250"		
4 "NSX160F 3P SR Bloque de corte"	1 "NSX160F 3P SR Bloque de corte" 1 "Micrologic 4.2 Vigí 3x160 NSX160-250"		
1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"	1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte" 1 "Micrologic 5.2 E 100A 3P3RNSX100-250"		
1 "Placa sop. P NS3200-INS2500 Vert.Fijo"	1 "Placa sop. P NS3200-INS2500 Vert.Fijo" 1 "Tapa P Interpact INS2000-2500, 3P y 4P" 2 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm" 2 "Soporte prolong. polos MTZ2 Entreje 115mm" 1 "Linergy BS Soporte entreje 115mm Voladiz" 2 "Linergy BS Soporte JdB voladizo 5 y 10mm"		



	<p>1 "Placa sop. P Masterpact NW"</p> <p>1 "Compartim. P Conex. JdB NW-NT-NS P400mm"</p> <p>1 "CONEXIONES ADIC. VERTICAL 3P NS1600/3200"</p> <p>1 "Placa sop. P Masterpact NW"</p> <p>1 "Tapa P Masterpact MTZ2 Extraible Chasis"</p> <p>2 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"</p> <p>2 "Soporte prolong. polos MTZ2 Entreje 115mm"</p> <p>1 "Linergy BS Soporte entreje 115mm Voladiz"</p> <p>1 "Compartim.P Cable Ant.NW08-32"</p> <p>1 "Compartim. P Conex. LGYE>800A P400mm"</p> <p>1 "Compartim. P Conex. LGYE>800A P600mm"</p> <p>1 "Conex.transf.LGYE-Masterpact 2.500A,3P"</p> <p>3 "Conex.CU, LGYE y LGYE vert.2.500A,1P"</p> <p>1 "Placa sop. P Masterpact NT Vert.Fijo"</p> <p>1 "Placa sop. P Masterpact NT Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa P Masterpact MTZ1 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 4 modulos, alto 200mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "PLETINAS ANTERIORES DE CANTO NT06 16 3"</p> <p>1 "Cubrecamaras de corte NT 3P"</p> <p>1 "Compartim.P Cable Ant.NS-NT1600 Vert.Ext"</p> <p>1 "Conex.P MTZ1 1600 Vert.Fijo.3P"</p> <p>1 "Compartim. P Conex. JdB NW-NT-NS P400mm"</p> <p>3 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(3P)"</p> <p>1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(3P)"</p> <p>1 "Tapa P NSX-CVS630 Hor.F/Z.M/Rot/Tel 3P"</p> <p>1 "Conex.P JdB a NSX630 Hor.Fijo.Maneta 3P"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 3P NSX400/630"</p>		
--	--	--	--



	<p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>3 "Armadura P Ancho 300.Prof 600.Alt 2m"</p> <p>2 "Armadura P Ancho650+150.Prof 600.Alt 2m"</p>	<p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 2 modulos, alto 100mm"</p> <p>1 "Linergy FC 3P + Conex.NSX250 Fijo.Maneta"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"</p> <p>1 "Linergy FC 3P + Conex.NSX250 Fijo.Maneta"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"</p> <p>1 "Linergy FC 3P + Conex.NSX250 Fijo.Maneta"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 300.Prof 600.Alt 2m"</p> <p>1 "Puerta plena P IP55,ancho 300mm"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55,ancho 300mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 300mm,Prof 600mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A300mm.P600mm"</p> <p>1 "Pantalla frontal/post. Forma 2 A300mm"</p> <p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 600.Alt 2m"</p> <p>1 "Puerta plena P IP55,A800mm+Pantalla"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55,ancho 800mm"</p>	
--	--	---	--



	<p>1 "Techo P IP55.Ancho 800mm,Prof 600mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650+150mm.P600mm"</p> <p>1 "Pantalla frontal/post. Forma 2 A150mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p>	
2 "Armadura P Ancho 650.Prof 600.Alto 2m"	<p>1 "Armadura P Ancho 650.Prof 600.Alto 2m"</p> <p>1 "Puerta plena P IP55,ancho 650mm"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55,ancho 650mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 650mm,Prof 600mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650mm.P600mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p>	
1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 600mm"		
2 "Linergy LGY Perfil vertical 1250A 1,67m"	<p>3 "Linergy LGY Perfil vertical 1250A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 12 Topes soporte inferior"</p> <p>4 "Linergy LGY Soporte Vert.Pasillo lateral"</p>	
1 "Linergy BS Barra CU Plena.60x5mm"	<p>3 "Linergy BS Barra CU Plena.60x5mm"</p> <p>3 "Linergy BS 1 Empalme Hor.Ancho 50/60mm"</p> <p>6 "Linergy BS Conex.1.000A BS 5mm Hor-LGY"</p>	
1 "Linergy BS Barra CU Plena.60x5mm"		
3 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"	<p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy TB 3 Soportes para PE Vertical"</p>	
2 "Linergy TB 2 Conex. instal. PE Hor/Vert"		
2 "Linergy TB Barra CU Perf. PE 50x5mm"	<p>1 "Linergy TB Barra CU Perf. PE 50x5mm"</p> <p>1 "Linergy TB 2 Soportes para PE Horizontal"</p>	



	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55,11 modulos,alto 650mm"	1 "Cofret G IP55,11 modulos,alto 650mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55,11 mod,alto 650mm"	
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
	1 "Tapa G/P Plena 4 modulos, alto 200mm"		
	Total Neto		3.595,10
1	Cuadro: CS2		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		40.0
	Índice de protección (IP)		55
	Tensión de Alimentación (V)		400
	Familia de Cuadros		Prisma P
	Anchura del Cuadro (mm)		1100
	Altura del Cuadro (mm)		2000
	Profundidad del cuadro (mm)		400
	Reserva efectiva (en %)		59
	Mano de obra Taller (ch)		1626
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:		
	1 "INS250 3P"		
	3 "NSX100F 4P SR Bloque de corte"	1 "NSX100F 4P SR Bloque de corte"	
		1 "Micrologic 2.2 100A 4P4R NSX100-250"	
	4 "iC60N 1P+N 10A C"	1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	3 "iC60N 1P+N 16A C"	1 "iC60N 1P+N 16A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	1 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	1 "iC60N 3P 10A C"		



	<p>1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p> <p>8 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p> <p>1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS250 H.Fijo.M(4P)"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>2 "Carril modular P, ancho 650mm"</p> <p>1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"</p>	<p>1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS250 H.Fijo.M(4P)"</p> <p>1 "Tapa P INS250 Hor. Rotativo"</p> <p>1 "Conex.P NSX250 Hor.Fijo/Zoc.Rot/Telem.3P"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS"</p> <p>1 "Cubrebornes cortos 4P NSX100-250 INV/INS"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"</p> <p>1 "Linergy FC 4P + Conex.NSX250 Fijo.Maneta"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS"</p> <p>1 "Carril modular P, ancho 650mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"</p> <p>1 "2 Soportes fijacion PE en carril modular"</p> <p>1 "2 Escuadras universales"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"</p> <p>1 "Puerta plena P IP55, ancho 300mm"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 300mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 300mm, Prof 400mm"</p>	
--	--	---	--



	<p>1 "Placa pasacable P IP55 A300mm.P400mm"</p> <p>1 "Pantalla frontal/post. Forma 2 A300mm"</p> <p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alto 2m"</p> <p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alto 2m"</p> <p>1 "Puerta Transp. P IP55, A800mm+Pantalla"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 800mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 800mm,Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650+150mm.P400mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p> <p>1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 400mm"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 1000A 1,67m"</p> <p>3 "Linergy LGY Perfil vertical 1000A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 12 Topes soporte inferior"</p> <p>3 "Linergy LGY Soporte Vert.Pasillo lateral"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy TB 3 Soportes para PE Vertical"</p> <p>1 "Linergy LGY 20 Tornillos M8 (Barras)"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable prof. 400mm"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable ancho 300mm"</p> <p>1 "Junta estanqueidad asoci. Ancho P IP55"</p> <p>2 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"</p>		
	Total Neto		19.510,10
1	<p>Cuadro: CT1</p> <p>Intensidad nominal (A)</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA)</p> <p>Índice de protección (IP)</p> <p>Tensión de Alimentación (V)</p>		<p>400</p> <p>30.0</p> <p>55</p> <p>400</p>



Familia de Cuadros		Prisma P
Anchura del Cuadro (mm)		1100
Altura del Cuadro (mm)		2000
Profundidad del cuadro (mm)		400
Reserva efectiva (en %)		76
Mano de obra Taller (ch)		1472
Mano de obra Obra (ch)		
Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:	
1 "INTERPACT INS63 3P"		
3 "iC60N 4P 32A C"		
	1 "iC60N 4P 32A C"	
	1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"	
2 "iC60N 4P 16A C"		
	1 "iC60N 4P 16A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA AC"	
3 "iC60N 3P 16A C"		
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Carril modular P, ancho 650mm"		
	1 "Carril modular P, ancho 650mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
2 "Carril modular P, ancho 650mm"		
	1 "Carril modular P, ancho 650mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"		
	1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"	
	1 "2 Soportes fijacion PE en carril modular"	
	1 "2 Escuadras universales"	
1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"		
	1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"	
	1 "Puerta plena P IP55, ancho 300mm"	
	1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 300mm"	



	<p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 400mm"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 20 Tornillos M8 (Barras)"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable prof. 400mm"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable ancho 300mm"</p> <p>1 "Junta estanqueidad asoc. Ancho P IP55"</p> <p>3 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"</p>	<p>1 "Techo P IP55.Ancho 300mm,Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A300mm.P400mm"</p> <p>1 "Pantalla frontal/post. Forma 2 A300mm"</p> <p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "Puerta Transp. P IP55, A800mm+Pantalla"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55,ancho 800mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 800mm,Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650+150mm.P400mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p> <p>3 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 12 Topes soporte inferior"</p> <p>3 "Linergy LGY Soporte Vert.Pasillo lateral"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy TB 3 Soportes para PE Vertical"</p>	<p>13.824,90</p>
1	<p>Cuadro: CT2</p> <p>Intensidad nominal (A)</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA)</p>	<p>400</p> <p>20.0</p>	
	<p>Total Neto</p>		



Índice de protección (IP)		55
Tensión de Alimentación (V)		400
Familia de Cuadros		Prisma G
Anchura del Cuadro (mm)		600
Altura del Cuadro (mm)		1050
Profundidad del cuadro (mm)		250
Reserva efectiva (en %)		56
Mano de obra Taller (ch)		580
Mano de obra Obra (ch)		
Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:	
1 "INTERPACT INS63 3P"		
3 "iC60N 4P 32A C"	1 "iC60N 4P 32A C"	
	1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"	
2 "iC60N 4P 16A C"	1 "iC60N 4P 16A C"	
	1 ""	
3 "iC60N 3P 16A C"		
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
2 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
1 "Cofret G IP55, 19 modulos, alto 1.050mm"	1 "Cofret G IP55, 19 modulos, alto 1.050mm"	
	1 "Puerta Transp.G IP55, 19 mod, alto 1.050mm"	
1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"		



	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m" 1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"		
	Total Neto		5.552,68
1	Cuadro: CT3 Intensidad nominal (A) Intensidad de cortocircuito (kA) Índice de protección (IP) Tensión de Alimentación (V) Familia de Cuadros Anchura del Cuadro (mm) Altura del Cuadro (mm) Profundidad del cuadro (mm) Reserva efectiva (en %) Mano de obra Taller (ch) Mano de obra Obra (ch) Fecha de Tarifa	400 6.0 55 400 Prisma G 600 1050 250 59 560 01/02/2021	
	Incluye:		
	1 "INTERPACT INS63 3P" 2 "iC60N 4P 32A C" 3 "iC60N 4P 16A C" 2 "iC60N 3P 16A C" 2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris" 2 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm² gris" 3 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 2 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "iC60N 4P 32A C" 1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A" 1 "iC60N 4P 16A C" 1 "" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm" 1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm" 1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	



	<p>3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm² gris"</p> <p>6 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p> <p>1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(4P)"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>2 "Carril modular P, ancho 650mm"</p> <p>1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"</p>	<p>1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(4P)"</p> <p>1 "Tapa P INS630 Hor.Rotativo"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 4P NSX400/630 INV/INS"</p> <p>1 "Cubrebornes cortos 4P NSX400/630 INV/INS"</p> <p>1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"</p> <p>1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"</p> <p>1 "Linergy FC 4P + Conex.NSX250 Fijo.Maneta"</p> <p>1 "Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS"</p> <p>1 "Carril modular P, ancho 650mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"</p> <p>1 "2 Soportes fijacion PE en carril modular"</p> <p>1 "2 Escuadras universales"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 300.Prof 400.Alto 2m"</p> <p>1 "Puerta plena P IP55, ancho 300mm"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 300mm"</p> <p>1 "Techo P IP55. Ancho 300mm, Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A300mm.P400mm"</p> <p>1 "Pantalla frontal/post. Forma 2 A300mm"</p>	
--	---	--	--



	<p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 400mm"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 20 Tornillos M8 (Barras)"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable prof. 400mm"</p> <p>1 "4 Soportes P fijacion cable ancho 300mm"</p> <p>1 "Junta estanqueidad asoc. Ancho P IP55"</p> <p>2 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 4 modulos, alto 200mm"</p>	<p>1 "Armadura P Ancho650+150.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "Puerta Transp. P IP55, A800mm+Pantalla"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55,ancho 800mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 800mm,Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650+150mm.P400mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p> <p>3 "Linergy LGY Perfil vertical 800A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy LGY 12 Topes soporte inferior"</p> <p>3 "Linergy LGY Soporte Vert.Pasillo lateral"</p> <p>1 "Linergy LGY Perfil vertical 630A 1,67m"</p> <p>1 "Linergy TB 3 Soportes para PE Vertical"</p>		
	Total Neto			19.794,07
1	<p>Cuadro: CT4</p> <p>Intensidad nominal (A)</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA)</p> <p>Índice de protección (IP)</p> <p>Tensión de Alimentación (V)</p> <p>Familia de Cuadros</p> <p>Anchura del Cuadro (mm)</p> <p>Altura del Cuadro (mm)</p> <p>Profundidad del cuadro (mm)</p>			<p>400</p> <p>20.0</p> <p>55</p> <p>400</p> <p>Prisma G</p> <p>600</p> <p>850</p> <p>250</p>



Reserva efectiva (en %)		55
Mano de obra Taller (ch)		690
Mano de obra Obra (ch)		
Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:	
1 "INTERPACT INS160 3P"		
1 "C120N 3P 100A C 10000A 415V MINIATURE CI"		
2 "iC60N 4P 32A C"	1 "iC60N 4P 32A C"	
	1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"	
2 "iC60N 4P 16A C"	1 "iC60N 4P 16A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
2 "iC60N 3P 16A C"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
1 "Cofret G IP55,15 modulos, alto 850mm"	1 "Cofret G IP55,15 modulos, alto 850mm"	
	1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod, alto 850mm"	
1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"		
1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto	5.827,56



1	Cuadro: CT5		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		15.0
	Índice de protección (IP)		55
	Tensión de Alimentación (V)		400
	Familia de Cuadros		Prisma G
	Anchura del Cuadro (mm)		600
	Altura del Cuadro (mm)		850
	Profundidad del cuadro (mm)		250
	Reserva efectiva (en %)		55
	Mano de obra Taller (ch)		690
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:		
	1 "INTERPACT INS160 3P"		
	1 "C120N 3P 100A C 10000A 415V MINIATURE CI"		
	2 "iC60N 4P 32A C"	1 "iC60N 4P 32A C"	
		1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"	
	2 "iC60N 4P 16A C"	1 "iC60N 4P 16A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
	2 "iC60N 3P 16A C"		
	2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	2 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
	2 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55,15 modulos, alto 850mm"	1 "Cofret G IP55,15 modulos, alto 850mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod, alto 850mm"	



	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm" 1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm" 1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m" 1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto		5.827,56
1	Cuadro: CS4 Intensidad nominal (A) Intensidad de cortocircuito (kA) Índice de protección (IP) Tensión de Alimentación (V) Familia de Cuadros Anchura del Cuadro (mm) Altura del Cuadro (mm) Profundidad del cuadro (mm) Reserva efectiva (en %) Mano de obra Taller (ch) Mano de obra Obra (ch) Fecha de Tarifa Incluye: 1 "INTERPACT INS160 3P" 1 "C120N 3P 80A C 10000A 415V MINIATURE CIR" 1 "iC60N 3P 50A C" 6 "iC60N 1P+N 10A C" 1 "iC60N 1P+N 6A C" 1 "Borne conex tornillo, 2pts, 10mm² gris" 7 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Carril modular G, ancho 600mm, regulable en prof.600mm"	400 15.0 55 400 Prisma G 600 850 250 56 706 01/02/2021 1 "iC60N 1P+N 10A C" 1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A" 1 "iC60N 1P+N 6A C" 1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm" 1 "Carril modular G, ancho 600mm" 1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	



	<p>1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"</p> <p>1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod,alto 850mm"</p> <p>1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"</p> <p>1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"</p>		
	Total Neto		6.108,03
1	<p>Cuadro: CS5</p> <p>Intensidad nominal (A) 400</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA) 15.0</p> <p>Índice de protección (IP) 55</p> <p>Tensión de Alimentación (V) 400</p> <p>Familia de Cuadros Prisma G</p> <p>Anchura del Cuadro (mm) 600</p> <p>Altura del Cuadro (mm) 850</p> <p>Profundidad del cuadro (mm) 250</p> <p>Reserva efectiva (en %) 58</p> <p>Mano de obra Taller (ch) 540</p> <p>Mano de obra Obra (ch)</p> <p>Fecha de Tarifa 01/02/2021</p> <p>Incluye:</p> <p>1 "INTERPACT INS63 3P"</p> <p>1 "iC60N 3P 40A C"</p> <p>3 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>3 "iC60N 1P+N 10A C"</p> <p>2 "iC60N 1P+N 6A C"</p> <p>1 "Borne conex tornillo, 2pts, 6mm² gris"</p> <p>3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm² gris"</p> <p>5 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p>		
	<p>1 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 10A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 6A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p>		



	1 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
	1 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"		
	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"		
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"		
	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"		
		1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod,alto 850mm"		
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"			
	1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"			
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m"			
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"			
	Total Neto			5.863,67
1	Cuadro: CS6			
	Intensidad nominal (A)		400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)		20.0	
	Índice de protección (IP)		55	
	Tensión de Alimentación (V)		400	
	Familia de Cuadros		Prisma G	
	Anchura del Cuadro (mm)		900	
	Altura del Cuadro (mm)		1250	
	Profundidad del cuadro (mm)		250	
	Reserva efectiva (en %)		53	
	Mano de obra Taller (ch)		786	
	Mano de obra Obra (ch)			
	Fecha de Tarifa		01/02/2021	
	Incluye:			
	1 "INTERPACT INS40 3P"			
	3 "iC60N 1P+N 16A C"	1 "iC60N 1P+N 16A C"		
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"		
	13 "iC60N 1P+N 10A C"	1 "iC60N 1P+N 10A C"		



	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
2 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
18 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
3 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
1 "Cofret G IP55,23 modulos, alto 1.250mm"	1 "Cofret G IP55,23 modulos, alto 1.250mm"	
	1 "Puerta Transp.G IP55,23 mod, alto 1.250mm"	
1 "Pasillo lat + Puerta G IP55, 23 modulos"		
1 "2 Pilares dobles G IP55 Asoc. H-V"		
1 "2 Paredes sup+inf G IP55, ancho 300mm"		
1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"		
1 "2 Soportes G para bornas y colector PL"		
1 "4 Soportes G fijacion cables ancho 300mm"		
1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"		
1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"		
3 "Tapa G/P PL Plena 6 mod, alto 300mm"		
1 "Tapa G/P PL Plena 5 mod, alto 250mm"		
	Total Neto	11.802,97



1	Cuadro: CS7		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		15.0
	Índice de protección (IP)		55
	Tensión de Alimentación (V)		400
	Familia de Cuadros		Prisma G
	Anchura del Cuadro (mm)		600
	Altura del Cuadro (mm)		1050
	Profundidad del cuadro (mm)		250
	Reserva efectiva (en %)		43
	Mano de obra Taller (ch)		790
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa		01/02/2021
		Incluye:	
	1 "INTERPACT INS160 3P"		
	2 "iC60N 3P 50A C"		
	1 "iC60N 3P 16A C"		
	1 "iC60N 4P 25A C"		
		1 "iC60N 4P 25A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
	1 "iC60N 4P 16A C"		
		1 "iC60N 4P 16A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
	3 "iC60N 4P 16A C"		
		1 "iC60N 4P 16A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
	6 "iC60N 1P+N 10A C"		
		1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	2 "iC60N 1P+N 6A C"		
		1 "iC60N 1P+N 6A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	2 "Borne conex tornillo, 2pts, 10mm ² gris"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
	4 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	8 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	2 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	



	<p>1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"</p> <p>1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55,19 modulos,alto 1.050mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55,19 modulos,alto 1.050mm"</p> <p>1 "Puerta Transp.G IP55,19 mod,alto 1.050mm"</p> <p>1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"</p> <p>1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p style="text-align: right;">Total Neto</p>			10.063,46
1	<p>Cuadro: CS8</p> <p>Intensidad nominal (A)</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA)</p> <p>Índice de protección (IP)</p> <p>Tensión de Alimentación (V)</p> <p>Familia de Cuadros</p> <p>Anchura del Cuadro (mm)</p> <p>Altura del Cuadro (mm)</p> <p>Profundidad del cuadro (mm)</p> <p>Reserva efectiva (en %)</p> <p>Mano de obra Taller (ch)</p> <p>Mano de obra Obra (ch)</p> <p>Fecha de Tarifa</p> <p style="text-align: right;">Incluye:</p> <p>1 "INS250 3P"</p> <p>3 "NSX100F 4P SR Bloque de corte"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>2 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>2 "iC60N 1P+N 16A C"</p>			<p>400</p> <p>25.0</p> <p>55</p> <p>400</p> <p>Prisma P</p> <p>650</p> <p>2000</p> <p>400</p> <p>56</p> <p>1304</p> <p>01/02/2021</p>
	<p>1 "NSX100F 4P SR Bloque de corte"</p> <p>1 "NSX100F 4P SR Bloque de corte"</p> <p>1 "Micrologic 2.2 100A 4P4R NSX100-250"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 16A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p>			



3 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"	
5 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"	
1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS250 H.Fijo.M(4P)"	1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS250 H.Fijo.M(4P)"
	1 "Tapa P INS250 Hor. Rotativo"
	1 "Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS"
	1 "Cubrebornes cortos 4P NSX100-250 INV/INS"
1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"	1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"
	1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."
	1 "Tapa G/P Plena 2 modulos, alto 100mm"
	1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"
	1 "Cubrebornes largos 4P NSX100-250 INV/INS"
2 "Carril modular P, ancho 650mm"	1 "Carril modular P, ancho 650mm"
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"
1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"	1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"
	1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"
	1 "2 Soportes fijacion PE en carril modular"
	1 "2 Escuadras universales"
1 "Armadura P Ancho 650.Prof 400.Alto 2m"	1 "Armadura P Ancho 650.Prof 400.Alto 2m"
	1 "Puerta Transp. P IP55, ancho 650mm"
	1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 650mm"
	1 "Techo P IP55.Ancho 650mm, Prof 400mm"



	1 "Placa pasacable P IP55 A650mm.P400mm" 1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm" 1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 400mm" 1 "JDB AISLADO POWERCLIP 630A, 3P L" 1 "JDB AISLADO POWERCLIP 630A, 3P L" 2 "Adaptador P (4Travi+2Larg) Prisma G A500" 2 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm" 1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"		
	Total Neto		16.038,72
1	Cuadro: CT6 Intensidad nominal (A) 400 Intensidad de cortocircuito (kA) 15.0 Índice de protección (IP) 55 Tensión de Alimentación (V) 400 Familia de Cuadros Prisma G Anchura del Cuadro (mm) 600 Altura del Cuadro (mm) 1050 Profundidad del cuadro (mm) 250 Reserva efectiva (en %) 50 Mano de obra Taller (ch) 712 Mano de obra Obra (ch) Fecha de Tarifa 01/02/2021	Incluye: 1 "INTERPACT INS100 3P" 2 "iC60N 4P 40A C" 1 "iC60N 4P 40A C" 1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A" 1 "iC60N 4P 32A C" 1 "iC60N 4P 32A C" 1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A" 4 "iC60N 4P 16A C" 1 "iC60N 4P 16A C" 1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A" 3 "iC60N 3P 16A C" 3 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris" 2 "Borne conex tornillo, 2pts, 6mm ² gris" 1 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris" 4 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"	



	1 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
	2 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"		
	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"		
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"		
	1 "Cofret G IP55,19 modulos,alto 1.050mm"	1 "Cofret G IP55,19 modulos,alto 1.050mm"		
		1 "Puerta Transp.G IP55,19 mod,alto 1.050mm"		
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"			
	1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"			
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m"			
	1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"			
		Total Neto		7.841,04
1	Cuadro: CT7			
	Intensidad nominal (A)		400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)		10.0	
	Índice de protección (IP)		55	
	Tensión de Alimentación (V)		400	
	Familia de Cuadros		Prisma G	
	Anchura del Cuadro (mm)		600	
	Altura del Cuadro (mm)		850	
	Profundidad del cuadro (mm)		250	
	Reserva efectiva (en %)		59	
	Mano de obra Taller (ch)		574	
	Mano de obra Obra (ch)			
	Fecha de Tarifa		01/02/2021	
		Incluye:		
	1 "INTERPACT INS63 3P"			
	2 "iC60N 4P 40A C"			
		1 "iC60N 4P 40A C"		



	1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"		
	1 "iC60N 4P 32A C"	1 "iC60N 4P 32A C"	
		1 "Vigi iC60 4P 63A 30mA A"	
	1 "iC60N 4P 16A C"	1 "iC60N 4P 16A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 4P 25A 30mA A"	
	1 "iC60N 3P 16A C"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	2 "Borne conex tornillo, 2pts, 6mm ² gris"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"		
		1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55, 15 modulos, alto 850mm"		
		1 "Cofret G IP55, 15 modulos, alto 850mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55, 15 mod, alto 850mm"	
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
	1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"		
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto		5.427,62
1	Cuadro: CAL1		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		20.0
	Índice de protección (IP)		55



	Tensión de Alimentación (V)	400	
	Familia de Cuadros	Prisma G	
	Anchura del Cuadro (mm)	600	
	Altura del Cuadro (mm)	850	
	Profundidad del cuadro (mm)	250	
	Reserva efectiva (en %)	62	
	Mano de obra Taller (ch)	372	
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa	01/02/2021	
	Incluye:		
	1 "INTERPACT INS40 3P"		
	8 "iC60N 1P+N 10A C"		
		1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	8 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"		
		1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"		
		1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod,alto 850mm"	
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
	1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"		
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto		5.620,63
1	Cuadro: CS9		
	Intensidad nominal (A)	400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)	15.0	
	Índice de protección (IP)	55	



Tensión de Alimentación (V)		400
Familia de Cuadros		Prisma G
Anchura del Cuadro (mm)		600
Altura del Cuadro (mm)		1450
Profundidad del cuadro (mm)		250
Reserva efectiva (en %)		59
Mano de obra Taller (ch)		864
Mano de obra Obra (ch)		
Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:	
1 "INTERPACT INS125 3P"		
2 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"		
	1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"	
	1 "Micrologic 2.2 100A 3P3R NSX100-250"	
4 "iC60N 1P+N 16A C"		
	1 "iC60N 1P+N 16A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
6 "iC60N 1P+N 10A C"		
	1 "iC60N 1P+N 10A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
2 "iC60N 1P+N 6A C"		
	1 "iC60N 1P+N 6A C"	
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
12 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
1 "Placa sop.G NSX-CVS250 Vert.Fijo.Maneta"		
	1 "Placa sop.G NSX-CVS250 Vert.Fijo.Maneta"	
	1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."	
	1 "Tapa G/P Plena 2 modulos, alto 100mm"	
	1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"	
2 "Carril modular G, ancho 600mm"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"		
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	



	<p>1 "Cofret G IP55,27 modulos,alto 1.450mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55,27 modulos,alto 1.450mm"</p> <p>1 "Puerta Transp.G IP55,27 mod,alto 1.450mm"</p> <p>1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"</p> <p>1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"</p>		
	Total Neto		10.522,19
1	<p>Cuadro: CT8</p> <p>Intensidad nominal (A) 400</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA) 15.0</p> <p>Índice de protección (IP) 55</p> <p>Tensión de Alimentación (V) 400</p> <p>Familia de Cuadros Prisma G</p> <p>Anchura del Cuadro (mm) 600</p> <p>Altura del Cuadro (mm) 1050</p> <p>Profundidad del cuadro (mm) 250</p> <p>Reserva efectiva (en %) 46</p> <p>Mano de obra Taller (ch) 588</p> <p>Mano de obra Obra (ch)</p> <p>Fecha de Tarifa 01/02/2021</p> <p>Incluye:</p> <p>1 "INTERPACT INS40 3P"</p> <p>3 "iC60N 1P+N 50A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "iC60N 1P+N 50A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "Vigi iC60 2P 63A 30mA A"</p> <p>11 "iC60N 1P+N 10A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "iC60N 1P+N 10A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>2 "iC60N 1P+N 6A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "iC60N 1P+N 6A C"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>3 "Borne conex tornillo, 2pts, 10mm² gris"</p> <p>13 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p> <p>1 "Carril modular G,ancho 600mm"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "Carril modular G,ancho 600mm"</p> <p style="padding-left: 40px;">1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"</p>		



	<p>2 "Carril modular G, ancho 600mm"</p> <p>1 "Carril modular G, ancho 600mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"</p> <p>1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55, 19 modulos, alto 1.050mm"</p> <p>1 "Cofret G IP55, 19 modulos, alto 1.050mm"</p> <p>1 "Puerta Transp.G IP55, 19 mod, alto 1.050mm"</p> <p>1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"</p> <p>1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p style="text-align: right;">Total Neto</p>			10.223,83
1	<p>Cuadro: CT9</p> <p>Intensidad nominal (A) 400</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA) 15.0</p> <p>Índice de protección (IP) 55</p> <p>Tensión de Alimentación (V) 400</p> <p>Familia de Cuadros Prisma G</p> <p>Anchura del Cuadro (mm) 600</p> <p>Altura del Cuadro (mm) 1450</p> <p>Profundidad del cuadro (mm) 250</p> <p>Reserva efectiva (en %) 53</p> <p>Mano de obra Taller (ch) 674</p> <p>Mano de obra Obra (ch)</p> <p>Fecha de Tarifa 01/02/2021</p> <p>Incluye:</p> <p>1 "INTERPACT INS40 3P"</p> <p>3 "iC60N 1P+N 50A C"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>3 "iC60N 1P+N 16A C"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 50A C"</p> <p>1 "Vigi iC60 2P 63A 30mA A"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 25A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 16A C"</p> <p>1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"</p>			



	12 "iC60N 1P+N 10A C"	1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	2 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	3 "Borne conex tornillo, 2pts, 10mm ² gris"		
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
	17 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	3 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55,27 modulos, alto 1.450mm"	1 "Cofret G IP55,27 modulos, alto 1.450mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55,27 mod, alto 1.450mm"	
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
	1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"		
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto		12.924,11
1	Cuadro: CS10		
	Intensidad nominal (A)	400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)	15.0	
	Índice de protección (IP)	55	
	Tensión de Alimentación (V)	400	
	Familia de Cuadros	Prisma P	
	Anchura del Cuadro (mm)	650	
	Altura del Cuadro (mm)	2000	
	Profundidad del cuadro (mm)	400	
	Reserva efectiva (en %)	65	



Mano de obra Taller (ch)		1486
Mano de obra Obra (ch)		
Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:	
1 "INS400 3P"		
1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"		
	1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"	
	1 "TM100D 3P3R NSX100"	
5 "iC60N 3P 50A C"		
2 "iK60N 3P 25A C"		
1 "iC60N 3P 16A C"		
5 "Borne conex tornillo, 2pts, 10mm ² gris"		
2 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(4P)"		
	1 "Placa sop. P NSX-INS-CVS630 H.Fijo.M(4P)"	
	1 "Tapa P INS630 Hor.Rotativo"	
	1 "Cubrebornes largos 4P NSX400/630 INV/INS"	
	1 "Cubrebornes cortos 4P NSX400/630 INV/INS"	
1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"		
	1 "Placa sop. P 3NSX-INS-CVS250 Vert.Fijo"	
	1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."	
	1 "Tapa G/P Plena 2 modulos, alto 100mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 1 modulo, alto 50mm"	
	1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"	
1 "Carril modular P, ancho 650mm"		
	1 "Carril modular P, ancho 650mm"	
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"		
	1 "Carril modular P, regulable en prof.650mm"	
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Linergy TB 2 Colectores PE ancho 200mm"	
	1 "2 Soportes fijacion PE en carril modular"	



	<p>1 "2 Escuadras universales"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 650.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "Armadura P Ancho 650.Prof 400.Alt 2m"</p> <p>1 "Puerta Transp. P IP55, ancho 650mm"</p> <p>1 "Fondo atornillado P IP55, ancho 650mm"</p> <p>1 "Techo P IP55.Ancho 650mm,Prof 400mm"</p> <p>1 "Placa pasacable P IP55 A650mm.P400mm"</p> <p>1 "Marco pivotante tapas P Ancho 650mm"</p> <p>1 "2 Paredes laterales P IP55,prof. 400mm"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1,4m"</p> <p>1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1,4m"</p> <p>2 "Adaptador P (4Travi+2Larg) Prisma G A500"</p> <p>2 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"</p> <p>1 "Tapa G/P Plena 4 modulos, alto 200mm"</p> <p>Total Neto</p>			10.118,30
1	<p>Cuadro: CAL2</p> <p>Intensidad nominal (A)</p> <p>Intensidad de cortocircuito (kA)</p> <p>Índice de protección (IP)</p> <p>Tensión de Alimentación (V)</p> <p>Familia de Cuadros</p> <p>Anchura del Cuadro (mm)</p> <p>Altura del Cuadro (mm)</p> <p>Profundidad del cuadro (mm)</p> <p>Reserva efectiva (en %)</p> <p>Mano de obra Taller (ch)</p> <p>Mano de obra Obra (ch)</p> <p>Fecha de Tarifa</p> <p>Incluye:</p> <p>1 "INTERPACT INS40 3P"</p> <p>6 "iC60N 1P+N 16A C"</p> <p>1 "iC60N 1P+N 6A C"</p> <p>7 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm², gris"</p>			<p>400</p> <p>15.0</p> <p>55</p> <p>400</p> <p>Prisma G</p> <p>600</p> <p>850</p> <p>250</p> <p>65</p> <p>338</p> <p>01/02/2021</p>



	1 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
	1 "Carril modular G,ancho 600mm"	1 "Carril modular G,ancho 600mm"		
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"		
	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G,regulable en prof.600mm"		
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"		
	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm"		
		1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod,alto 850mm"		
	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"			
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"			
		Total Neto		5.043,81
1	Cuadro: CS11			
	Intensidad nominal (A)		400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)		15.0	
	Índice de protección (IP)		55	
	Tensión de Alimentación (V)		400	
	Familia de Cuadros		Prisma G	
	Anchura del Cuadro (mm)		600	
	Altura del Cuadro (mm)		1450	
	Profundidad del cuadro (mm)		250	
	Reserva efectiva (en %)		63	
	Mano de obra Taller (ch)		856	
	Mano de obra Obra (ch)			
	Fecha de Tarifa		01/02/2021	
		Incluye:		
	1 "INTERPACT INS160 3P"			
	2 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"			
		1 "NSX100F 3P SR Bloque de corte"		
		1 "TM100D 3P3R NSX100"		
	1 "iC60N 3P 63A C"			
	3 "iC60N 3P 16A C"			
	3 "iC60N 1P+N 25A C"			
		1 "iC60N 1P+N 25A C"		
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"		



1 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"		
	1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"		
1 "Borne conex tornillo, 2pts, 16mm ² gris"			
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"			
3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"			
1 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"			
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
1 "Placa sop.G NSX-CVS250 Vert.Fijo.Maneta"	1 "Placa sop.G NSX-CVS250 Vert.Fijo.Maneta"		
	1 "Tapa G/P 3 NSX-CVS250 Vert."		
	1 "Tapa G/P Plena 2 modulos, alto 100mm"		
	1 "Cubrebornes largos 3P NSX100-250"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
	1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"		
1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
	1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"		
1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"		
	1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"		
1 "Cofret G IP55,27 modulos, alto 1.450mm"	1 "Cofret G IP55,27 modulos, alto 1.450mm"		
	1 "Puerta Transp.G IP55,27 mod, alto 1.450mm"		
1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"			
1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"			
1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"			



	1 "Tapa G/P Plena 6 modulos, alto 300mm"		
	Total Neto		7.286,23
1	Cuadro: CT10		
	Intensidad nominal (A)		400
	Intensidad de cortocircuito (kA)		10.0
	Índice de protección (IP)		55
	Tensión de Alimentación (V)		400
	Familia de Cuadros		Prisma G
	Anchura del Cuadro (mm)		600
	Altura del Cuadro (mm)		850
	Profundidad del cuadro (mm)		250
	Reserva efectiva (en %)		61
	Mano de obra Taller (ch)		372
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa		01/02/2021
	Incluye:		
	1 "INTERPACT INS40 3P"		
	8 "iC60N 1P+N 10A C"		
		1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	1 "Borne conex tornillo, 2pts, 6mm ² gris"		
	7 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"		
		1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"		
		1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	
	1 "Cofret G IP55, 15 modulos, alto 850mm"		
		1 "Cofret G IP55, 15 modulos, alto 850mm"	
		1 "Puerta Transp.G IP55, 15 mod, alto 850mm"	
	1 "Linergy TB Colector PE ancho 450mm"		
	1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm"		



	1 "Linergy BW JdB aislado 3P 400A, Lon=1m"		
	1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"		
	Total Neto		5.624,08
1	Cuadro: CAL3		
	Intensidad nominal (A)	400	
	Intensidad de cortocircuito (kA)	15.0	
	Índice de protección (IP)	55	
	Tensión de Alimentación (V)	400	
	Familia de Cuadros	Prisma G	
	Anchura del Cuadro (mm)	600	
	Altura del Cuadro (mm)	850	
	Profundidad del cuadro (mm)	250	
	Reserva efectiva (en %)	62	
	Mano de obra Taller (ch)	372	
	Mano de obra Obra (ch)		
	Fecha de Tarifa	01/02/2021	
	Incluye:		
	1 "INTERPACT INS40 3P"		
	3 "iC60N 1P+N 25A C"	1 "iC60N 1P+N 25A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	4 "iC60N 1P+N 10A C"	1 "iC60N 1P+N 10A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	1 "iC60N 1P+N 6A C"	1 "iC60N 1P+N 6A C"	
		1 "Quick Vigi iC60 2P 25A 30mA A"	
	3 "Borne conex tornillo, 2pts, 4mm ² gris"		
	5 "Borne conex tornillo, 2pts, 2,5mm ² , gris"		
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 4 Modulos, alto 200mm"	
	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	1 "Carril modular G, ancho 600mm"	
		1 "Tapa G/P Acti9, 3 Modulos, alto 150mm"	
	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	1 "Carril modular G, regulable en prof.600mm"	
		1 "Tapa G/P Plena 3 modulos, alto 150mm"	



1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm" 1 "Linery TB Colector PE ancho 450mm" 1 "2 Soportes G fijacion cables ancho 600mm" 1 "Linery BW JdB aislado 3P 400A,Lon=1m" 1 "Tapa G/P Plena 5 modulos, alto 250mm"	1 "Cofret G IP55,15 modulos,alto 850mm" 1 "Puerta Transp.G IP55,15 mod,alto 850mm"		
Total Neto			5.643,06
Total Neto			380.394,38 €

Equipamiento				
Ud.	Concepto	Descripción	Importe / ud.	Importe
2	Transformador BT de 800 kVA - 13200/400 V	Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 800 kVA y refrigeración natural seco, de tensión primaria 13,2 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 6% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %. Total Neto	17325	34.650,00 €
1	Centro de transformación PFU-4	Centro de seccionamiento prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 4460x2380x3050 mm (Incluye RRHH). Total Neto	8400	8.400,00 €
1	Centro de transformación PFU-7	Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 8080x2380x3050 mm, apto para contener hasta dos transformadores y la apartamentada necesaria (Incluye RRHH). Total Neto	15475	15.475,00 €



3	Celda de línea	<p>Celda de línea, de 24 kV de tensión asignada, 400 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.</p> <p>Total Neto</p>	7300	21.900,00 €
3	Celda de remonte	<p>Módulo metálico para protección del remonte de cables al embarrado general, fabricado por ORMAZABAL de Un=24 kV y dimensiones = 365 mm / 735 mm / 1740 mm. Incluye montaje y conexión.</p> <p>Total Neto</p>	1350	4.050,00 €
3	Celda de protección	<p>Celda de protección con interruptor automático, de 24 kV de tensión asignada, 630A de intensidad nominal, 480x845x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre, interruptor-seccionador tripolar de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra. Incluye funciones de protección 50 y 51.</p> <p>Total Neto</p>	10937	32.811,00 €
1	Celda de medida	<p>Celda de medida, de 24 kV de tensión asignada, 1025x800x1740 mm, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre y transformadores de medida bidireccionales. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.</p> <p>Total Neto</p>	6150	6.150,00 €
3	Descargador de sobretensiones	<p>Protector contra sobretensiones transitorias, tipo 1 + 2 (ondas de 10/350 µs y 8/20 µs), con led indicador de final de vida útil, unipolar, resistencia a la corriente de impulso de onda 10/350 µs (limp) 20 kA, intensidad máxima de descarga 65 kA, intensidad nominal de descarga 40 kA, nivel de protección 1,5 kV, de 144x90x80 mm, grado de protección IP20, según IEC 61643-11.</p>	512,5	



		Total Neto		1.537,50 €
2	Puente de union trafo-CGBT	Circuito de interconexión entre trafo y CGBT con 6 conductores/fase y 3 de neutro, no propagador de llama ni de incendio, sin emisión de halógenos y baja emisión de humos opacos y corrosivos, con terminales bimetálicos. Incluye pasamuros, paso de forjados, materiales complementarios, etc.	3300	
		Total Neto		6.600,00 €
2	Puentes de unión celda-trafo	Interconexión entre bornas de salida de celda de protección de trafos de BT y pasatapas encufables ded MT de trafo. Incluye termiales, piezas especiales, etc.	1025	
		Total Neto		2.050,00 €
1	Equipo de Medida de Energía	Contador tarificador electrónico bidireccional multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.	3432	
		Total Neto		3.432,00 €
1	Batería de compensación	Batería automática de condensadores, para 300 kVAr de potencia reactiva, de 12 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:1, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, compuesta por armario metálico con grado de protección IP31, de 1660 x 500 x 436 mm; condensadores; regulador de energía reactiva con pantalla de cristal líquido; contactores con bloque de preinserción y resistencia de descarga rápida; e interruptor automático con relé diferencial.	2346	
		Total Neto		2.346,00 €
1	Iluminación Centro de Seccionamiento	Equipo de alumbrado que permita suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.	600	
		Total Neto		600,00 €
1	Iluminación Centro de Transformación			



		<p>Equipo de alumbrado que permita suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.</p> <p>Total Neto</p>	<p>600</p>	<p>600,00 €</p>
1	Equipo de Seguridad y Maniobra: Centro de Seccionamiento	<p>Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: banquillo aislante y palanca de accionamiento</p> <p>Total Neto</p>	<p>325</p>	<p>325,00 €</p>
1	Equipo de Seguridad y Maniobra: Centro de Transformación	<p>Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: banquillo aislante, extintor de eficacia 89B, palanca de accionamiento y armario de primeros auxilios</p> <p>Total Neto</p>	<p>600</p>	<p>600,00 €</p>
1	Unidad Compacta de Telemando	<p>Armario de control, según norma i-DE, de dimensiones adecuadas e integrado en web STAR. Contiene en su interior debidamente montados y conexiónados los siguientes aparatos y materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unidad remota de telemando (RTU) ekor.ccp para comunicación con la unidad de control integrado ekor.rci. - Unidad de control integrado ekor.rci con funciones de paso de falta, indicación de presencia de tensión, medidas (V, I, P, Q), señalización y mando de la celda. - Equipo cargador-batería ekor.bat protegido contra cortocircuitos según especificación y baterías de Pb de vida mínima de 15 años y 13 Ah a 48 Vcc. Batería: Batería de Pb vida mínima de 15 años. Capacidad nominal: 13 Ah a 48 Vcc. 	<p>10500</p>	



		<ul style="list-style-type: none"> - Interruptor automático magnetotérmico unipolar para protección de los equipos de control del armario, del armario común STAR y del armario de comunicaciones. - Interruptor automático magnetotérmico unipolar con contactos auxiliares (1 NA + 1 NC) para protección de los equipos de control y mando de las celdas. - Maneta Local / Telemando. - Bornas, accesorios y pequeño material. <p>Total Neto</p>		10.500,00 €
1	Equipo de Telegestión	<p>Equipo de Telegestión ekor.grid. Armario de comunicaciones (ACOM), según especificación i-DE, con unas dimensiones totales máximas de 310 x 400 x 200 mm (Alto x Ancho x Fondo) e integrado en web STAR. La envolvente exterior, de plástico libre de halógenos, debe mantener una protección mecánica de grado IP32D s/ UNE 20324.</p> <p>Total Neto</p>	1740	1.740,00 €
2	Protección Física del Transformador	<p>Protección metálica para defensa del trafo con cerradura enclavada</p> <p>Total Neto</p>	283	566,00 €
120	Interruptor general	<p>Doble interruptor, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.</p> <p>Total Neto</p>	8,98	1.077,60 €
392	Toma de corriente monofásica de 16A	<p>Base de enchufe de 16 A P+N, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.</p> <p>Total Neto</p>	6,22	2.438,24 €
24	Toma de corriente trifásica de 25A	<p>Base de enchufe de 25 A 3P+N, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.</p> <p>Total Neto</p>	12,03	288,72 €



253	Luminaria de emergencia	Luminaria NOVA LD N8 Total Neto	75,75	19.164,75 €
969	Luminaria estancia	Luminaria Philips WT120C G2 PSU L1500 LED60S/-NO de 46W y 6000 lm Total Neto	124,17	120.320,73 €
119	Luminaria WC	Luminaria Philips DN145B PSU D218 LED20S/830 NO de 21W y 2100 lm Total Neto	43,63	5.191,97 €
352	Luminaria modular oficinas	Luminaria Philips RC132V W60L60 PSD OC LED43S/- NO de 37W y 4300 lm Total Neto	76,05	26.769,60 €
18	Luminaria exterior	Luminaria Philips BRP102 T25 DM/740 de 83W, 11500lm Total Neto	219,95	3.959,10 €
Total Neto				333.543,21 €

Equipamiento Fotovoltaica				
Ud.	Concepto	Descripción	Importe / ud.	Importe
2128	Módulos Fotovoltaicos	Módulos fotovoltaicos de Silicio Monocristalino Canadian Solar de 450 Wp Total Neto	124,7568	265.482,47 €
112	Estructura	Kit de estructura doble elevada y fijaciones de aluminio fabricado para la sujeción de 38 placas solares sobre cubierta plana o suelo. Total neto	2027,3059	227.058,26 €
9	Inversor	Inversores __ equipados con protecciones de sobretensión en CC y en CA Total Neto	6704,6826	60.342,14 €
9	StringBox		753	



		Total Neto		6.777,00 €
1	Contador bidireccional	Módulo de doble aislamiento homologado por i-DE con contador electrónico trifásico, de energía activa y reactiva, lectura directa mediante transformador de intensidad. 1 módulo de fusibles, interruptor de carga con enclavamiento, según especificaciones de la distribuidora i-DE.	553,6	
		Total Neto		553,60 €
1	Interruptor Generador fotovoltaico	Interruptor automático TM250D 3P3R NSX250 con bloque de corte NSX250F 3P S	4380,4	
		Total Neto		4.380,40 €
1	Caja de protección	Caja de protección para instalación fotovoltaica, donde estarán contenidos el contador bidireccional y el interruptor general, propiedad del cliente	79,51	
		Total Neto		79,51 €
6700	Cable eléctrico para instalación fotovoltaica "GENERAL CABLE"			



	<p>Cable eléctrico unipolar, Exzhellent Solar de General Cable, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, con certificación TÜV, garantizado por 30 años, tipo PV1-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x10 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6/EI8, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5/EM8, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión.</p>	<p>1,343</p>	
	<p>Total Neto</p>		<p>8.998,10 €</p>
<p>3612</p>	<p>Cable eléctrico para instalación fotovoltaica "GENERAL CABLE"</p>		



	<p>Cable eléctrico unipolar, Exzhellent Solar de General Cable, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, con certificación TÜV, garantizado por 30 años, tipo PV1-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x35 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6/EI8, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5/EM8, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión.</p> <p>Total Neto</p>	<p>4,345</p>	<p>15.694,14 €</p>
<p>465</p>	<p>Cable eléctrico para instalación fotovoltaica "GENERAL CABLE"</p>		



		<p>Cable eléctrico unipolar, Exzhellent Solar de General Cable, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, con certificación TÜV, garantizado por 30 años, tipo PV1-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x25 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6/EI8, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5/EM8, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión.</p>	3,555	
		Total Neto		1.653,08 €
1042	Canal de cable para distribución de conductores de instalación fotovoltaica	<p>Canal de cable que permite la distribución de los cables eléctricos de alimentación a cada uno de los strings fotovoltaicos.</p>	2,3147	
		Total Neto		2.411,92 €
			Total Neto	593.430,62 €

Puesta a Tierra y Protección frente a descargas atmosféricas				
Ud.	Concepto	Descripción	Importe / m	Importe
5845	Conductor de Puesta a Tierra	<p>Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm² de sección.</p>	4,93	
		Total Neto		28.815,85 €
25	Arqueta BT	<p>Arqueta de paso M2T2 normalizada para colocación en canalización de BT</p>	358,59	
		210,32		8.964,75 €
70	Zanja acometida			



		Excavación desde arqueta de suministro según esquema normalizado de la distribuidora. Planos de 1x1 m con colocación en tubos de polietileno corrugado con cable guía de acero. Posterior rellenado hasta cota -60cm con arena de río y hasta cota 0 con tierra vegetal, previa colocación de banda de señalización a -10 cm.	105	
		Total Neto		7.350,00 €
4	Arqueta MT	Arqueta de paso M2T2 normalizada por distribuidora para colocación en canalización de AT.	358,59	
		Total Neto		1.434,36 €
1	Acondicionamiento CT		3182	
		Total Neto		3.182,00 €
1	Medición de resistividad del terreno	Medición de la resistividad del terreno en punto a determinar por la dirección facultativa mediante aparato homologado y calibrado (Incluye RRHH).	55,5	
		Total Neto		55,50 €
2	Pararrayos de cebado	Pararrayos tipo "PDC" con dispositivo de cebado electropulsante, avance en el cebado de 60 µs y radio de protección de 80 m para un nivel de protección 1 según DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (CTE), de 1 m de altura, según UNE 21186. Incluye materiales complementarios como mástil, pletinas, anclajes, adaptadores, vías de chispas, etc.	5671,62	
		Total Neto		11.343,24 €
170	Cable de Cobre desnudo 50 mm ²	Conductor de tierra formado por cable rígido desnudo de cobre trenzado, de 50 mm ² de sección.	4,93	
		Total Neto		838,10 €
20	Bajada Tubo Inoxidable de 50 mm		230	
		Total Neto		4.600,00 €



4	Caja Conexión a Tierra		358,59	
		Total Neto		1.434,36 €
4	Puesta a tierra: Triángulo de picas			
		Toma de tierra con tres picas de acero cobreado de 2 m de longitud cada una.	201,32	
		Total Neto		805,28 €
			Total Neto	68.823,44 €

Seguridad y Salud				
	Concepto	Descripción	Importe / m	Importe
34	Casco homologado		7,32	
		Total neto		248,88 €
20	Guantes baja tensión		13,77	
		Total neto		275,40 €
6	Guantes antivibratorios		6,16	
		Total neto		36,96 €
60	Guantes PVC		1,47	
		Total neto		88,20 €
2	Valla metal normalizada 2,5x1,1 m		307,5	
		Total neto		615,00 €
15	Extintor de 6kg.		15,31	
		Total neto		229,65 €
34	Amortiguador ruido		10,36	
		Total neto		352,24 €
60	Tapoes anti-ruido PVC		1,99	
		Total neto		119,40 €
34	Anclaje de amarre de seguridad C		103,92	
		Total neto		3.533,28 €
34	Cable fiador de seguridad		83,18	
		Total neto		2.828,12 €
34	Amarre y conector de arnés		64,58	
		Total neto		2.195,72 €
10	Torre de acceso		59,36	
		Total neto		593,60 €
115	Sistema de protección de borde		69,08	



		Total neto	7.944,20 €
25	Escalera portátil de aluminio	299,12	
		Total neto	7.478,00 €
34	Chaleco reflectante	5,49	
		Total neto	186,66 €
34	Arnés de seguridad 2C	112,04	
		Total neto	3.809,36 €
200	Gafas de seguridad	5,82	
		Total neto	1.164,00 €
200	Mascarilla	10,25	
		Total neto	2.050,00 €
34	Ropa de trabajo	9,5	
		Total neto	323,00 €
34	Zapatos y botas de seguridad	109,32	
		Total neto	3.716,88 €
30	Elementos de seguridad		
	Equipo de seguridad compuesto por carteles de primeros auxilios, señales de peligro de muerte, guantes aislantes con bolsa y banqueta aislante.	480	
		Total neto	14.400,00 €
Total Neto			41.072,10 €

Total Neto	1.742.940,39 €
Licitaciones y permisos (1%)	21.099,54 €
Complementos (3%)	52.288,21 €
Imprevistos (10%)	174.294,04 €
...	
Total directo	1.990.622,18 €
IVA (21%)	418.030,66 €
Total IVA incluido	2.408.652,84 €



3.- RECURSOS HUMANOS

RECURSOS HUMANOS				
Cargo	Concepto	Tiempo [h]	Coste/h	Coste Total
Tutor TFM	Supervisión del proyecto	50	40	2.000,00 €
Ingeniero industrial (proyectista)	Realización del proyecto	600	25	15.000,00 €
Project Manager	Supervisión en obra		55	0,00 €
Ingeniero industrial en obra	Supervisión en obra		30	0,00 €
Oficial 1º electricista			20	194.092,28 €
	Transformador	50		1.000,00 €
	Cable de MT	7		140,00 €
	Cable eléctrico unipolar 240 mm ²	9,12		182,40 €
	Cable eléctrico unipolar 150 mm ²	51,12		1.022,40 €
	Cable eléctrico unipolar 120 mm ²	74,88		1.497,60 €
	Cable eléctrico unipolar 95 mm ²	224		4.480,00 €
	Cable eléctrico unipolar 70 mm ²	27,72		554,40 €
	Cable eléctrico unipolar 50 mm ²	34,1		682,00 €
	Cable eléctrico unipolar 35 mm ²	12,555		251,10 €
	Cable eléctrico unipolar 25 mm ²	7		140,00 €
	Cable eléctrico multipolar 2x10 mm ²	2,86		57,20 €
	Cable eléctrico multipolar 4x16 mm ²	4,95		99,00 €
	Cable eléctrico multipolar 4x10 mm ²	31,5		630,00 €
	Cable eléctrico multipolar 5x16 mm ²	25,2		504,00 €
	Cable eléctrico multipolar 5x10 mm ²	6,88		137,60 €
	Cable eléctrico multipolar 5x6 mm ²	0,7		14,00 €
	Cable eléctrico multipolar 5x4 mm ²	12,875		257,50 €
	Cable eléctrico multipolar 5x2,5 mm ²	5,29		105,80 €
	Cable eléctrico multipolar 3x16 mm ²	11,36		227,20 €
	Cable eléctrico multipolar 3x6 mm ²	8,875		177,50 €



Cable eléctrico multipolar 3x4 mm ²	40,365	807,30 €
Cable eléctrico multipolar 3x2,5 mm ²	149,38	2.987,60 €
Cable eléctrico DC 2x10 mm ²	167,5	3.350,00 €
Cable eléctrico DC 2x70 mm ²	6,15	123,00 €
Cable eléctrico DC 2x95 mm ²	3,04	60,80 €
Cable eléctrico DC 2x120 mm ²	3,74	74,80 €
Cable eléctrico DC 2x150 mm ²	9,9	198,00 €
Canalización 35x100 mm	427,5	8.550,00 €
Canalización 60x100 mm	15,504	310,08 €
Canalización 60x200 mm	25,65	513,00 €
Canalización 60x300 mm	21,204	424,08 €
Canalización 100x400 mm	21,09	421,80 €
Canalización 100x500 mm	3,534	70,68 €
Canalización 100x600 mm	4,332	86,64 €
Canal de cable	20,52	410,40 €
Tubo flexible	3,36	67,20 €
Red de PAT	6019	120.380,00 €
Dispositivo de cebado	40	800,00 €
Celdas de MT	2,5	50,00 €
Alimentación	0,65	13,00 €
Baterías de condensadores	6	120,00 €
Inversor fotovoltaico	4,5	90,00 €
Módulos fotovoltaicos	787,36	15.747,20 €
StringBox	1,8	36,00 €
CGBT	97,5	1.950,00 €
Cuadro Secundario 1	3	60,00 €
Cuadro Secundario 2	16,25	325,00 €
Cuadro Terciario 1	5,75	115,00 €
Cuadro Terciario 2	5,75	115,00 €
Cuadro Terciario 3	5,75	115,00 €
Cuadro Secundario 3	19,5	390,00 €
Cuadro Terciario 4	7	140,00 €
Cuadro Terciario 5	7	140,00 €
Cuadro Secundario 4	7	140,00 €
Cuadro Secundario 5	5,5	110,00 €
Cuadro Secundario 6	8	160,00 €
Cuadro Secundario 7	8	160,00 €
Cuadro Secundario 8	13	260,00 €
Cuadro Terciario 6	7	140,00 €
Cuadro Terciario 7	5,75	115,00 €
Cuadro Auxiliar Luz 1	3,75	75,00 €
Cuadro Secundario 9	8,5	170,00 €
Cuadro Terciario 8	6	120,00 €
Cuadro Terciario 9	6,75	135,00 €
Cuadro Secundario 10	15	300,00 €
Cuadro Auxiliar Luz 2	3,5	70,00 €
Cuadro Secundario 11	8,5	170,00 €
Cuadro Auxiliar Luz 3	3,75	75,00 €
Cuadro Terciario 10	3,75	75,00 €
Luminarias	855,5	17.110,00 €



	Tomas de corriente	124,8		2.496,00 €
	Interruptor General	36		720,00 €
	Arqueta MT	2		40,00 €
	Arqueta BT	12,5		250,00 €
Ayudante electricista			16	155.273,82 €
	Transformador	50		800,00 €
	Cable de MT	7		112,00 €
	Cable eléctrico unipolar 240 mm ²	9,12		145,92 €
	Cable eléctrico unipolar 150 mm ²	51,12		817,92 €
	Cable eléctrico unipolar 120 mm ²	74,88		1.198,08 €
	Cable eléctrico unipolar 95 mm ²	224		3.584,00 €
	Cable eléctrico unipolar 70 mm ²	27,72		443,52 €
	Cable eléctrico unipolar 50 mm ²	34,1		545,60 €
	Cable eléctrico unipolar 35 mm ²	12,555		200,88 €
	Cable eléctrico unipolar 25 mm ²	7		112,00 €
	Cable eléctrico multipolar 2x10 mm ²	2,86		45,76 €
	Cable eléctrico multipolar 4x16 mm ²	4,95		79,20 €
	Cable eléctrico multipolar 4x10 mm ²	31,5		504,00 €
	Cable eléctrico multipolar 5x16 mm ²	25,2		403,20 €
	Cable eléctrico multipolar 5x10 mm ²	6,88		110,08 €
	Cable eléctrico multipolar 5x6 mm ²	0,7		11,20 €
	Cable eléctrico multipolar 5x4 mm ²	12,875		206,00 €
	Cable eléctrico multipolar 5x2,5 mm ²	5,29		84,64 €
	Cable eléctrico multipolar 3x16 mm ²	11,36		181,76 €
	Cable eléctrico multipolar 3x6 mm ²	8,875		142,00 €
	Cable eléctrico multipolar 3x4 mm ²	40,365		645,84 €
	Cable eléctrico multipolar 3x2,5 mm ²	149,38		2.390,08 €
	Cable eléctrico DC 2x10 mm ²	167,5		2.680,00 €
	Cable eléctrico DC 2x70 mm ²	6,15		98,40 €
	Cable eléctrico DC 2x95 mm ²	3,04		48,64 €
	Cable eléctrico DC 2x120 mm ²	3,74		59,84 €
	Cable eléctrico DC 2x150 mm ²	9,9		158,40 €
	Canalización 35x100 mm	427,5		6.840,00 €
	Canalización 60x100 mm	15,504		248,06 €
	Canalización 60x200 mm	25,65		410,40 €



	Canalización 60x300 mm	21,204		339,26 €
	Canalización 100x400 mm	21,09		337,44 €
	Canalización 100x500 mm	3,534		56,54 €
	Canalización 100x600 mm	4,332		69,31 €
	Canal de cable	20,52		328,32 €
	Tubo flexible	3,36		53,76 €
	Red de PAT	6019		96.304,00 €
	Dispositivo de cebado	40		640,00 €
	Celdas de MT	2,5		40,00 €
	Alimentación	0,65		10,40 €
	Baterías de condensadores	6		96,00 €
	Inversor fotovoltaico	4,5		72,00 €
	Módulos fotovoltaicos	787,36		12.597,76 €
	StringBox	1,8		28,80 €
	CGBT	97,5		1.560,00 €
	Cuadro Secundario 1	3		48,00 €
	Cuadro Secundario 2	16,25		260,00 €
	Cuadro Terciario 1	5,75		92,00 €
	Cuadro Terciario 2	5,75		92,00 €
	Cuadro Terciario 3	5,75		92,00 €
	Cuadro Secundario 3	19,5		312,00 €
	Cuadro Terciario 4	7		112,00 €
	Cuadro Terciario 5	7		112,00 €
	Cuadro Secundario 4	7		112,00 €
	Cuadro Secundario 5	5,5		88,00 €
	Cuadro Secundario 6	8		128,00 €
	Cuadro Secundario 7	8		128,00 €
	Cuadro Secundario 8	13		208,00 €
	Cuadro Terciario 6	7		112,00 €
	Cuadro Terciario 7	5,75		92,00 €
	Cuadro Auxiliar Luz 1	3,75		60,00 €
	Cuadro Secundario 9	8,5		136,00 €
	Cuadro Terciario 8	6		96,00 €
	Cuadro Terciario 9	6,75		108,00 €
	Cuadro Secundario 10	15		240,00 €
	Cuadro Auxiliar Luz 2	3,5		56,00 €
	Cuadro Secundario 11	8,5		136,00 €
	Cuadro Auxiliar Luz 3	3,75		60,00 €
	Cuadro Terciario 10	3,75		60,00 €
	Luminarias	855,5		13.688,00 €
	Tomas de corriente	124,8		1.996,80 €
	Interruptor General	36		576,00 €
	Arqueta MT	2		32,00 €
	Arqueta BT	12,5		200,00 €
Oficial de construcción			20	360,00 €
	Tubo flexible	10,25		205,00 €
	Celdas de MT	1,5		30,00 €
	Alimentación	0,65		13,00 €
	Zanja acometida	5,6		112,00 €



Peón de construcción			16	288,00 €
	Tubo flexible	10,25		164,00 €
	Celdas de MT	1,5		24,00 €
	Alimentación	0,65		10,40 €
	Zanja acometida	5,6		89,60 €

Total neto	367.014,10 €
Complementos (3%)	11.010,42 €
Imprevistos (10%)	36.701,41 €

Total Directo	414.725,94 €
IVA (21%)	87.092,45 €

Total	501.818,38 €
-------	--------------

4.- RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

De cara a la correcta justificación del estudio de rentabilidad documentado en 7.2. *Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica* de la MEMORIA del presente documento, se han tenido en cuenta los siguientes datos, que han sido extraídos de los valores de casación del mercado eléctrico español, así como de los precios de tarificación de una compañía comercializadora:

Tabla 58 - Precios mínimos del mercado eléctrico

Precios mínimos mensuales del mercado eléctrico						
	2016	2017	2018	2019	PROMEDIO	6.1A
Enero	0,0023	0,0408	0,00206	0,01974	0,016225	0,08414467
Febrero	0,0023	0,008	0,03575	0,0156	0,0154125	0,08414467
Marzo	0,0045	0,012	0,0023	0,00352	0,00558	0,066767
Abril	0,004	0,0023	0,005	0,005	0,004075	0,06470983
Mayo	0,0023	0,02543	0,015	0,02	0,0156825	0,06470983
Junio	0,016	0,03747	0,04158	0,02673	0,030445	0,07791408
Julio	0,02529	0,03712	0,04983	0,0391	0,037835	0,08757667
Agosto	0,02597	0,028	0,04705	0,032	0,033255	0,055909
Septiembre	0,0275	0,03325	0,0479	0,025	0,0334125	0,0682515
Octubre	0,03	0,02385	0,033	0,02427	0,02778	0,06470983
Noviembre	0,01088	0,02386	0,03438	0,00595	0,0187675	0,066767
Diciembre	0,0352	0,005	0,04515	0,003	0,0220875	0,08414467

Para el cálculo del precio anual del término de potencia, se ha tenido en cuenta lo recogido en la tarifa 6.1A y, por lo tanto, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 59 - Precios del término de potencia

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Días	€/kW/día	€/kW/mes	€/kW/año
Enero	6	10				8	31	0,055	1,709	
Febrero	6	10				8	28	0,055	1,544	
Marzo			6	10		8	31	0,032	0,997	
Abril					16	8	30	0,032	0,965	
Mayo					16	8	31	0,032	0,997	
Junio I			5	11		8	15	0,032	0,482	
Junio II	8	8				8	15	0,060	0,894	
Julio	8	8				8	31	0,060	1,848	
Agosto						24	31	0,018	0,555	
Septiembre			5	11		8	30	0,032	0,965	
Octubre					16	8	31	0,032	0,997	
Noviembre			6	10		8	30	0,032	0,965	
Diciembre	6	10				8	31	0,055	1,709	
Tarifa	0,004468	0,0022359	0,0016363	0,0016363	0,0016363	0,0007466				14,626281

Unificando los datos relativos a la generación del informe de PVSYST sobre la instalación fotovoltaica, dispuesto en el apartado *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: PVSYST* del ANEXO VI del presente documento, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 60 - Datos de generación de la instalación fotovoltaica

Mes	Necesidad (MWh)	Generación (MWh)	Uso (MWh)	Volcado Red (MWh)	Consumido Red (MWh)
Enero	387,2	87,2	74,03	13,17	313,17
Febrero	249,7	79,7	64,23	15,47	185,47
Marzo	387,2	125,9	93,68	32,22	293,52
Abril	374,7	118,6	91,89	26,71	282,81
Mayo	387,2	137,5	107,54	29,96	279,66
Junio	468,8	147,5	141,36	6,14	327,44
Julio	484,5	150,7	141,67	9,03	342,83
Agosto	484,5	163,6	151,16	12,44	333,34
Septiembre	374,7	107,7	88,61	19,09	286,09
Octubre	387,2	108	89,51	18,49	297,69
Noviembre	374,7	79	68,07	10,93	306,63
Diciembre	387,2	65,3	58,53	6,77	328,67

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO V

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021



ÍNDICE DEL ANEXO V: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Justificación	482
2. Normativa aplicable	482
3. Datos del proyecto	483
4. Objetivos	484
5. Datos de interés	484
5. Plazo de ejecución y Recursos Humanos	486
6. Instalaciones provisionales y áreas auxiliares	486
7. Normas preventivas	486
7.1. Sistema de protección frente a contactos indirectos	486
7.2. Cableado	486
7.3. Interruptores Automáticos	486
7.4. Cuadros Eléctricos	487
7.5. Toma de Fuerza	487
7.6. Alumbrado	487
7.7. Tomas de tierra	487
7.8. Mantenimiento y reparación de la instalación durante la ejecución	487
8. Prevención de daños a terceros	488
9. Análisis y evaluación de riesgos	488
9.1. Metodología de evaluación de riesgos	488
9.1.1. Gravedad	488
9.1.2. Probabilidad	489
9.1.3. Evaluación de riesgos	489
10. Protecciones	490
10.1. Protecciones colectivas	490
10.2. Equipos de Protección Individual	490
10.2. Señalización	491
11. Medidas de emergencia en caso de accidente	491
11.1. Pequeño corte o magulladura	492
11.2. Objetos	492
11.3. Lesiones óseas o articulares	492



11.4.	Quemaduras.....	493
11.5.	Electrocución.....	493
11.6.	Reanimación cardiopulmonar	493
11.7.	Botiquín	494
11.8.	Evacuación de pacientes	494
12.	Nombramientos.....	494
13.	Formación en Prevención de Riesgos Laborales	495
14.	Trabajo posterior	495
14.1.	Niveles de riesgo	495
14.2.	Normas preventivas.....	495
15.	Comunicación de actuaciones complementarias	496
16.	RESUMEN DE CONSIDERACIONES EN OBRA	497
17.1.	Durante toda la obra	497
17.2.	Ejecución Instalaciones eléctricas.....	497
17.3.	Fase de instalación eléctrica de baja tensión	498
17.3	Fase de prueba y puesta en servicio	498
17.4.	Protección frente a contactos	499



1. Justificación

Se describe un estudio básico de seguridad y salud con el fin de prevenir cualquier riesgo a la salud en el periodo de ejecución del proyecto en obra, así como de facilitar su monitorización y seguimiento. De esta forma, se cumple con lo establecido en la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales [39], y RD 1627/1997, de Requisitos mínimos de seguridad y salud en obra [40], vigentes.

Por lo tanto, este estudio será un documento base, sujeto a modificaciones, que incluirá la previsión de recursos humanos y materiales que garanticen la seguridad en el lugar del trabajo, quedando recogida la siguiente lista de aspectos:

- Organización del trabajo para minimizar el riesgo.
- Establecer los recursos requeridos para preservar la salud de las personas trabajadoras.
- Establecer normas a cumplir.
- Establecer condiciones de acceso.
- Establecer comportamientos en situaciones de socorro.

2. Normativa aplicable

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- 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 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- 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.
- Real Decreto 337/2014, del 9 de Mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud 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 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los 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 relativo a 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.

- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.

3. Datos del proyecto

Si bien es cierto que la obra construirá íntegramente una nave industrial para producción de carretillas elevadoras eléctricas, este estudio defiende, exclusivamente, los requerimientos requeridos en la instalación y puesta a punto de las instalaciones eléctricas de la nave, objeto del responsable del proyecto.

Así pues, los datos generales del proyecto son los siguientes:

Tabla 61 - Datos del proyecto

<i>Nombre del proyecto</i>	Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretillas eléctricas elevadoras con autoconsumo
<i>Emplazamiento</i>	Polígono La Serna, Parcela 4-5, Tudela, NAV.
<i>Autor del proyecto</i>	Yeray Rodríguez Rincón
<i>Director del proyecto</i>	Ferlipe Uriondo Arrue

Por una parte, la instalación industrial consta de 23.514,5 m², en interior, mientras que la instalación fotovoltaica asciende a una superficie total de 4.701 m², en exterior. Además, para la realización de la instalación eléctrica se calcula que habrá un total de 34 trabajadores realizando labores de trabajo.

La parcela está dotada de los servicios urbanísticos de luz, agua, cable, etc. necesarios para la realización de la obra. No existe evidencia alguna de ubicación de acometidas eléctricas aéreas alrededor de la misma.

El acceso a las instalaciones se realizará por las aberturas dispuestas en el cerramiento, para la instalación de interior, mientras que el acceso a la cubierta se realizará a través de una escalera interior y con el grado de seguridad requerido. Así mismo, la instalación de la aparamenta en la nave se realizará de la siguiente forma:

- Plataforma elevadora para instalaciones de cerramiento y zona superior de fachada e interiores.

- Camión pluma para ascenso del equipamiento a la cubierta. El camión deberá ubicarse en la zona estipulada para tal fin, disponiendo de un radio de seguridad de 25 m desde el punto de ubicación.

En caso de que se requiera asistencia médica, se deberá trasladar a la persona afectada al Centro de Salud ubicado en la Calle Juan Antonio Fernández, 12, 31500, en Tudela, Navarra.

Todos los elementos utilizados en la ejecución de la obra deben usarse bajo los criterios y especificaciones dispuestas por el fabricante.

4. Objetivos

El autor del estudio deberá estipular un plan de seguridad y salud a aplicar en la obra “Instalación eléctrica para nave industrial de producción de carretillas eléctricas elevadoras con autoconsumo”, previendo así los riesgos que puedan darse durante la ejecución de la instalación.

Se pretende, por tanto, generar una serie de procedimientos que logren prevenir de accidentes el lugar de trabajo. Para lograr dicho fin, el estudio deberá satisfacer los siguientes objetivos:

1. Analizar y definir los riesgos de seguridad y salud en el trabajo.
2. Analizar las unidades de obra recogidas en el proyecto.
3. Diseñar y propagar entre las personas trabajadoras las acciones preventivas.
4. Generar un ambiente de salud laboral en obra.
5. Diseñar un proceso de actuación frente al accidente.
6. Diseñar un proceso de reparación, conservación y mantenimiento.

La autoría del estudio de seguridad y salud declara que:

- Ha sido su voluntad la de realizar un análisis de riesgos y diseño de acciones preventivas.
- Confía en que los trabajadores diseñen acciones preventivas en todas aquellas carencias que existan en el trabajo, por el bien personal y colectivo.

5. Datos de interés

1. Descripción:
 - a. Nave de base poligonal con dos alturas con cubierta tipo dock.
 - b. El edificio carece de medianería con naves adjuntas.
 - c. El acceso se realiza desde la parcela y a la propia vía pública.
 - d. La instalación solar fotovoltaica consta de 2128 módulos.

2. Ejecución:

- a. Instalación de protección colectiva:
 - i. Instalación de línea de vida en la cumbrera de la nave, donde el personal se enganchará a través de un arnés de seguridad homologado.
 - ii. Dos barandillas de acero galvanizado de 50x1,5x900 mm en el perímetro, ancladas al cerramiento cada 3 m.
 - iii. Ubicación de cadenas y señalización de peligro.
- b. Instalación de estructuras.
- c. Instalación de aparatenta eléctrica fija
- d. Instalación de canalizaciones.
- e. Instalación y conexión de conductores.

3. Instalación:

- a. Alzado y colocación de estructuras.
- b. Uso de EPI adecuado en elementos susceptibles de causar cortes o lesiones.
- c. Instalación de toda la aparatenta sin tensión.
- d. Queda terminantemente prohibida la entrada a la instalación de personal no cualificado y sin equipamiento requerido para trabajar en altura.

Todo el trabajo se realizará manualmente y con ayuda mecánica de carga y descarga en los puntos que así se requiera.

En resumen, las labores a realizar en obra son las siguientes:

1. Trabajo previo:

- a. Organización de obra.
- b. Colocación de protecciones colectivas.
- c. Replanteos.
- d. Recepción de recursos materiales y verificación de los mismos.

2. Oficios:

- a. Project Manager
- b. Ingeniero industrial en obra
- c. Oficial de electricidad
- d. Ayudante de electricidad
- e. Oficial de construcción
- f. Ayudante de construcción
- g. Operario de puesta en marcha
- h. Dirección Facultativa en obra

3. Medios auxiliares durante la ejecución:

- a. Escaleras de mano.
- b. Plataforma elevadora.

4. Maquinaria prevista:

- a. Máquina herramienta de uso general (radial, cortadora, etc.)
- b. Taladro eléctrico.

5. Plazo de ejecución y Recursos Humanos

Para realizar una ejecución global en 225 días, con el presupuesto indicado, se considera se van a requerir la colaboración de 34 personas a modo de recursos humanos. Hay que destacar que en este total se incluyen todas las personas intervinientes, independientemente de su sistema de contratación y cualificación.

6. Instalaciones provisionales y áreas auxiliares

Teniendo en cuenta las condiciones particulares de la instalación y que la nave está dotada de aspectos higiénicos básicos, no se requiere ningún tipo de instalación provisional. Con relación a la instalación provisional de alimentación eléctrica, se realizará una acometida provisional de la existente en la nave industrial.

7. Normas preventivas

7.1. Sistema de protección frente a contactos indirectos

Se protegerá al personal trabajador de la obra frente a contactos indirectos a través de la puesta a tierra de las masas con dispositivos de corte automáticos y diferenciales residuales de alta sensibilidad (30 mA).

7.2. Cableado

La sección del conductor instalado en cada punto será la especificada, de acuerdo con las máquinas e iluminación requerida. No se admitirán tramos defectuosos o con empalmes. Toda la distribución interior se realizará mediante conductores a una altura de 3 m desde el suelo en zonas peatonales y a 5 m del suelo en zonas viales. Los conductores serán de 0,6/1 kV.

7.3. Interruptores Automáticos

Los interruptores automáticos estarán calibrados de acuerdo con lo establecido por el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT), instalados en el interior de cajas, con cerradura, normalizadas para tal fin, así como en la alimentación de la maquinaria a utilizar. Las cajas tendrán una identificación en la parte externa de la puerta de "Peligro, electricidad".

7.4. Cuadros Eléctricos

Se instalarán cuadros eléctricos de plástico para intemperie (IP55) con puerta y cerradura, de acuerdo a la norma UNE 60529. Poseerán tomas de fuerza para intemperie (IP 45 IK 08) y un distintivo de “Peligro, electricidad” en la parte externa de la puerta del cuadro.

7.5. Toma de Fuerza

Las tomas de fuerza estarán aseguradas por interruptores automáticos de corte omnipolar con enclavamiento, ubicados en los cuadros de distribución correspondientes que, a su vez, protegerán frente a contactos indirectos. La clavija se dispondrá en hembra, nunca en macho, con el fin de evitar contactos eléctricos directos.

7.6. Alumbrado

Las masas del alumbrado estarán conectadas a la red de tierra, mediante el correspondiente conductor de protección.

7.7. Tomas de tierra

La red de tierra se deberá ajustar a las especificaciones dispuestas en el REBT y, por tanto, se deberán conectar todas las partes metálicas a utilizar en la instalación, susceptibles de ser puestas a tensión. El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra provisional se realizará, primeramente, a través de una pica ubicada en las inmediaciones del CGBT y que se distribuirá hasta todos los receptores. Cuando la tierra de servicio esté instalada, se utilizará dicha tierra como puesta a tierra de la instalación provisional de obra.

El hilo de puesta a tierra deberá estar protegido frente a agentes externos y señalizado mediante bicolor amarillo-verde. Queda terminantemente prohibido utilizar dicho hilo para otros fines.

En caso de disponer de un transformador provisional para obra, se deberá realizar la puesta a tierra de acuerdo a la normativa vigente y el pliego de condiciones técnicas de la distribuidora, i-DE.

7.8. Mantenimiento y reparación de la instalación durante la ejecución

El personal de mantenimiento de la instalación eléctrica provisional deberá estar adecuadamente cualificado para tal fin. Revisará la maquinaria de forma periódica y, principalmente, tras la detección de una falla.

Queda terminantemente prohibida la revisión de la instalación en régimen de tensión y, cuando se vaya a proceder a revisar la maquinaria, se deberá señalar el punto de conexión eléctrica con un letrero de “No conectar, trabajando en red”.

8. Prevención de daños a terceros

Se deberá minimizar el riesgo por caída de objetos a personas o personal trabajador, mediante las siguientes acciones:

- Restricción de acceso al solar a toda persona no autorizada.
- Señalización de entrada a obra.
- Control de tráfico en entrada y salida de camiones.

9. Análisis y evaluación de riesgos

De acuerdo con lo establecido en la Ley 31/1995, la previsión de análisis de riesgos deberá estar debidamente documentada por parte de la empresa actuante y documentada en físico previo al comienzo de la obra. Este análisis deberá documentar los supuestos de riesgo previsibles durante el periodo de trabajo en obra.

De acuerdo con la Guía Técnica de Obras de Construcción, elaborada por el INSST, se realiza el siguiente análisis y evaluación de riesgos, que deberán subsanarse a través de protecciones colectivas e individuales, así como las señalizaciones correspondientes.

9.1. Metodología de evaluación de riesgos

La metodología utilizada para la evaluación de riesgos permite plantear situaciones de riesgo para las que no existen acciones de comportamiento reglamentadas. Para ello, se van a valorar en función de la gravedad del suceso supuesto y su probabilidad.

9.1.1. Gravedad

Tabla 62 - Evaluación de la gravedad

<i>Ligera</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeño corte o magulladura - Irritación y molestias - Dolor de cabeza
<i>Dañina</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Corte - Quemadura

Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Conmoción - Fractura leve, dislocación o torcedura - Incapacidad menor - Dermatitis
	<ul style="list-style-type: none"> - Sordera - Amputación - Intoxicación - Fractura grave - Lesión facial - Cáncer o enfermedad crónica severa

9.1.2. Probabilidad

Tabla 63 - Evaluación de la probabilidad de ocurrencia

Remota	Remota posibilidad de suceso
Media	Se da en ciertas situaciones
Probable	En dicha situación, es casi seguro de que se produzca daño

9.1.3. Evaluación de riesgos

Teniendo en cuenta los criterios expuestos en los apartados previos en relación con la probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las situaciones, se va a realizar una evaluación de riesgos, así como un control de los mismos:

Tabla 64 - Evaluación de riesgos

Probabilidad\Gravedad	Ligera	Dañina	Alta
Remota	Riesgo bajo	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
Probable	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Tabla 65 - Control de riesgos

Riesgo	¿Acciones preventivas?	¿Cuándo tomarlas?
Bajo	No requerida	
Tolerable	No requerida. Evaluar aspectos económicos	
Moderado	Reducir el riesgo para las situaciones cuyas consecuencias son de alta gravedad.	Establecer un periodo de tiempo en función de la acción para aplicarla previo inicio del trabajo.
Importante	Inversión considerable, con el fin de minimizar el riesgo asociado.	Establecer un periodo de tiempo en función de la acción para aplicarla previo inicio del trabajo.

Intolerable	Prohibir el trabajo en caso de que no se reduzca el riesgo, independientemente del recurso económico asociado.	Establecer un periodo de tiempo en función de la acción para aplicarla previo inicio del trabajo.
--------------------	--	---

Mediante esta monitorización de riesgos se deberá identificar y evaluar cada uno de los detectados, con el fin de minimizar los problemas asociados a los mismos, siguiendo las recomendaciones estipuladas en la tabla del control de riesgos adjunta.

10. Protecciones

10.1. Protecciones colectivas

De la evaluación de riesgos realizada y de la problemática derivada de la obra, se prevé el uso de las siguientes protecciones colectivas:

- Anclaje especial de amarre de arnés (seguridad C), de acuerdo con la norma UNE-EN 795.
- Cable fiador de seguridad, de acuerdo con la norma UNE-EN 353.
- Amarre y conector de arnés, de acuerdo con la norma UNE-EN 362.
- Torre de acceso, de acuerdo con la norma UNE-EN 1004.
- Sistema de protección de borde (A o B), según norma UNE-EN 13374 y UNE-EN 1263.
- Extintor de incendio 21A113BC.
- Paralela de seguridad sobre cubierta de tramex.
- Pasarela prefabricada de metal para el paso por zanjas, desniveles u obstáculos, de anchura no inferior a 1 m, con barandilla y una resistencia mínima de 300 kg.
- Escalera portátil de aluminio o hierro, a especificar en función de la tarea requerida.

10.2. Equipos de Protección Individual

Del análisis de riesgos realizado, se puede observar que con las protecciones colectivas no basta para asegurar la integridad de las personas. En este sentido, toda actividad individual deberá estar asociada al EPI correspondiente y, por tanto, se deberá contar con el siguiente material:

- Casco de seguridad, de acuerdo con la norma UNE-EN 397.
- Chaleco reflectante, de acuerdo con la norma UNE-EN 471:2004.
- Protección auditiva.
- Arnés de seguridad (2C), de acuerdo con la norma UNE-EN 361.
- Cinturón porta herramientas.
- Gafas de seguridad, de acuerdo con la norma UNE-EN 166.
- Guantes de cuero y loneta, de acuerdo con la norma UNE-EN 388.
- Mascarilla, de acuerdo con la norma UNE-EN 1827 y UNE-EN 140.

- Ropa de trabajo adecuada, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 13688.
- Zapatos y botas de seguridad reforzada con suela de plástico sintético, de acuerdo con las normas UNE-EN 20344, UNE-EN ISO 20345 y UNE-EN ISO 20346.

10.2. Señalización

Para optimizar las medidas preventivas, se deberá señalar adecuadamente los puntos donde exista cierto riesgo, a razón:

- Carga suspendida.
- Peligro indeterminado.
- Riesgo eléctrico.
- Material inflamable.
- Protección de cabeza, de acuerdo con la norma UNE-EN 397.
- Protección de manos, de acuerdo con la norma UNE-EN 388.
- Protección de oídos, de acuerdo con la norma UNE-EN 352.
- Protección de pies, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 20344, 20345 y 20346.
- Protección de vista, de acuerdo con la norma UNE-EN 166.
- Arnés de seguridad obligado.
- EPI.

Las señales deberán realizarse con la siguiente codificación, en función de su finalidad:

- 1) Advertencia (Triangular): Fondo amarillo con contraste en negro.
- 2) Prohibición (Redonda): Fondo blanco con contraste en rojo.
- 3) Obligación (Redonda): Fondo en rojo con contraste en blanco.
- 4) Incendios (Cuadrada): Fondo en rojo con contraste en rojo.
- 5) Socorro (Cuadrada): Fondo en verde con contraste en blanco.
- 6) Cinta de delimitación de trabajo: Franjeada roja y blanca.

11. Medidas de emergencia en caso de accidente

Si bien es cierto que el objetivo principal del presente documento es el de evitar en la mayor medida posible los accidentes laborales, siempre existe riesgo de que suceda algún accidente y, por ello, se debe proceder con la mayor agilidad posible para evitar consecuencias agravantes. Por lo tanto, adjuntas se citan las medidas a realizar en caso de accidentes laborales:

11.1. Pequeño corte o magulladura

Si bien es cierto que no es una consecuencia grave, esta apertura puede ser fuente de futuras infecciones. Además, a simple vista es probable que no se observe la profundidad del corte y que sea más importante. Por lo tanto, se consideran las siguientes acciones a realizar:

- Acción preventiva: Despuntar tableros y elementos metálicos. Mantener limpieza.
 - Primeros auxilios: Limpiar la herida con agua y desinfectante antiséptico, secar y protegerla con gasas superficiales, consultar al médico de referencia la necesidad de realizar alguna vacunación y no aplicar alcohol o pomadas bajo ningún concepto.
 - Herida de sangrado de nariz: Taponar la nariz inclinando el cuerpo hacia delante durante un periodo de 10 minutos. Si el sangrado no cesa, taponar con una gasa empapada en agua oxigenada y trasladar al centro de urgencias mencionado previamente.

11.2. Objetos

- A. Ojos: En caso de que se introduzca una mota de polvo, serrín, etc. en el ojo, intentar extraerlo mediante una gasa, haciendo que el sujeto parpadee frecuentemente. No frotar el ojo bajo ningún concepto y, en caso de que no se consiga extraer, realizar el traslado al centro de urgencias mencionado previamente.
- B. Oídos: No extraer bajo ningún concepto objetos insertados en el oído mediante elementos punzantes como alfileres. No aplicar agua. En caso de que no salga con facilidad, trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.
- C. Nariz: Expulsar el objeto mediante expiración forzada y apretando la fosa nasal. No introducir agua ni objetos puntiagudos. En caso de que no salga con facilidad, trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.
- D. Piel: En caso de que se haya introducido algún objeto en la piel, se intentará extraerlo de forma cuidadosa. En caso de que no salga con facilidad, trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.

11.3. Lesiones óseas o articulares

- A. Lesión articular: Son recurrentes lesiones articulares en el tobillo, como torceduras o luxaciones, ya que existe un dolor localizado en dicha articulación, acompañado de una inflamación de la zona y una dificultad de movimientos.

Primero auxilios: Mantener la zona en reposo, aplicando frío localizado. Realizar una inmovilización mediante un vendaje o similar y trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.

- B. Lesión ósea: Las fracturas óseas pueden ser tanto abiertas como cerradas, pero deberá ponerse especial atención en las abiertas, con el fin de evitar la infección de la zona lesionada.
- Primeros auxilios: Restringir la movilidad del sujeto y manipular, en caso de que fuera necesario, con cuidado. Inmovilizar la zona afectada con tela o similares y trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.

11.4. Quemaduras

Durante la ejecución de la obra se pueden dar tres tipos de quemaduras:

1. Quemaduras de primer grado: enrojecimiento de la piel.
2. Quemaduras de segundo grado: generación de ampollas.
3. Quemaduras de tercer grado: aparición de costra en la zona afectada.

Primeros auxilios:

- Enfriar la zona afectada con agua fría durante 10-20 minutos y cubrir con un paño limpio. A menos que la ropa esté impregnada de líquidos calientes o cáusticos, no quitar la ropa cercana a la quemadura. No reventar las ampollas.
- En caso de que la persona esté quemándose, evitar que corra y apagar el fuego con una manta y rodando por el suelo.
- Trasladar al sujeto al centro de urgencias mencionado previamente.

11.5. Electrocutión

Antes de tocar a la víctima, asegurarse de que no está puesta a tensión:

- Baja tensión: Cortar el suministro eléctrico, aislarse del suelo con material aislante y mover a la víctima de la zona de corriente con la ayuda de un elemento aislante. Bajo ningún concepto utilizar elementos metálicos. Fuera de peligro, valorar el estado de la víctima y realizar, en caso necesario, una reanimación cardiopulmonar. Solicitar asistencia de una ambulancia.
- Alta tensión: Bajo ningún concepto intentar separar a la víctima del cableado eléctrico, ya que no existe objeto aislante que pueda proteger. Avisar a los servicios de auxilio y a la compañía eléctrica correspondiente.

11.6. Reanimación cardiopulmonar

1. Poner a la víctima en posición horizontal boca a arriba y con la cabeza inclinada hacia atrás para comprobar si tiene respiración. En caso de no tenerla, proceder a realizar la reanimación cardiopulmonar mediante 2 insuflaciones seguidas.
2. En caso de que tenga pulso, continuar con la respiración asistida a frecuencia de 12 insuflaciones por minuto.

3. En caso de no tener pulso, realizar la reanimación cardiopulmonar a ritmo de 2 insuflaciones cada 15 compresiones, con frecuencia de 80-100 compresiones por minuto.
4. Comprobar periódicamente el retorno del pulso.
5. El masaje cardiaco deberá realizarse sobre el tercio inferior del esternón, hundiendo el torax 4-5 segundos y de forma rítmica.

11.7. Botiquín

El botiquín deberá contener, como mínimo, el material especificado en Guía Técnica de Obras de Construcción, elaborada por el INSST.

11.8. Evacuación de pacientes

La evacuación de pacientes deberá realizarse mediante el servicio de emergencias sanitarias, solicitándolo a través del 112. Las medidas a aplicar serán las siguientes:

1. En caso de darse un accidente laboral, mantener la calma y llamar al 112.
2. Acceder al botiquín de obra, situado en un lugar visible y conocido por el personal.
3. Se intentará hablar con la víctima para mantenerla consciente y en facultades mentales. No se le deberá mover y se deberá intentar tranquilizar lo máximo posible hasta la llegada del personal solicitado, que lo trasladará al centro de urgencias mencionado previamente.
4. La evacuación se realizará en caso de que se den quemaduras, electrocución o lesiones graves que lo requieran.
5. Se deberá avisar a la Dirección de Obra de lo sucedido.

El contratista tendrá la obligación de informar al Coordinación de Seguridad y Salud sobre lo sucedido, así como realizar un Informe de Investigación del Accidente.

12. Nombramientos

Se deberá documentar adecuadamente el nombramiento de una Coordinación de Seguridad y Salud, así como la autorización expresa y personal de cada una de las personas autorizadas para el uso de la maquinaria.

Toda persona autorizada para el uso de maquinaria o acceso a las instalaciones deberá disponer de documentación identificativa, un curso de Prevención de Riesgos Laborales y una validación médica, la cual será requerida previo inicio de la ejecución de la obra, para la correspondiente validación por parte de la Dirección Técnica.

13. Formación en Prevención de Riesgos Laborales

Para que las medidas dispuestas en este estudio de Seguridad y Salud sean satisfactorias en el momento de ejecución, es imprescindible que toda persona trabajadora en la instalación de esta nave disponga de una formación en Prevención de Riesgos Laborales. La empresa contratista correspondiente deberá realizar la formación teórico-práctica correspondiente, de acuerdo con el Real Decreto Ley 1109/2007.

14. Trabajo posterior

Periódicamente se deberá realizar un mantenimiento de limpieza y reparación de la aparamenta instalada. Para ello, se requerirá el acceso del personal que vaya a realizar dichas labores y se deberán mantener las medidas preventivas mencionadas previamente en el presente estudio.

14.1. Niveles de riesgo

De igual modo, para los trabajos posteriores se deben prever los riesgos que conllevan las actividades a realizar. Por tanto, los riesgos considerados y los niveles de riesgo son los siguientes. En cualquier caso, el control del riesgo y las medidas a tomar para cada uno de ellos se deberán adecuar a lo mencionado previamente.

Tabla 66 - Riesgo en trabajo posterior

Riesgo	Nivel de riesgo
Caída a nivel	Bajo
Caída a altura	Importante
Choque contra objeto	Tolerable
Contacto eléctrico	Intolerable
Pisada de objetos	Bajo

14.2 Normas preventivas

1. Limpieza de aparamenta:
 - a. Realizar las labores de limpieza con cuidado de no deslizar, requiriendo, por tanto, el uso de calzado adecuado.
 - b. En épocas de alta radiación solar, proteger las manos con guantes adecuados y la piel con crema solar.
 - c. Evitar en todo momento el contacto con agua susceptible de ponerse a tensión.
 - d. No manipular bajo ningún concepto aparamenta eléctrica en tensión.

2. Operación de maquinaria y aparataje:
 - a. Previo a la manipulación de la aparataje eléctrica, cortar el suministro correspondiente. En caso de manipular aparataje como baterías o inversores, se deberá esperar un tiempo de, al menos, 5 minutos hasta comenzar con la manipulación y previa verificación de ausencia de tensión.
 - b. Asegurarse siempre la ausencia de tensión a ambas entradas del equipo.
 - c. Realizar el enclavamiento mecánico correspondiente e informar al responsable del lugar de trabajo sobre las labores de mantenimiento a realizar.
 - d. En caso de no poder realizar el trabajo sin tensión, hacer uso de guantes aislados, sobre un objeto aislante y con herramientas aislantes.
 - e. En caso de que haya saltado un interruptor automático, se deberá revisar que aguas abajo no hay ninguna persona realizando labores de mantenimiento y se deberá comprobar que hay ausencia de cortocircuito en todos los conductores del circuito.
 - f. Las sustituciones de fusibles deberán realizarse con la maneta de extracción correspondiente y en régimen de ausencia de tensión.

3. Operación de módulos fotovoltaicos:
 - a. Realizar todas las comprobaciones mencionadas previamente sobre puesta a tensión de la aparataje.
 - b. Previo al trabajo, desconectar la serie correspondiente.
 - c. Bajo ningún concepto se podrá ponerse en contacto con el interior de los conectores si está bajo radiación solar y, en caso de tener que actuar sobre ellos, se deberán aislar previamente y tapar el panel con un elemento opaco.
 - d. Es obligatorio usar guantes a la hora de manejar los módulos fotovoltaicos, debido a las altas temperaturas de trabajo

4. Máquinas herramienta:
 - a. Las MH deberán protegerse eléctricamente con aislamiento doble.
 - b. Se deberán revisar previo uso y, en caso de no estar en condiciones adecuadas, desecharlas. Deben mantenerse limpias en todo momento, ausentes de aceites, grasas, etc.

5. Consideraciones adicionales:
 - a. Está prohibido el transporte a mano de pesos superiores a 25 kg.
 - b. Está prohibido el paso sobre lucernarios.
 - c. Las escaleras de mano serán de tijera, antideslizantes y limitadoras de apertura.
 - d. Está prohibido el uso de andamios formados por escaleras de mano.
 - e. Está prohibida la colocación de herramientas eléctricas en el suelo
 - f.

15. Comunicación de actuaciones complementarias

En el caso en el que el contratista considere necesario la realización de acciones complementarias no incluidas en el presente documento, deberá comunicárselas a la Coordinación de Seguridad y Salud, con antelación suficiente, para su aprobación. Dichos trabajos no podrán iniciarse hasta que no exista un visto bueno por parte de la Coordinación.

16. RESUMEN DE CONSIDERACIONES EN OBRA

17.1. Durante toda la obra

Riesgos laborales:

1. Caída a nivel.
2. Caída a altura.
3. Caída de objetos.
4. Choques contra objetos.
5. Caída de objetos sobre terceros.
6. Trabajo en humedad.
7. Contacto eléctrico.
8. Incrustación de objetos extraños.
9. Cortes y golpes.
10. Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas:

Tabla 67 - Resumen medidas preventivas: General

Medida preventiva	Protección
<i>Orden y limpieza</i>	Permanente
<i>Distancia de seguridad (>1 m) a aparata eléctrica en tensión.</i>	Permanente
<i>Iluminación adecuada</i>	Permanente
<i>No permanecer en las inmediaciones de actuación de la maquinaria</i>	Permanente
<i>Puesta a tierra de aparata eléctrica</i>	Permanente
<i>Señalización</i>	Permanente
<i>Extintor 21A113BC</i>	Permanente
<i>Evacuación de escombros/basura</i>	Frecuente
<i>Escalera auxiliar</i>	Ocasional
<i>Charla y curso de formación</i>	Frecuente

17.2. Ejecución Instalaciones eléctricas

Riesgos laborales:

1. Lesión y corte.
2. Dermatitis.
3. Inhalación de tóxicos.
4. Quemaduras.
5. Golpe y aplastamiento.
6. Incendio por combustión.
7. Electrocutación y contacto directo

Tabla 68 - Resumen medidas preventivas: Instalaciones eléctricas

Medida preventiva	Protección
Ventilación (natural y/o forzada)	Permanente
Escalera de tijera	Permanente
Conexionado sin tensión	Permanente

Tabla 69 - Resumen EPI instalaciones eléctricas

EPI	Uso
Gafas de seguridad	Permanente
Guantes aislantes	Ocasional
Botas de seguridad y/o aislantes	Ocasional
Casco aislante	Ocasional
Arnés de seguridad	Ocasional
Cable fiador	Ocasional
Mascarilla filtrante	Permanente

17.3. Fase de instalación eléctrica de baja tensión

Tabla 70 - Acciones correctivas en fase de instalación eléctrica

Actividad	Riesgo	Acción y protección
Carga y descarga	<ul style="list-style-type: none"> Golpe y herida Caída y atrapamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de equipos. Uso de EPI Adecuación de cargas. Control de movimientos.
Instalación de aparataje	<ul style="list-style-type: none"> Caída de objetos Caída de personal Daño ocular Golpe y herida Electrocución Sobresfuerzo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de EPI Orden y limpieza Utilización de plataformas homologadas Mantenimiento de equipos y protecciones. Puesta a tierra adecuada. Faja lumbar.

17.3 Fase de prueba y puesta en servicio

Tabla 71 - Acciones correctivas en fase de prueba y puesta en servicio

Actividad	Riesgo	Acción y protección
Prueba y puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> Golpe, herida Caída de objetos Atrapamiento Caída de personal Electrocución Quemaduras 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de equipos Uso de EPI Adecuación de cargas Control de movimientos Uso de sistemas colectivos de prevención



		<ul style="list-style-type: none"> • Prohibición de trabajo en tensión. • Coordinación con suministradora. • Información de riesgos diaria con operarios. • Realización de pruebas.
--	--	---

17.4. Protección frente a contactos

Actividad	Riesgo	Acción y protección
Instalación en servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Contactos indirectos. • Contactos directos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta a tierra de masas, asociadas a un DDR. • Valor de la resistencia a tierra de acuerdo con la normativa vigente (50V en seco y 24V en húmedo). • Recambio de cables eléctricos con defectos, tanto en el conductor como en las clavijas. • Cumplimiento del REBT.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANEXO VI

MEMORIAS JUSTIFICATIVAS DE SOFTWARES

Estudiante	<i>Rodríguez, Rincón, Yeray</i>
Director	<i>Uriondo, Arrue, Felipe</i>
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Curso académico	<i>2020-2021</i>

Bilbao, 21/09/2021



ÍNDICE DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

1.	ILUMINACIÓN: DIALUX.....	502
2.	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA: DAISALUX.....	502
3.	CÁLCULOS DE APARAMENTA: CANECO	502
4.	SELECTIVIDAD ENTRE PROTECCIONES: SCHNEIDER TOOL	502
5.	INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: PVSYST.....	502

Las memorias justificativas de los softwares están recogidas en los documentos adjuntos. Al clicar en la imagen correspondiente, se abre el hipervínculo que contiene el documento en cuestión:

1. ILUMINACIÓN: DIALUX



ANEXO VI.1
DIALUX.pdf

2. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA: DAISALUX



ANEXO VI.2
DAISALUX.pdf

3. CÁLCULOS DE APARAMENTA: CANECO



ANEXO VI.3
CANECO.pdf

4. SELECTIVIDAD ENTRE PROTECCIONES: SCHNEIDER TOOL



ANEXO VI.4
SCHNEIDER TOOL.pdf

5. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: PVSYST



ANEXO VI.5
PVSYST.pdf