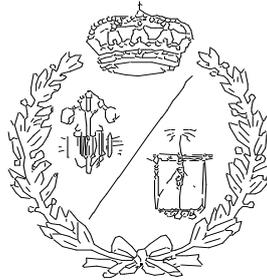


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Máster

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN
ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE
VIVIENDAS**

**(Design and calculation of the electrical
installation of a residential building)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Autor: Ismael Arribas González

Septiembre – 2022

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones

TÍTULO	DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
AUTOR	ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		
DIRECTOR / PONENTE	ALFREDO ORTÍZ FERNÁNDEZ		
TITULACIÓN	MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	FECHA	28/09/2022

PLABRAS CLAVE

Instalación de enlace

Instalación interior

Instalación de puesta a tierra

Energía solar térmica

Instalación de carga de vehículos eléctricos

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al incremento de la actividad industrial en Aranda de Duero se ha producido un aumento de la población. Por tanto, se hace necesario la construcción de nuevos edificios de viviendas como el del presente proyecto, ubicado cerca de la estación de autobuses.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el diseño y dimensionamiento de la instalación de baja tensión de un edificio de nueva construcción que consta de 12 viviendas de electrificación básica.

La instalación estará situada en la Avenida Ruperta Baraya, Aranda de Duero (Burgos), y tendrá una potencia de 147 kW. El edificio constará de cuatro plantas con tres viviendas en cada una de ellas y se incluirán las instalaciones de los servicios generales y los garajes con ventilación forzada. Se va a aplicar la reglamentación y normativa vigentes de obligado cumplimiento, principalmente el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, y las normas particulares de la compañía suministradora.

Se realizará el estudio desde la caja general de protección hasta los circuitos interiores, considerando también la instalación de puesta a tierra. También se diseñarán los sistemas de protección adecuados para este tipo de instalaciones.

Al tratarse de un edificio de nueva construcción, se perseguirá la sostenibilidad y el empleo de recursos renovables. La instalación eléctrica de los garajes se dimensionará para posibilitar la recarga de vehículos eléctricos y/o híbridos, y el proyecto valorará la posibilidad de instalar agua caliente sanitaria (ACS) a partir de paneles solares térmicos en el tejado del edificio.

El proyecto incluirá todos los documentos necesarios para describir adecuadamente la instalación: Memoria, Cálculos, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones, Estudio Básico de Seguridad y Salud, y Presupuesto.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

La conclusión obtenida tras la elaboración del proyecto, después de realizar los cálculos, estudios y planos correspondientes, es que la instalación eléctrica del edificio llevada a cabo es factible. La instalación se ha dimensionado ante una posible ampliación futura de la potencia como marca el reglamento.

El presupuesto total de la instalación eléctrica es de ochenta y un mil cuatrocientos noventa y cuatro euros con sesenta y ocho céntimos (81.494,68€), dentro de cual se incluyen los costes materiales, los costes del personal necesario para la instalación y los costes burocráticos de administración.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN: REBT y sus instrucciones técnicas complementarias [9ª Edición, 2015, PLC Madrid].
- PROYECTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN [2ª Edición, 2021, Asunción León Blasco].
- INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS [2ª Edición, 2008, Emilio Carrasco Sánchez].
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS [2009, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta, Universidad de Cantabria].
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN [8ª Edición, 2020, José García Trasancos].
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA [3ª Edición, 2011, Javier María Méndez Muñiz].
- ESTUDIOS DE VIABILIDAD EN INSTALACIONES SOLARES [1ª Edición, 2011, eduforma FPE].
- VEHÍCULOS ELÉCTRICOS [1ª Edición, 2019, Jesús Trashorras Montecelos].

Páginas web

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Guías Técnicas de aplicación.
<https://industria.gob.es/CalidadIndustrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/guia-tecnica-aplicacion.aspx>
https://BOE-326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf
- Normas Particulares Iberdrola.
<http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Normativa-Iberdrola-02.htm>
- Código Técnico de Edificación – Ahorro de Energía.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- Plan General de Ordenación Urbana de Aranda de Duero.
<https://transparencia.arandadeduero.es/obras-publicas-y-urbanismo/mapa-y-planos-del-pgou/>
- Caja Generales de Protección (CGP) – Iberdrola.
https://industria.gob.es/CalidadIndustrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/NI_76.50.01_6_jul10-.pdf
- Instalación de Puesta a Tierra.
<https://baubiologers.wordpress.com/2015/09/07/equipotencial-y-toma-de-tierra-parte-2-de-2/>
- Cálculo de las secciones de los cables.
<https://www.tecnicaindustrial.es/nuevo-metodo-de-calculo-de-secciones-de-cable/>
- Instalaciones solares térmicas.
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>
<https://acontermica.es/energia-solar-termica/>
<http://www2.asit-solar.com/uploads/event/21/1425033304.pdf>
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf
- Análisis de la radiación e incidencia solar.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
https://salidaypuestadelsol.com/sun/aranda_de_duero
- Instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos.
<https://www.smartwallboxes.com/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos/>
<https://www.lugenergy.com/3-esquemas-instalacion-la-recarga-vehiculos-electricos/>

<https://www.plcmadrid.es/8-pasos-para-saberlo-todo-sobre-el-vehiculo-electrico-paso-ii/>

- Selectividad de curvas de disparo magnetotérmico.

<https://www.aulamoisan.com/software-moisan/curvas-de-disparo>

Normas y reglamentos

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) [2002, Ministerio de Ciencia y Tecnología].
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC-BT-52), "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos" [2014, BOE].
- Guías Técnicas de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para BT [Ministerio de Ciencia y Tecnología].
- Código Técnico de Edificación (CTE) [2006].
- Normas Técnicas de Edificación (NTE): Baja Tensión y Puestas a Tierra [1974 y 1973].
- Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Aranda de Duero [2020, Ayuntamiento de Aranda de Duero].
- Iberdrola - Normas particulares de distribución eléctrica, para alta tensión y baja tensión [2004].
- Normas UNE.
- Real Decreto 614/2001, disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 [1995].
- Normas referentes a la comunidad autónoma de Castilla y León.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Aranda de Duero.

Catálogos

- Catálogo RS Components.
<https://es.rs-online.com/web/>
- Catálogo ELECTROsumi.
<https://www.electrosumi.com/>
- Catálogo TME Electronic Components.
<https://www.tme.eu/es/>
- Catálogo TodoenSolar.
https://www.todoensolar.com/epages/61987244.sf/es_ES/?ObjectPath=Categories

- Catálogo Word Industrial Automation.

<https://es.wiautomation.com/>

- Catálogo efectoLED.

<https://www.efectoled.com/es/>

Programas informáticos

- AutoCAD 2023
- Revit 2022
- Microsoft Word 2022
- Microsoft Excel 2022
- Microsoft PowerPoint 2022
- Selectividad – Curvas de disparo (Moisan)

KEYWORDS

Link installation

Indoor installation

Grounding installation

Solar thermal energy

Electric vehicle charging facility

SCOPE

Due to the rise of the industry activity in Aranda de Duero there has been a population increase. Therefore, the construction of new residential buildings such as the one in this project, located near the bus station, is necessary.

PROJECT DESCRIPTION

The aim of this project is the design and dimensioning of the low voltaje installation of a newly constructed building consisting of 12 basic electrification homes.

The facility will be located on Avenida Ruperta Baraya, Aranda de Duero (Burgos), and will have a power of 147 kW. The building will consist of four floors with three dwellings on each of them and will include the general services facilities and the garages with forced ventilation. The mandatory regulations and regulations in force will be applied, mainly the Low Voltage Electrotechnical Regulation and its Complementary Technical Instructions, and the particular regulations of the supplying company.

The study will be carried out from the general protection box to the interior circuits, also considering the grounding installation. The appropriate protection systems will also be designed for this type of installation.

Being a newly constructed building, sustainability and the use of renewable resources will be pursued. The electrical installation of the garages will be sized to enable the recharging of electric and/or hybrid vehicles, and the project will assess the possibility of installing domestic hot water (DHW) from thermal solar panels on the roof of the building.

The project will include all the necessary documents to adequately describe the facility: Memory, Calculations, Annexes, Plans, Specifications, Basic Health and Safety Study, and Budget.

CONCLUSIONS / BUDGET

The conclusion obtained after the elaboration of the project, after carrying out the corresponding calculations, studies and plans, is that the electrical installation of the building carried out is feasible. The installation has been dimensioned before a possible future increase in power as established by the regulations.

The total budget for the electrical installation is eighty-one thousand four hundred and ninety-four euros and sixty-eight cents (€81,494.68), which includes the material costs, the costs of the personnel necessary for the installation and the costs bureaucratic administration.

ÍNDICE

1. MEMORIA	22
1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO	22
1.2 TÉCNICO	22
1.3 EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO	22
1.4 DEFINICIÓN Y ABREVIATURAS	24
1.5 DISPOSICIONES Y NORMATIVA	25
1.6 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	26
1.6.1 Descripción general.....	26
1.6.2 Garaje.....	26
1.6.3 Planta baja	27
1.6.4 Viviendas.....	27
1.7 EMPRESA SUMINISTRADORA.....	28
1.8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	28
1.8.1 Datos Generales.....	28
1.8.1.1 Servicios generales	28
1.8.1.2 Viviendas.....	28
1.8.1.3 Locales comerciales	29
1.8.1.4 Garaje	29
1.8.2 Suministro	30
1.8.3 Instalación de enlace.....	30
1.8.3.1 Caja General de Protección (CGP).....	31
1.8.3.2 Línea General de Alimentación (LGA)	33
1.8.3.3 Centralización de Contadores (CC)	36
1.8.3.4 Derivaciones Individuales (DI)	39
1.8.3.5 Interruptor de Control de Potencia (ICP) y Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP).....	43

1.8.4	Instalación interior	45
1.8.4.1	Instalación eléctrica de las viviendas	45
1.8.4.1.1	Cuartos de baño	48
1.8.4.2	Instalación eléctrica del garaje.....	48
1.8.4.3	Instalación eléctrica de los servicios generales.....	50
1.8.4.4	Instalación eléctrica de los locales comerciales	51
1.8.5	Protección contra sobrecargas	51
1.8.5.1	Protecciones de la Caja General de Protección.....	53
1.8.5.2	Protecciones de la Centralización de Contadores.....	54
1.8.5.3	Protecciones de los cuadros de las viviendas.....	55
1.8.5.4	Protecciones del cuadro del garaje.....	56
1.8.5.5	Protecciones del cuadro de los servicios generales.....	56
1.8.6	Corrientes de cortocircuito	57
1.9	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	62
1.10	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	66
1.10.1	Alumbrado de seguridad	66
1.10.1.1	Alumbrado de evacuación	66
1.10.1.2	Alumbrado ambiente o anti-pánico	66
1.10.2	Alumbrado de reemplazamiento	67
1.10.3	Aparatos autónomos para el alumbrado de emergencia	67
2.	CÁLCULOS	68
2.1	PREVISIÓN DE CARGAS	68
2.1.1	Previsión de cargas de las viviendas	68
2.1.2	Previsión de cargas del garaje	69
2.1.2.1	Extracción	69
2.1.2.2	Iluminación	69
2.1.2.3	Motor de la puerta	69

2.1.2.4 Central de detección de CO	70
2.1.2.5 Central de detección de incendios.....	70
2.1.2.6 Suma de la previsión de cargas del garaje	70
2.1.3 Previsión de cargas de las estaciones de carga de vehículos eléctricos.....	70
2.1.4 Previsión de cargas de los servicios generales	70
2.1.4.1 Alumbrado de las zonas comunes.....	71
2.1.4.2 Ascensor	71
2.1.4.3 Suma de la previsión de cargas de los servicios generales	72
2.1.5 Previsión de cargas de los locales comerciales	72
2.1.6 Previsión total de cargas.....	72
2.2 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN.....	73
2.2.1 Criterio de la caída de tensión.....	74
2.2.2 Criterio térmico (intensidad máxima admisible por cable)	75
2.2.3 Criterio de cortocircuito	77
2.2.4 Resultados finales para la Línea General de Alimentación	78
2.3 DERIVACIONES INDIVIDUALES.....	80
2.3.1 Criterio de la caída de tensión.....	80
2.3.2 Criterio térmico (intensidad máxima admisible por cable)	81
2.3.3 Criterio de cortocircuito	82
2.3.4 Resultados finales para las Derivaciones Individuales	82
2.4 INSTALACIONES INTERIORES	84
2.4.1 Circuitos de las viviendas.....	84
2.4.2 Circuitos del garaje	86
2.4.3 Circuitos de los servicios generales	87
2.4.4 Circuitos de los locales comerciales.....	89
2.5 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PROTECCIONES	89
2.5.1 Caja General de Protección (CGP)	90

2.5.2 Fusibles de seguridad de la centralización de contadores	90
2.5.3 Cuadro de protección de las viviendas.....	92
2.5.4 Cuadro de protección del garaje	93
2.5.5 Cuadro de protección de los servicios generales	94
2.6 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	95
2.6.1 Corriente de cortocircuito en la LGA	96
2.6.2 Corriente de cortocircuito en las derivaciones individuales	96
2.6.3 Corriente de cortocircuito en los circuitos de las viviendas.....	98
2.6.4 Corriente de cortocircuito en los circuitos del garaje	99
2.6.5 Corriente de cortocircuito en los circuitos de los servicios generales	101
2.7 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	103
3. ANEXOS.....	105
3.1 INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA ACS.....	105
3.1.1 Determinación de la cobertura mínima de ACS por parte de la instalación solar	106
3.1.2 Determinación del número de paneles solares térmicos necesarios	111
3.1.3 Sistema de acumulación	116
3.1.4 Sistema de intercambio.....	117
3.1.5 Cobertura mensual de la demanda térmica para ACS	117
3.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LAS ESTACIONES DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	119
3.2.1 Tipo de conexión y esquema de instalación.....	120
3.2.2 Previsión de cargas para el esquema colectivo	122
3.2.3 Instalación eléctrica en aparcamientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal	123
3.2.4 Cálculos de la derivación individual de recarga de vehículos.....	125
3.2.5 Protecciones de la derivación individual de recarga de vehículos	127
3.2.5.1 Protección contra contactos directos e indirectos	127

3.2.5.2	Protección de las influencias externas.....	127
3.2.5.3	Protección contra sobrecargas.....	127
3.3	SELECTIVIDAD DE LAS CURVAS DE DISPARO MAGNETOTÉRMICO	129
4.	PLANOS.....	131
4.1	Plano de emplazamiento.....	131
4.2	Plano del alzado y perfil del edificio.....	131
4.3	Plano de la instalación eléctrica de la planta baja.....	131
4.4	Plano de la instalación eléctrica de las plantas superiores	131
4.5	Plano de las viviendas.....	131
4.6	Plano de la instalación eléctrica de las viviendas	131
4.7	Plano de la instalación eléctrica del garaje.....	131
4.8	Esquema eléctrico unifilar general.....	131
4.9	Esquema eléctrico unifilar de las viviendas	131
4.10	Esquema eléctrico unifilar de los servicios generales	131
4.11	Esquema eléctrico unifilar del garaje	131
5.	PLIEGO DE CONDICIONES	132
5.1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	132
5.1.1	Ámbito de aplicación.....	132
5.1.2	Disposiciones generales	132
5.1.3	Condiciones facultativas legales	132
5.1.4	Seguridad en el trabajo.....	133
5.1.5	Seguridad pública	134
5.1.6	Organización del trabajo	134
5.1.6.1	Datos de obra.....	134
5.1.6.2	Replanteo de la obra	135
5.1.6.3	Condiciones generales	135
5.1.7	Planificación y coordinación.....	136

5.1.8 Acopio de materiales	137
5.1.9 Inspección y medidas previas al montaje	137
5.1.10 Planos, catálogos y muestras	138
5.1.11 Variaciones de proyecto y cambio de materiales	138
5.1.12 Cooperación con otros instaladores	139
5.1.13 Protección.....	139
5.1.14 Limpieza de la obra.....	140
5.1.15 Andamios y aparejos.....	140
5.1.16 Obras de albañilería.....	140
5.1.17 Energía eléctrica y agua	141
5.1.18 Ruidos y vibraciones.....	141
5.1.19 Accesibilidad.....	142
5.1.20 Canalizaciones.....	142
5.1.21 Manguitos pasamuros.....	143
5.1.22 Protección de partes en movimientos	144
5.1.23 Protección de los elementos a temperatura elevada.....	144
5.1.24 Cuadros y líneas eléctricas	144
5.1.25 Pinturas y colores	145
5.1.26 Identificación.....	145
5.1.27 Pruebas	145
5.1.28 Pruebas finales	146
5.1.29 Recepción provisional.....	146
5.1.30 Periodos de garantía.....	147
5.1.31 Recepción definitiva.....	148
5.1.32 Permisos.....	148
5.1.33 Entrenamiento	148
5.1.34 Repuestos, herramientas y útiles específicos	148

5.1.35 Subcontratación de las obras.....	149
5.1.36 Riesgos.....	149
5.1.37 Rescisión del contrato.....	150
5.1.38 Pago de obra	150
5.1.39 Abono de materiales acopiados	151
5.1.40 Disposición final	151
5.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	152
5.2.1 Generalidades	152
5.2.2 Instalaciones eléctricas	152
5.2.2.1 Dispositivos generales e individuales	152
5.2.2.2 Instalación interior	153
5.2.2.3 Aparatos de protección.....	153
5.2.2.4 Identificación de los conductores.....	154
5.2.2.5 Subdivisiones de las instalaciones	154
5.2.2.6 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica	155
5.2.2.7 Conexiones eléctricas	155
5.2.3 Sistemas de instalación	155
5.2.3.1 Conductores aislados bajo tubos protectores	155
5.2.3.2 Conductores aislados bajo canales protectores.....	157
5.2.4 Red de tierra	159
5.2.4.1 Conductores de equipotencialidad.....	159
5.2.4.2 Resistencia de las tomas de tierra.....	159
5.2.5 Cuadro de distribución de baja tensión	159
5.2.6 Alumbrado de emergencia	159
6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	161
6.1 INTRODUCCIÓN	161
6.2 FASES DE LA OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	162

6.2.1 Identificación de riesgos en instalaciones eléctricas	162
6.3 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO	163
6.3.1 Introducción	163
6.3.2 Obligaciones del empresario.....	163
6.3.2.1 Condiciones constructivas	164
6.3.2.2 Orden, limpieza y mantenimiento	165
6.3.2.3 Condiciones ambientales.....	166
6.3.2.4 Condiciones de iluminación mínima	166
6.3.2.5 Servicios higiénicos y locales de descanso	167
6.3.2.6 Material y locales de primeros auxilios	167
6.4 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	168
6.4.1 Introducción	168
6.4.2 Obligaciones del empresario.....	168
6.4.3 Condiciones de señalización.....	169
6.5 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.....	170
6.5.1 Introducción	170
6.5.2 Obligaciones del empresario.....	170
6.5.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo	171
6.5.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.....	172
6.5.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas	173
6.5.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicable a los equipos de trabajo para movimientos de tierra y maquinaria pesada	173
6.5.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria de herramientas	174

6.5.2.6 Disposiciones mínimas adicionales aplicables en medios auxiliares ..	175
6.6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	177
6.6.1 Introducción	177
6.6.2 Estudio básico de seguridad y salud	178
6.6.2.1 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción	178
6.6.2.2 Medidas preventivas de carácter general	179
6.6.2.3 Medidas preventivas de carácter general para el montaje de la instalación eléctrica provisional de obra y para la realización de la instalación eléctrica final del establecimiento	181
6.7 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA E INDIVIDUAL.....	184
6.7.1 Introducción	184
6.7.2 Obligaciones del empresario.....	184
6.7.2.1 Protectores de cabeza.....	184
6.7.2.2 Protectores de manos y brazos	184
6.7.2.3 Protectores de pies y piernas	185
6.7.2.4 Protectores de cuerpo	185
6.8 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS	185
7. PRESUPUESTO.....	187
7.1 ESTADO DE MEDICIONES	187
7.2 CUADRO DE PRECIOS DESGLOSADOS.....	191
7.3 CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS TOTALES.....	204
7.4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	208
7.5 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	209
7.5 PRESUPUESTO PARA LA ADMINISTRACIÓN.....	210
8. BIBLIOGRAFÍA.....	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del edificio	23
Figura 2. Ubicación ampliada del edificio	23
Figura 3. Plan General de Ordenación Urbanística del Ayuntamiento de Aranda de Duero [PGOU]	24
Figura 4. Esquema de la instalación de enlace para varios usuarios con contadores centralizados [ITC-BT-12].	31
Figura 5. Caja General de Protección (CGP) con acometida subterránea [ITC-BT-13]32	
Figura 6. Instalación de la LGA utilizando canal o tubo [ITC-BT-14]	35
Figura 7. Unidades funcionales principales de una centralización de contadores [ITC-BT-16].....	38
Figura 8. Instalación de enlace de un edificio de viviendas	40
Figura 9. Instalación de DI utilizando canal o tubo [ITC-BT-15].....	41
Figura 10. Cuadro general de mando y protección [ITC-BT-17]	44
Figura 11. Esquema unifilar de una vivienda con electrificación básica [ITC-BT-25]... 46	
Figura 12. Tipos de disparo magnético de los IA modulares [ITC-BT-22].....	58
Figura 13. Características tiempo-corriente de un fusible tipo "g" [ITC-BT-22].....	59
Figura 14. Características tiempo-corriente de un fusible tipo "a" [ITC-BT-22].....	60
Figura 15. Comparación de instalación con toma tierra y sin ella [Goehring, D.].....	62
Figura 16. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra [ITC-BT-18]63	
Figura 17. Puesta a tierra de un edificio [IEB (2011)].....	64
Figura 18. Máximas caídas de tensión admisibles con una única centralización de contadores [Pozueta].....	74
Figura 19. Mejora de la puesta a tierra en anillo mediante pica (electrodo) conectada al conductor de cobre	104
Figura 20. Instalación solar térmica de ACS con intercambiador de calor.....	106
Figura 21. Mapa de radiación solar de Castilla y León [AEMET].....	109

Figura 22. Radiación solar mensual en Aranda de Duero [PVGIS] 112

Figura 23. Características del panel solar térmico [Todoensolar.com] 113

Figura 24. Horas de sol durante el año en Aranda de Duero [salidaypuestadelosol.com]
..... 114

Figura 25. Porcentaje mensual de demanda térmica de ACS cubierta con solar [Excel]
..... 118

Figura 26. Tipo de conexión entre el vehículo eléctrico y la estación de recarga [ITC-BT-
52] 120

Figura 27. Esquema de instalación colectivo [ITC-BT-52]..... 121

Figura 28. Estación de carga EVH2S3P04K [WIAutomation] 123

Figura 29. Análisis de selectividad de las curvas de disparo magnetotérmico en los
servicios generales 129

Figura 30. Análisis de selectividad de las curvas de disparo magnetotérmico en el garaje
..... 130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución superficial de las viviendas	27
Tabla 2. Diámetro exterior de los tubos en función de las secciones [ITC-BT-14].....	34
Tabla 3. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto [ITC-BT-15]	41
Tabla 4. Intensidad del IGA en función de la potencia [Guía ITC-BT-25]	45
Tabla 5. Intensidad del ICP en función de la potencia [Guía ITC-BT-25]	45
Tabla 6. Características eléctricas de los circuitos.....	48
Tabla 7. Características de los circuitos del garaje	49
Tabla 8. Características de los circuitos de los servicios generales	51
Tabla 9. Cálculos para la LGA	53
Tabla 10. Cálculos de los fusibles de las derivaciones individuales	55
Tabla 11. Cálculos de los cuadros de las viviendas	56
Tabla 12. Cálculos de los circuitos del garaje	56
Tabla 13. Cálculos de los circuitos de los servicios generales	57
Tabla 14. Clases de curvas de fusión de los fusibles	59
Tabla 15. Coeficiente de simultaneidad de viviendas.....	68
Tabla 16. Previsión de potencia para elevadores [ITC-BT-10]	71
Tabla 17. Resumen de la previsión de cargas	73
Tabla 18. Cálculos de la LGA. Caída de tensión.....	75
Tabla 19. Intensidades admisibles (A) al aire a 40°C en función del nº de conductores y aislamiento [ITC-BT-19].....	77
Tabla 20. Densidad de corriente en función de la duración del cortocircuito [Pozueta]78	
Tabla 21. Relación entre las secciones de los conductores de fase y neutro [ITC-BT-8]	79
Tabla 22. Cálculos de la LGA	79
Tabla 23. Características de las Derivaciones Individuales.....	83

Tabla 24. Diámetro exterior de los tubos en función del número de conductores [ITC-BT-21]	84
Tabla 25. Características de los circuitos de las viviendas.....	86
Tabla 26. Características de los circuitos del garaje	87
Tabla 27. Características de los circuitos de los servicios generales	88
Tabla 28. Cálculos de la LGA	90
Tabla 29. Cálculos de los fusibles de las derivaciones individuales	92
Tabla 30. Cálculos de los cuadros de las viviendas	92
Tabla 31. Cálculos del cuadro del garaje	93
Tabla 32. Cálculos del cuadro de los servicios generales	94
Tabla 33. Corrientes de cortocircuito de la LGA.....	96
Tabla 34. Corrientes de cortocircuito de las derivaciones individuales	97
Tabla 35. Corrientes de cortocircuito en los circuitos de las viviendas	98
Tabla 36. Corriente de cortocircuito en los circuitos del garaje	100
Tabla 37. Corriente de cortocircuito en los circuitos de los servicios generales	101
Tabla 38. Resistividad orientativa de diferentes tipos de terreno	103
Tabla 39. Demanda de referencia de ACS a 60°C [CTE DB HE, Ahorro de energía]	107
Tabla 40. Valores mínimos de ocupación en residencias privadas [CTE DB HE, Ahorro de energía]	107
Tabla 41. Factor de centralización en viviendas multifamiliares [CTE DB HE, Ahorro de energía]	108
Tabla 42. Temperatura media mensual del agua fría [CTE DB HE, Ahorro de energía]	109
Tabla 43. Zona climática según la radiación solar diaria media [CTE DB HE, Ahorro de energía]	110
Tabla 44. Contribución solar mínima para ACS en porcentaje [IDAE].....	110
Tabla 45. Factor de corrección "k" [Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura]	111
Tabla 46. Radiación solar en Aranda de Duero.....	112

Tabla 47. Cálculos de la instalación solar térmica.....	115
Tabla 48. Potencias instaladas normalizadas de los circuitos de recarga colectivos [ITC-BT-52].....	124
Tabla 49. Cálculos de la derivación individual de recarga	125
Tabla 50. Cálculos de los circuitos independientes de las estaciones de recarga.....	126
Tabla 51. Cálculos para la protección de la derivación individual.....	128
Tabla 52. Resumen del presupuesto de ejecución material	208
Tabla 53. Resumen del presupuesto de ejecución por contrata.....	209
Tabla 54. Resumen del presupuesto para la administración	210

1. MEMORIA

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es dimensionar y definir técnicamente la instalación eléctrica de baja tensión de un edificio de nueva construcción con 12 viviendas de electrificación básica (4 plantas habitables con 3 viviendas en cada planta), 2 locales comerciales en la planta baja y garaje, cumpliendo con la normativa y las reglamentaciones vigentes (Reglamento Electrónico de Baja Tensión).

Se realizará un estudio que abarca desde la caja general de protección (CGP) hasta la instalación interior de las viviendas, así con los sistemas de protección y la puesta a tierra.

Con el fin de mejorar la sostenibilidad y fomentar el uso de energías renovables, la instalación eléctrica de los garajes se dimensionará para posibilitar la recarga de vehículos eléctricos y/o híbridos. El proyecto valorará la posibilidad de instalar agua caliente sanitaria (ACS) a partir de paneles solares térmicos en el tejado del edificio.

El edificio estará ubicado en la Avenida Ruperta Baraya, Aranda de Duero (Burgos), y tendrá una potencia de 147 kW.

El proyecto incluye los documentos pertinentes para definir correctamente la instalación eléctrica: Memoria, Cálculos, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones Técnicas, Estudio Básico de Seguridad y Salud, y Presupuesto.

1.2 TÉCNICO

El proyectista encargado de realizar el proyecto es Ismael Arribas González, alumno del Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Cantabria.

1.3 EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO

El edificio estará ubicado en la Avenida Ruperta Baraya, Aranda de Duero, Burgos, Castilla y León (España). Código Postal: 09400.

En la figura 1 se observa en rojo el terreno de 5150 m² donde se ubicará el edificio en la ciudad de Aranda de Duero. En la figura 2 se observa esa misma ubicación ampliada.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

El edificio se ubicará en la zona sur de esta parcela, aprovechando el terreno libre para la construcción de un parque.

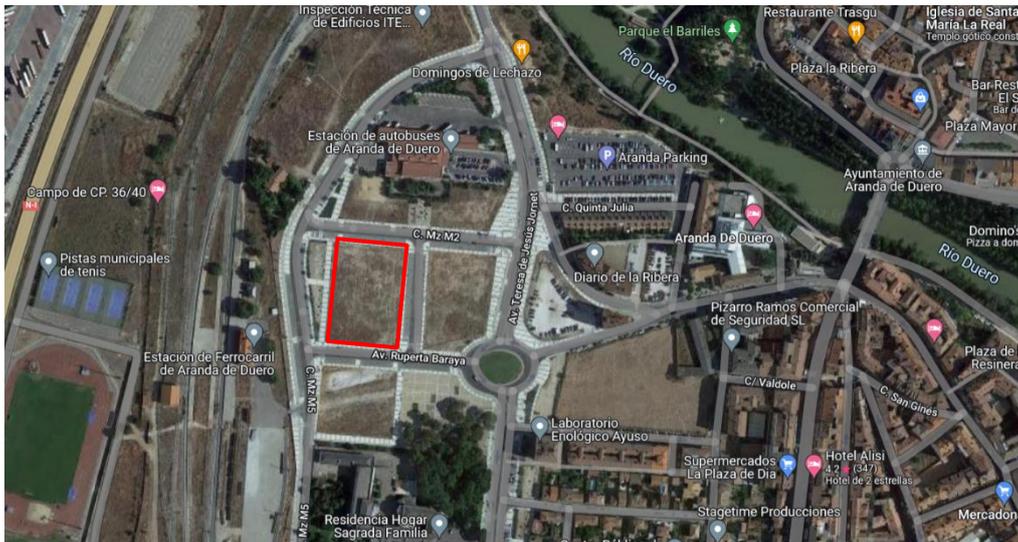


Figura 1. Ubicación del edificio

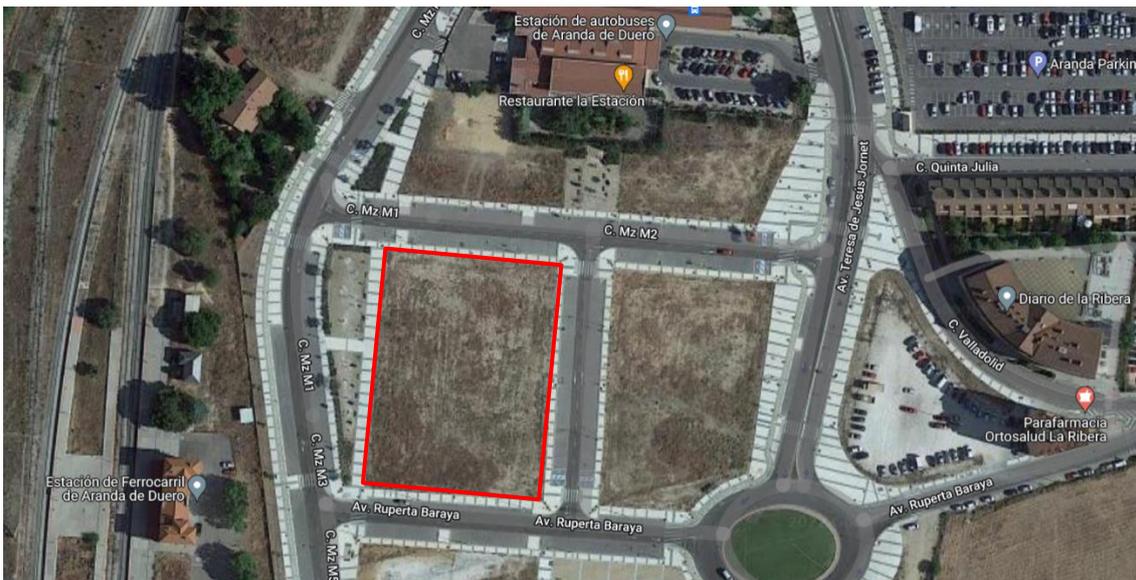


Figura 2. Ubicación ampliada del edificio

Por último, se presenta en la figura 3 esa misma ubicación en el Plan General de Ordenación Urbanística del Ayuntamiento de Aranda de Duero (PGOU), vigente desde octubre de 2014, en el que el suelo está calificado como urbano.

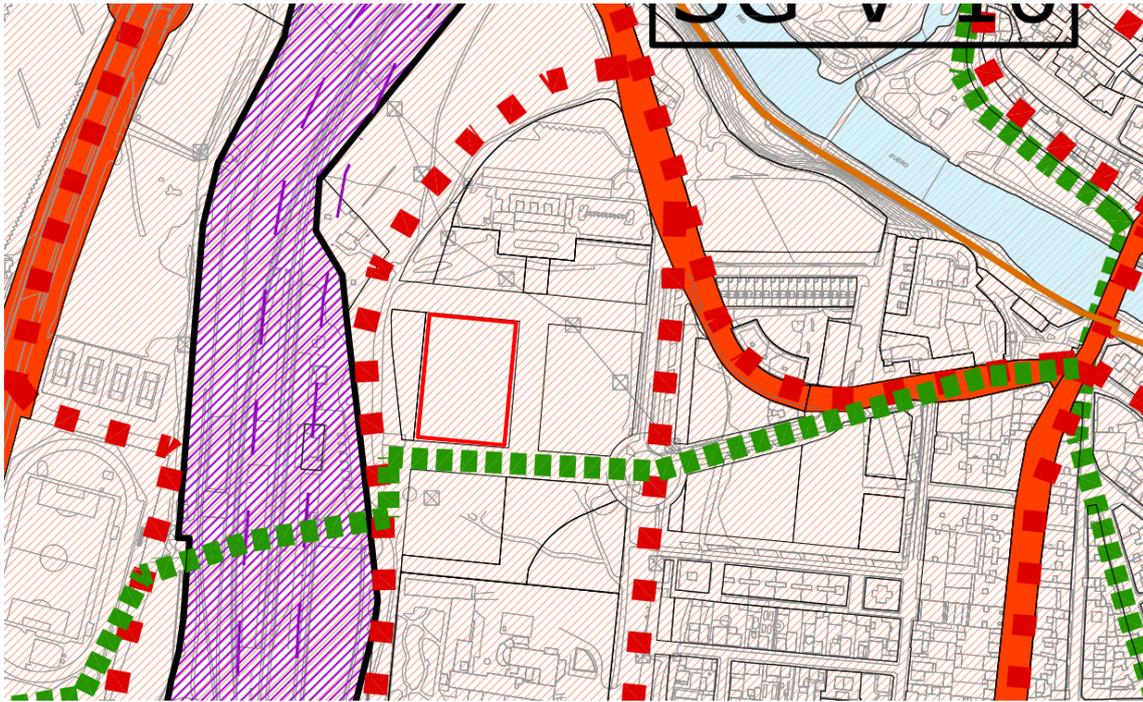


Figura 3. Plan General de Ordenación Urbánística del Ayuntamiento de Aranda de Duero [PGOU]

1.4 DEFINICIÓN Y ABREVIATURAS

Dado que se van a utilizar algunas palabras clave que se repetirán asiduamente a lo largo del proyecto, se van a utilizar las siguientes abreviaturas:

CTE: Código Técnico de Edificación.

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

BT: Baja Tensión.

ITC: Instrucción Técnica Complementaria.

UNE: Una Norma Española.

CGP: Caja General de Protección.

LGA: Línea General de Alimentación.

IG: Interruptor General.

DI: Derivación Individual.

ICP: Interruptor de Control de Potencia.

DGMP: Dispositivo General de Mando y Protección.

ID: Interruptor Diferencial.

PIA: Pequeño Interruptor Automático.

CS: Coeficiente de simultaneidad.

Fu: Factor de utilización.

1.5 DISPOSICIONES Y NORMATIVA

La reglamentación utilizada para la elaboración de proyecto es la siguiente:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).
- Normas UNE.
- Código Técnico de Edificación (CTE).
- Normas Tecnológicas de Edificación (NTE).

Dentro del REBT, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) que albergan mayor importancia en la instalación eléctrica del edificio son:

- ITC BT 10: Previsión de cargas para suministros de baja tensión.
- ITC BT 12: Instalaciones de enlace. Esquemas.
- ITC BT 13: Instalaciones de enlace. Cajas de protección.
- ITC BT 14: Instalaciones de enlace. Línea General de Alimentación.
- ITC BT 15: Instalaciones de enlace. Derivaciones Individuales.
- ITC BT 16: Instalaciones de enlace. Contadores.
- ITC BT 17: Instalaciones de enlace. ICP.
- ITC BT 18: Instalaciones de puesta a tierra.
- ITC BT 19: Instalaciones de interiores. Prescripciones generales.
- ITC BT 20: Instalaciones de interiores. Sistemas de instalación.
- ITC BT 21: Instalaciones de interiores. Tubos protectores.
- ITC BT 22: Instalaciones de interiores. Protección contra sobrentensidad.
- ITC BT 23: Instalaciones de interiores. Protección contra sobretensiones.
- ITC BT 24: Instalaciones de interiores. Protección contra contactos directos e indirectos.
- ITC BT 25: Instalaciones interiores en viviendas.
- ITC BT 26: Instalaciones de interiores. Instalación interior en viviendas. Prescripciones generales.

- ITC BT 27: Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.
- ITC BT 28: Instalaciones en locales de pública concurrencia.
- ITC BT 29: Instalaciones con riesgo de incendio o explosión.
- ITC BT 52: Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos.

1.6 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

1.6.1 Descripción general

El edificio está destinado al uso de viviendas y garaje, así como locales comerciales en la planta baja. Alrededor del edificio habrá zonas comunes ajardinadas y un parque infantil, aunque dado que este proyecto se basa en la instalación eléctrica, nos centraremos en el edificio.

El edificio consta de seis plantas:

- Una planta subterránea para el garaje.
- Una planta baja para el portal y los locales comerciales.
- Cuatro plantas habitables donde se ubicarán las viviendas, tres por planta.

Todas las plantas del edificio disponen tanto de escaleras como de ascensor para desplazarse entre las distintas plantas.

1.6.2 Garaje

Situado en la planta subterránea y con una superficie de 363 m², cuenta con 12 plazas de aparcamiento de 12,5 m² (una plaza de aparcamiento de 2,5x5 m por cada vivienda) además de un cuarto de calderas, ascensor y escaleras para acceder desde las plantas superiores del edificio. La entrada y salida de vehículos se realiza a través de una puerta situada en la planta -1 a la que se llega mediante una rampa ubicada en la zona exterior del edificio. Hay más aparcamientos para los locales comerciales o las viviendas que cuenten con más de un vehículo en el exterior del edificio.

Cuenta con estaciones de carga para la recarga de vehículos eléctricos en cada una de las plazas de aparcamiento.

1.6.3 Planta baja

Planta formada por el portal que da acceso a las viviendas de 60 m² y el cuarto de contadores del edificio (electricidad, agua y gas) de 7 m². Además, cuenta con dos locales comerciales (uno de 109 m² y otro de 187 m²).

1.6.4 Viviendas

Desde la primera planta hasta la cuarta se dispone de plantas idénticas, las cuales constan de 3 viviendas iguales de 93 m² y una terraza comunitaria de 28 m² en cada una de ellas.

Todas las viviendas cuentan con electrificación básica (5.750W) dado que su superficie es inferior a 160 m²; no tienen aire acondicionado, calefacción eléctrica, secadora ni sistemas de automatización; y no superan los 30 puntos de alumbrado ni las 20 tomas de corriente, como marca la normativa.

La distribución superficial de las viviendas se muestra en la tabla 1:

Salón - Comedor	34,45 m ²
Cocina	15,14 m ²
Dormitorio 1	12,71 m ²
Dormitorio 2	9,87 m ²
Dormitorio 3	10,82 m ²
Baño 1	4,52 m ²
Baño 2	3,17 m ²
TOTAL	90,68 m ²

Tabla 1. Distribución superficial de las viviendas

1.7 EMPRESA SUMINISTRADORA

La empresa eléctrica suministradora será Iberdrola S.A., una de las principales distribuidoras de Castilla y León. La tensión de alimentación a media tensión será de 12/20 kV con una frecuencia de 50 Hz. La tensión de suministro en baja tensión es de 230/400 V a 50 Hz de frecuencia, como marca la normativa.

1.8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.8.1 Datos Generales

La instalación eléctrica del edificio se puede dividir en:

- Servicios generales
- Viviendas
- Locales comerciales
- Garaje

1.8.1.1 Servicios generales

Siguiendo la normativa marcada en el apartado 3.2 de la ITC-BT-10 del REBT, la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, alumbrado del portal y el cuarto de contadores, alumbrado de la escalera y los rellanos y terrazas de cada planta, portero automático y las tomas de corriente comunitarias. Todo ello sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad unitario).

1.8.1.2 Viviendas

El grado de electrificación de las viviendas, dado que en ninguna de ellas se alcanzan los 160 m² ni cuentan con calefacción eléctrica ni acondicionamiento de aire, será de electrificación básica. Se asigna una potencia mínima de 5.750 W a 230 V a cada vivienda (apartado 2.1 de la ITC-BT-10 del REBT) que será la capacidad máxima de la instalación, es decir, la intensidad asignada en el interruptor general automático (IGA).

La electrificación básica da cobertura para las posibles necesidades de utilización primarias sin necesidad de obras posteriores de adecuación. Permite la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en una vivienda.

La instalación para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares es motivo para que la electrificación sea elevada, pero en este caso no son viviendas unifamiliares, y las estaciones de carga están en el garaje y su instalación es a través de otra derivación individual, por lo que no influye en la electrificación de las viviendas.

1.8.1.3 Locales comerciales

Siguiendo la normativa marcada en el apartado 3.3 de la ITC-BT-10 del REBT, la carga correspondiente a los locales comerciales se calcula considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Las superficies de nuestros dos locales comerciales son de 109 m² y 187 m².

1.8.1.4 Garaje

Siguiendo la normativa marcada en el apartado 3.4 de la ITC-BT-10 del REBT, la carga correspondiente al garaje se calcula considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

La superficie del garaje es de 363 m² y cuenta con 12 plazas de aparcamiento, por lo que la potencia total del garaje dada las características de este (superficie mayor de 100 m² y capacidad para más de 5 vehículos) será la suma de la ventilación, la iluminación, el motor de la puerta del garaje y las centrales de detección de incendios y de CO.

La ventilación del garaje del edificio es forzada, y por normativa del CTE (sección HS3) debe haber un caudal mínimo de 120 l/s por plaza de aparcamiento para garantizar la calidad del aire.

Se dispone de una estación de carga para vehículos eléctricos en cada plaza de aparcamiento, cuya instalación eléctrica se realiza a través de una derivación individual independiente que parte de la centralización de contadores.

1.8.2 Suministro

La Red General de Distribución de BT es propiedad de la compañía suministradora y se conecta con la instalación eléctrica del edificio a través de una acometida que también es propiedad de la compañía suministradora.

Esta acometida se conecta con la propiedad del usuario a través de la caja general de protección (CGP) y la línea general de alimentación (LGA). La corriente eléctrica será trifásica con 3 fases y neutro, una tensión de 230/400 V y una frecuencia de 50 Hz.

1.8.3 Instalación de enlace

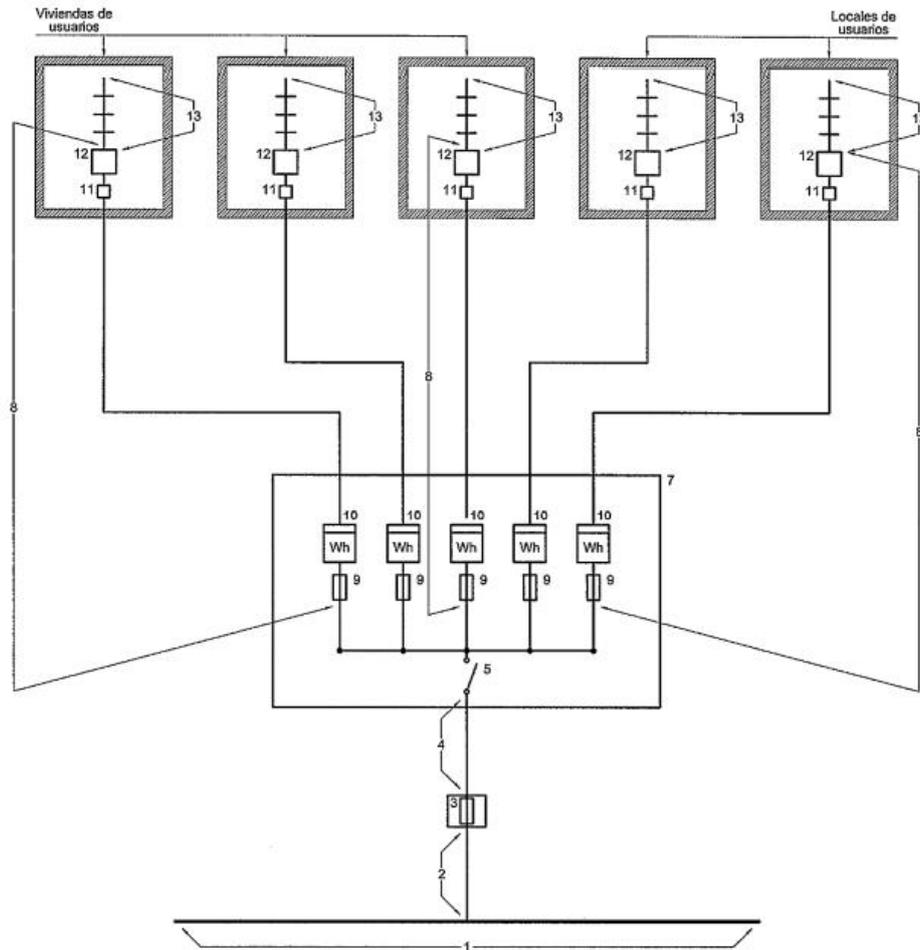
La instalación de enlace une la caja general de protección (en este proyecto solo es necesaria una CGP), con las instalaciones interiores o receptoras del usuario. Comienza en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección. Son propiedad del usuario y siempre discurren por lugares de uso común. Estas definiciones se extraen de la ITC-BT-12.

La instalación de enlace se divide en las siguientes partes:

- Caja General de Protección (CGP).
- Línea General de Alimentación (LGA).
- Centralización de Contadores (CC).
- Derivaciones Individuales (DI).
- Interruptor de Control de Potencia (ICP).
- Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP).

Las instalaciones de enlace están definidas por las ITC que van desde la ITC-BT-12 hasta la ITC-BT-17 del REBT.

En la figura 4 se muestra el esquema de la instalación de enlace para varios usuarios con contadores centralizados, como el que se va a realizar en el presente proyecto.



Leyenda

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Red de distribución. | 8 Derivación individual. |
| 2 Acometida. | 9 Fusible de seguridad. |
| 3 Caja general de protección. | 10 Contador. |
| 4 Línea general de alimentación. | 11 Caja para interruptor de control de potencia. |
| 5 Interruptor general de maniobra. | 12 Dispositivos generales de mando y protección. |
| 6 Caja de derivación. | 13 Instalación interior. |
| 7 Emplazamiento de contadores. | |

Figura 4. Esquema de la instalación de enlace para varios usuarios con contadores centralizados [ITC-BT-12].

1.8.3.1 Caja General de Protección (CGP)

Las CGP son cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación (LGA). Son el límite entre la propiedad del usuario y la empresa suministradora.

Siguiendo la normativa de Iberdrola (empresa suministradora) y la ITC-BT-13 se establece lo siguiente:

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

El proyecto presente tendrá una acometida subterránea como la de la figura 5, por lo que la CGP se instalará en un nicho en la pared cerrado con una puerta metálica con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente y protegida contra la corrosión. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo. En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.

La CGP se instalará en una zona del edificio próxima a la red de distribución pública, previo acuerdo entre Iberdrola y la propiedad, quedando alejada de otras instalaciones como de agua o gas según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.

Los usuarios o el instalador electricista autorizado sólo tendrán acceso y podrán actuar sobre las conexiones con la línea general de alimentación, previa comunicación a la empresa suministradora.

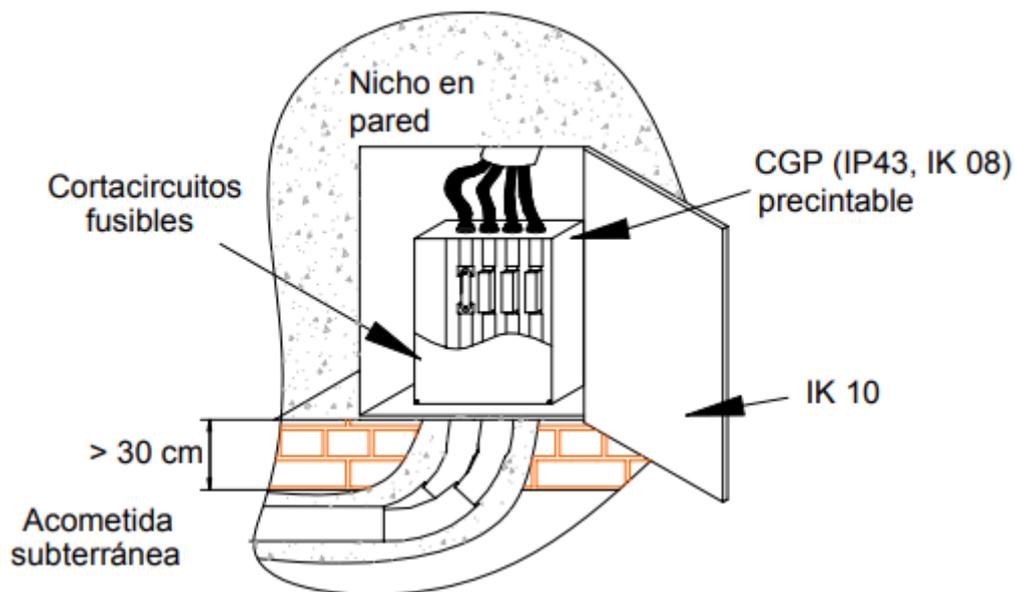


Figura 5. Caja General de Protección (CGP) con acometida subterránea [ITC-BT-13]

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda

de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

El esquema de caja general de protección a utilizar estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación y lo determinará la empresa suministradora.

Se utilizarán las cajas generales de protección que cumplan las normas UNE recogidas en la ITC-BT 13.

En el edificio se utilizará únicamente una caja general de protección, dado que solamente se dispondrá de una línea general de alimentación.

En el apartado de “Cálculos” de este proyecto, los fusibles elegidos para la CGP que van a proteger la LGA con una corriente nominal de 250 A son del tipo “Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac (NH00-250 gG)” del catálogo de la multinacional “Siemens”. Los tres fusibles presentes en la CGP serán de la clase gG, que son fusibles de protección integral para aplicaciones generales.

1.8.3.2 Línea General de Alimentación (LGA)

La LGA es aquella que enlaza la Caja General de Protección con la centralización de contadores. De una misma línea general de alimentación pueden hacerse derivaciones para distintas centralizaciones de contadores, aunque en este proyecto sólo habrá una centralización de contadores. Está definida por la ITC-BT-14.

Las líneas generales de alimentación estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN-60.439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

En estos casos los tubos y canales, así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21. Las canalizaciones incluirán en cualquier caso el conductor de protección.

En referencia a su instalación, hay que seguir las siguientes directrices:

- El trazado de la LGA será lo más corto y rectilíneo posible, discurriendo por zonas de uso común.
- Cuando se instalen en el interior de tubos, su diámetro en función de la sección del cable a instalar será el que se indica en la tabla 2.

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
	25	110
	35	110
	50	125
	70	140
	95	140
	120	160
	150	160
	185	180
	240	200

Tabla 2. Diámetro exterior de los tubos en función de las secciones [ITC-BT-14]

- Las dimensiones de otros tipos de canalizaciones deberán permitir la ampliación de la sección de los conductores en un 100%.
- En instalaciones de cables aislados y conductores de protección en el interior de tubos enterrados se cumplirá lo especificado en la ITC-BT-07, excepto en lo indicado en la presente instrucción.
- Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas o embutidas, de modo que no puedan separarse los extremos.
- Cuando la LGA discurra verticalmente lo hará por el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica empotrado o adosado al hueco de la escalera por lugares de uso común. La LGA no podrá ir adosada o empotrada a la escalera o zona de uso común cuando estos recintos sean protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96. Se evitarán las curvas, los cambios de dirección y la influencia térmica de otras canalizaciones del edificio. Este conducto será registrable y precintable en cada planta y se establecerán cortafuegos cada tres plantas, como mínimo y sus paredes tendrán una resistencia al fuego de RF 120 según NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30. Las dimensiones mínimas del conducto serán de 30 x 30 cm y se destinará única y exclusivamente a alojar la línea general de alimentación y el conductor de protección.

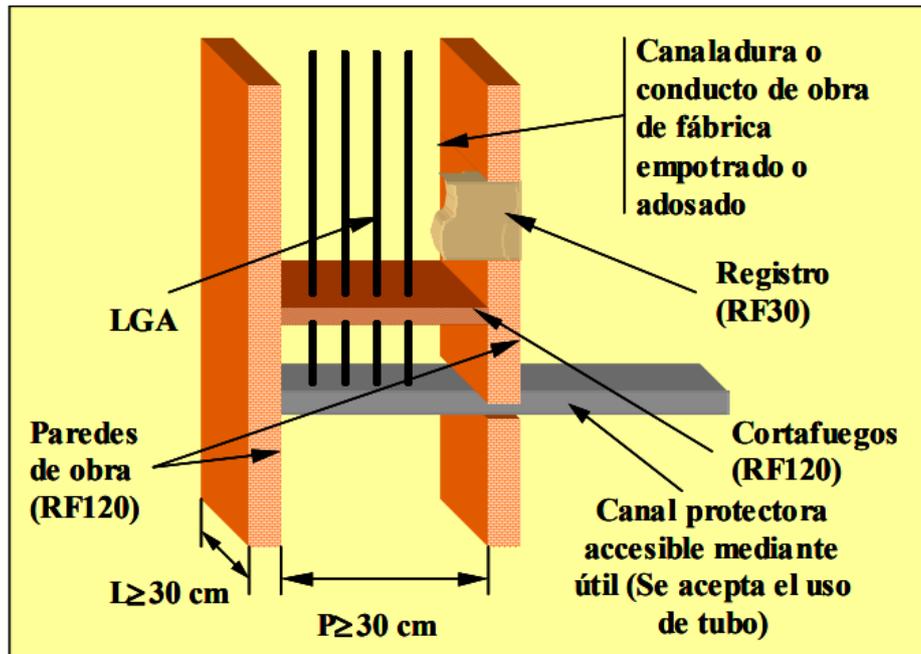


Figura 6. Instalación de la LGA utilizando canal o tubo [ITC-BT-14]

Respecto a los cables a utilizar en la LGA:

- Los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV.
- Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.
- Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5 cumplen con esta prescripción.
- Siempre que se utilicen conductores de aluminio, las conexiones de este deberán realizarse utilizando las técnicas apropiadas que eviten el deterioro del conductor debido a la aparición de potenciales peligrosos originados por los efectos de los pares galvánicos.
- La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes, exceptuándose las derivaciones realizadas en el interior de cajas para alimentación de centralizaciones de contadores. La sección mínima será de 10 mm² en cobre o 16 mm² en aluminio.
- Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta, tanto la máxima caída de tensión permitida, como la intensidad máxima admisible.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- La caída de tensión máxima permitida será: para las LGA destinadas a contadores totalmente centralizados un 0,5% y para las LGA destinadas a centralizaciones parciales de contadores un 1%.
- Para la sección de conductor neutro se tiene en cuenta el máximo desequilibrio, las corrientes armónicas y su comportamiento en función de las protecciones presentes. El conductor neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50% de la sección del conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en la tabla 2 adjunta anteriormente.

La NTE-IEB recomienda que la carga máxima a transportar por una Línea General de Alimentación sea de 150 kW. En el caso de que la carga supere estos valores se contará con varias LGA.

En este proyecto, la potencia a transportar es de 147 kW (inferior a 150 kW), por lo que se dispondrá únicamente de una Línea General de Alimentación.

Los contadores son totalmente centralizados, por lo que la caída de tensión máxima permitida para la LGA es de 0,5%.

Los resultados obtenidos en el apartado “Cálculos” del proyecto hacen necesaria una LGA trifásica de 30 m con sección de fase de 120 mm² con un neutro de 70 mm².

1.8.3.3 Centralización de Contadores (CC)

El edificio que se va a construir es destinado a viviendas y locales comerciales, por lo que se ha tomado la decisión de utilizar unos contadores centralizados ubicados en armarios.

De acuerdo con la ITC-BT-16, deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida y disponer de ventilación interna para evitar condensaciones.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador.

Los cables serán de 6 mm² de sección, salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que afecta a previsión de cargas y caídas de tensión, en cuyo caso

la sección será mayor. Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21.022, con un aislamiento seco.

Dado que el edificio tiene menos de 12 plantas, la ubicación de los contadores será en un local situado en la planta baja destinado únicamente a este fin, dentro de un armario (número de contadores superior a 16). El local cumplirá con las condiciones de protección contra incendios que establece la NBE-CPI-96 para locales de riesgo especial bajo.

El armario tendrá los siguientes requisitos:

- Desde la parte más saliente del armario hasta la pared opuesta deberá respetarse un pasillo de 1,5 m como mínimo.
- Los armarios tendrán una característica parallamas mínima, PF 30.
- Las puertas de cierre dispondrán de la cerradura que tenga normalizada la empresa suministradora.
- Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente y en sus inmediaciones, se instalará un extintor móvil. También se colocará una toma de corriente con toma de tierra de 16 A para servicios de mantenimiento.

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de medida, mando, control (ajeno al ICP) y protección de todas y cada una de las derivaciones individuales que se alimentan desde la propia concentración.

La propiedad del edificio o el usuario tendrán, en su caso, la responsabilidad del quebranto de los precintos que se coloquen y de la alteración de los elementos instalados que quedan bajo su custodia en el local o armario en que se ubique la concentración de contadores.

La colocación de la concentración de contadores se realizará de tal forma que desde la parte inferior de la misma al suelo haya como mínimo una altura de 0,25 m y el cuadrante de lectura del aparato de medida situado más alto, no supere el 1,80 m.

Las concentraciones están formadas por las siguientes unidades funcionales eléctricas (esquematisadas en la figura 7):

- Unidad funcional de interruptor general de maniobra: Deja fuera de servicio toda la concentración de contadores en caso de necesidad. Se instala entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores. Habrá un interruptor por cada LGA.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad: Contiene el embarrado general de la concentración y los fusibles de seguridad correspondiente a todos los suministros que estén conectados al mismo.
- Unidad funcional de medida: Contiene los contadores, interruptores horarios y/o dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica.
- Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida de las DI: Contiene el embarrado de protección donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual, así como los bornes de salida de las derivaciones individuales. El embarrado de protección deberá estar señalizado con el símbolo normalizado de puesta a tierra y conectado a tierra.
- Unidad funcional de medida destinada a la medida de la recarga del vehículo eléctrico.

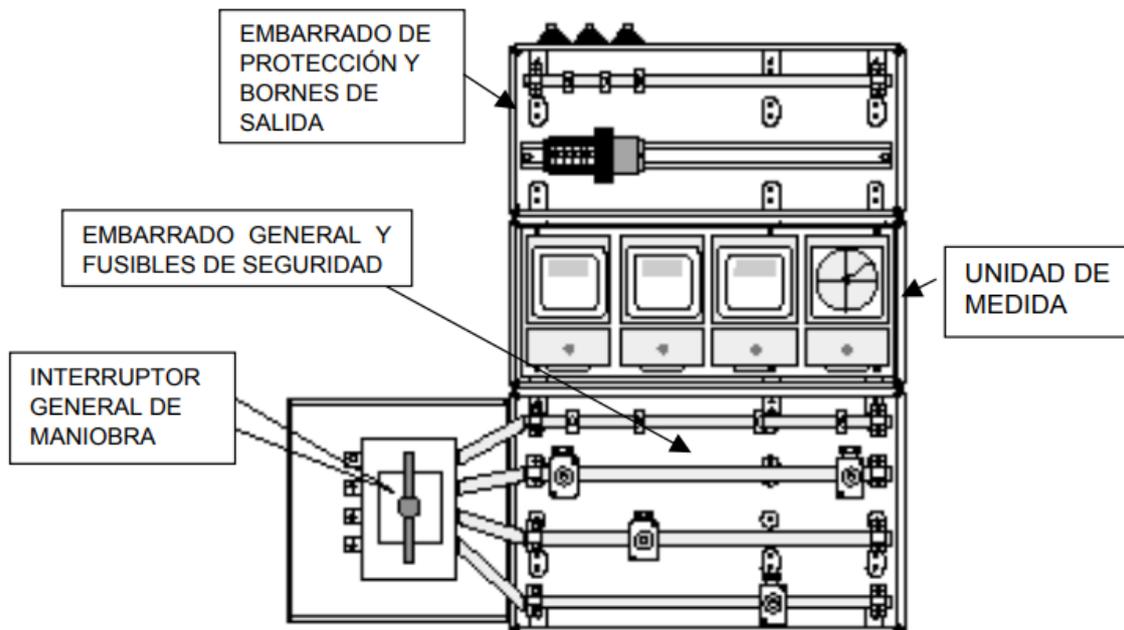


Figura 7. Unidades funcionales principales de una centralización de contadores [ITC-BT-16]

En el apartado de “Cálculos” de este proyecto, los fusibles elegidos para las derivaciones individuales ubicados en la centralización de contadores correspondientes a cada una de las viviendas tienen una corriente nominal de 32 A y son del tipo “NH00-32 de clase gG” elegidos del catálogo de “Siemens”. Las corrientes nominales varían para el resto de las derivaciones individuales: Local 1 (100 A), Local 2 (50 A), Garaje (100 A), Servicios generales (16 A) y Estaciones de recarga (200 A).

1.8.3.4 Derivaciones Individuales (DI)

Según la ITC-BT-15, la derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Las DI están constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.

Los tubos y canales, así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21 y las canalizaciones incluirán el conductor de protección.

Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios. En la figura 8 se puede ver una instalación de enlace de un edificio de viviendas.

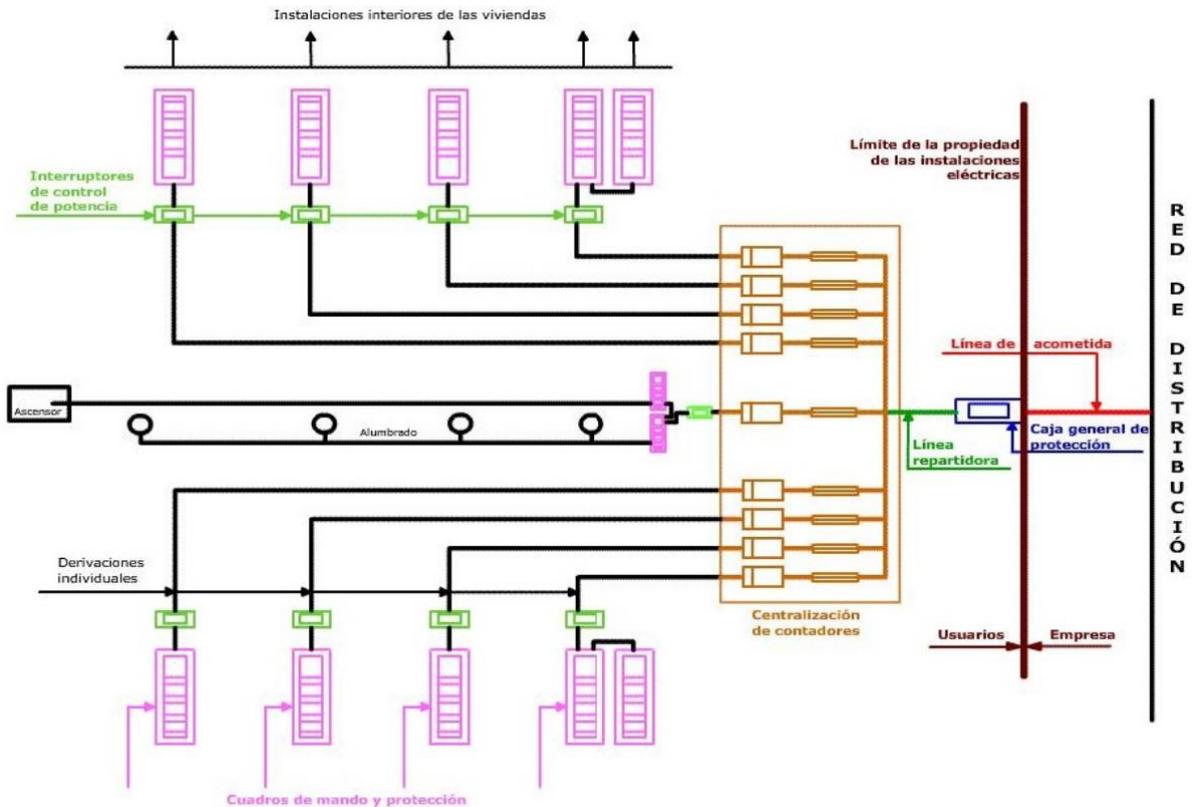


Figura 8. Instalación de enlace de un edificio de viviendas

Respecto a la instalación de las derivaciones individuales:

- Los tubos y canales protectoras tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%. En las mencionadas condiciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm.
- Se dispondrá de un tubo de reserva por cada diez derivaciones individuales o fracción, desde las concentraciones de contadores hasta las viviendas o locales, para poder atender fácilmente posibles ampliaciones.
- Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas, o embutidas, de manera que no puedan separarse los extremos.
- En el caso de edificios destinados principalmente a viviendas, en edificios comerciales, de oficinas, o destinados a una concentración de industrias, las derivaciones individuales deberán discurrir por lugares de uso común, o en caso contrario quedar determinadas sus servidumbres correspondientes.
- Cuando las derivaciones individuales discurran verticalmente se alojarán en el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica con paredes de

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

resistencia al fuego RF 120, preparado única y exclusivamente para este fin, que podrá ir empotrado o adosado al hueco de escalera o zonas de uso común, salvo cuando sean recintos protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96, careciendo de curvas, cambios de dirección, cerrado convenientemente y precintables.

- Las dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica se ajustarán a la tabla 3:

Número de derivaciones	DIMENSIONES (m)	
	ANCHURA L (m)	
	Profundidad P = 0,15 m Una fila	Profundidad P = 0,30 m Dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13-24	1,25	0,65
25-36	1,85	0,95
36-48	2,45	1,35

Tabla 3. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto [ITC-BT-15]

- La altura mínima de las tapas registro será de 0,30 m y su anchura igual a la de la canaladura. Su parte superior quedará instalada, como mínimo, a 0,20 m del techo. Con objeto de facilitar la instalación, cada 15 m se podrán colocar cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos de derivación individual, en las que no se realizarán empalmes de conductores.

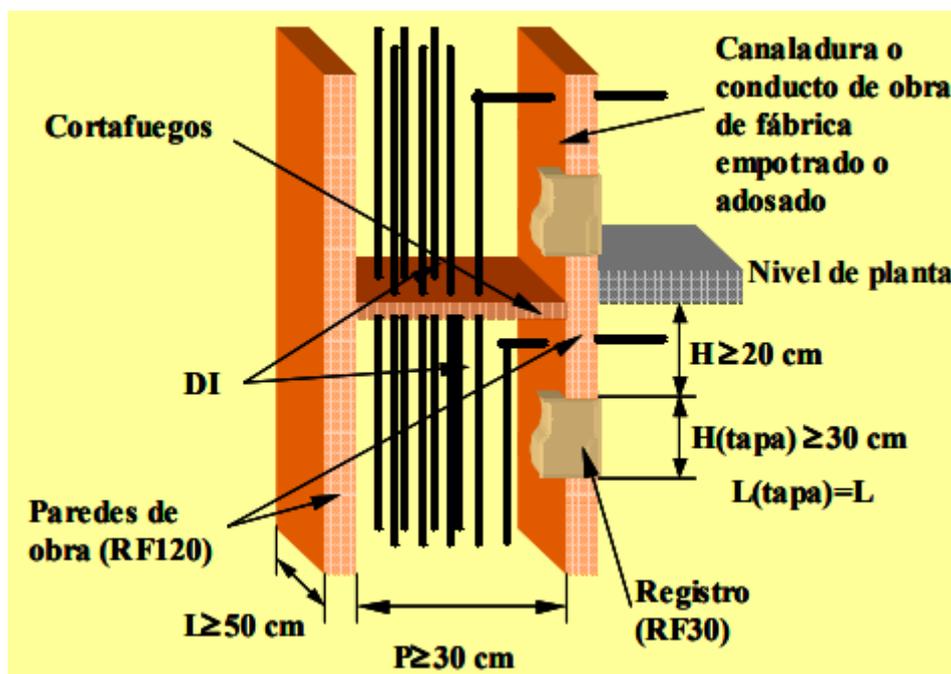


Figura 9. Instalación de DI utilizando canal o tubo [ITC-BT-15]

Respecto a los cables a utilizar en la DI:

- El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro, así como el conductor de protección. Cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.
- Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.
- Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.
- Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.
- Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.
- La sección mínima será de 6 mm² para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm² para el hilo de mando, que será de color rojo.
- En la figura 9 se muestra un esquema de la instalación de una derivación individual utilizando canal o tubo.

El proyecto dispone de 17 derivaciones individuales (12 para viviendas, 2 para los locales comerciales, 1 para el garaje, 1 para los servicios generales y 1 para las estaciones de recarga de vehículos eléctricos), por lo que las dimensiones de la canaladura siguiendo la tabla 3 será de:

- Profundidad = 0,15 m
- Anchura = 1,25 m

En el apartado “Cálculos” del proyecto se exponen todas las características (secciones, caídas de tensión, etc.) de las distintas derivaciones individuales.

1.8.3.5 Interruptor de Control de Potencia (ICP) y Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP)

- Interruptor de control de potencia (ICP): dispositivo magnetotérmico para controlar que la potencia realmente demandada no supere a la contratada. Se utiliza para suministros de baja tensión y hasta una intensidad de 63 A. Las dimensiones de la caja del ICP de forma estándar son de: 270x150x60mm.

Por otro lado, según la ITC-BT-17, los dispositivos generales de mando y protección (DGMP) se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario. En viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

En viviendas, deberá preverse la situación de los DGMP junto a la puerta de entrada y en los locales comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.

La altura a la cual se situarán los DGMP de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m para viviendas. En locales comerciales la altura mínima será de 1 m desde el nivel del suelo.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores. Estos dispositivos serán, como mínimo:

- Interruptor general automático de corte omnipolar (IGA): permite su accionamiento manual y está dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia. Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.
- Interruptor diferencial general (ID): protege a las personas de derivaciones producidas por contactos directos (con partes activas de la instalación) e indirectos (derivaciones por falta de aislamiento de partes activas) en todos los circuitos. Presenta una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Dispositivos de corte omnipolar: protegen contra sobrecargas y cortocircuitos en los circuitos interiores.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.
- Pequeño interruptor automático (PIA): protegen los circuitos eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas en sustitución de los fusibles, debido a la ventaja que supone que no es necesario reemplazarlos tras su uso.

Estos dispositivos se pueden ver en el cuadro eléctrico de la figura 10, el ICP a la izquierda y el DGMP a la derecha de la figura.

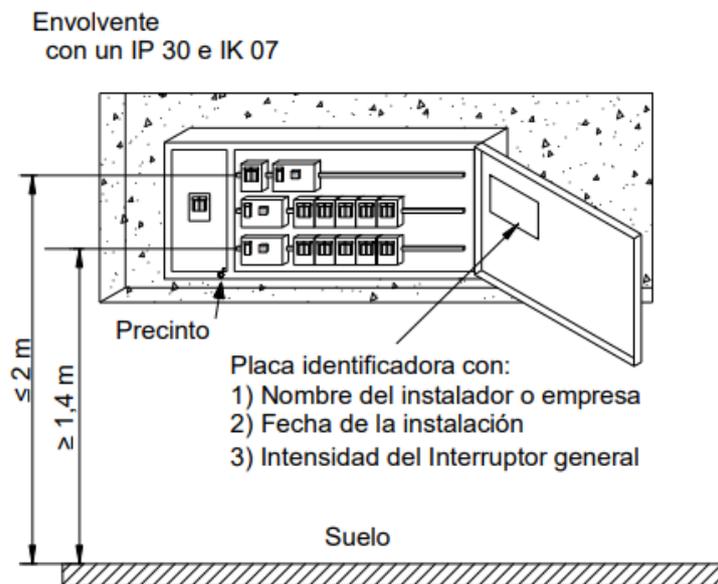


Figura 10. Cuadro general de mando y protección [ITC-BT-17]

Si se instala un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC-BT-24.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

Las dimensiones del cuadro eléctrico de una vivienda de electrificación básica son de: 307x217x107mm.

1.8.4 Instalación interior

1.8.4.1 Instalación eléctrica de las viviendas

Como se ha expuesto anteriormente, las viviendas del edificio del proyecto tendrán un grado de electrificación básico. Siguiendo la ITC-BT-25, los circuitos independientes estarán protegidos cada uno de ellos por un interruptor automático de corte omnipolar con accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos con una intensidad asignada.

En función de la previsión de carga, la intensidad nominal del interruptor general automático es de 25 A y se extrae de la tabla 4:

Electrificación	Potencia (W)	Calibre interruptor general automático (IGA) (A)
Básica	5750	25
	7360	32
Elevada	9200	40
	11500	50
	14490	63

Tabla 4. Intensidad del IGA en función de la potencia [Guía ITC-BT-25]

Del mismo modo, la intensidad del ICP es de 25 A y se extrae de la tabla 5 en función de la potencia normalizada para un suministro de 230V:

CALIBRE DEL ICP Intensidad (A)	POTENCIA NORMALIZADA (W)	
	Suministro 230 V	Suministro 400V
5	1.150	3.464
7,5	1.725	5.196
10	2.300	6.928
15	3.450	10.392
20	4.600	13.856
25	5.750	17.321
30	6.900	20.785
35	8.050	24.249
40	9.200	27.713
45	10.350	31.177
50	11.500	34.641
63	14.490	43.648

Tabla 5. Intensidad del ICP en función de la potencia [Guía ITC-BT-25]

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

El interruptor diferencial tendrá una sensibilidad de 30 mA y una intensidad igual o superior a la del interruptor automático. En este caso tomamos una intensidad igual al IGA, de 25 A.

Los 5 circuitos independientes de distribución interna de la electrificación básica son los siguientes:

- **C1:** Circuito destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático de 10 A.
- **C2:** Circuito destinado a las tomas de corriente y al frigorífico. Interruptor automático de 16 A.
- **C3:** Circuito destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático de 25 A.
- **C4:** Circuito destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico. Interruptor automático de 20 A. Se divide en tres circuitos independientes.
- **C5:** Circuito destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares de la cocina. Interruptor automático de 16 A.

Un ejemplo de un esquema unifilar de una vivienda con electrificación básica se puede obtener en la ITC-BT-25, representado en la figura 11:

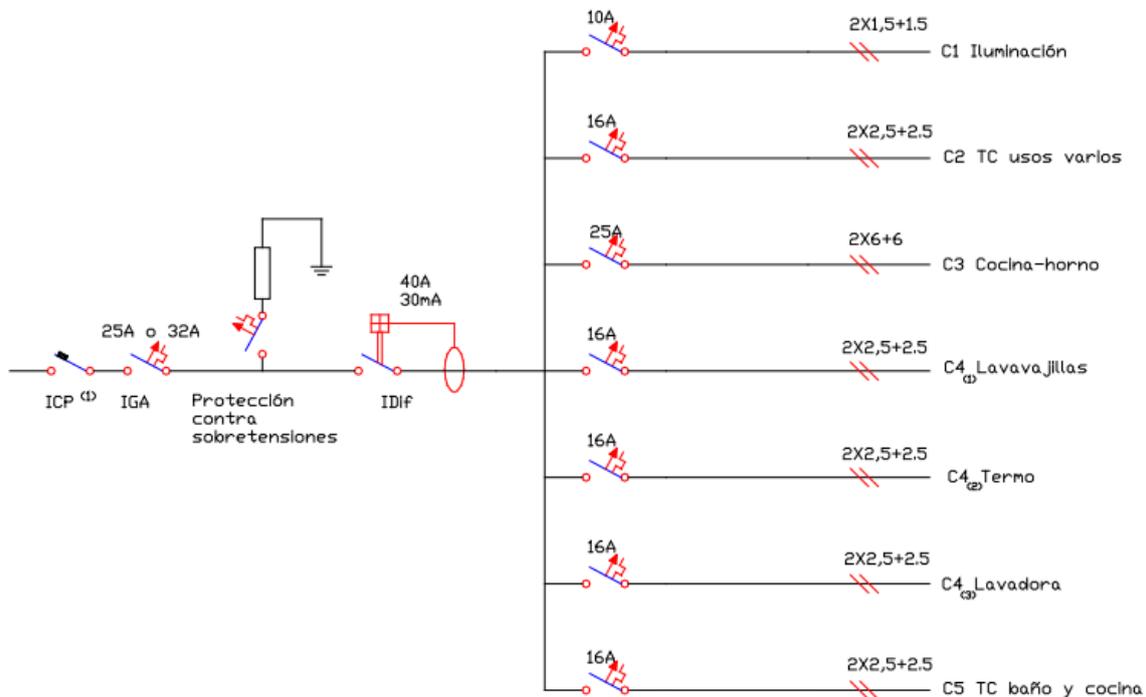


Figura 11. Esquema unifilar de una vivienda con electrificación básica [ITC-BT-25]

La sección mínima por circuito indicada en la tabla 6 está calculada para un número limitado de puntos de utilización.

Los cálculos y demás características de cada circuito de las viviendas se verán en el apartado “Cálculos” de este proyecto.

Cada accesorio o elemento del circuito en cuestión tendrá una corriente asignada, no inferior al valor de la intensidad prevista del receptor o receptores a conectar.

Los conductores serán de cobre y su sección será como mínimo la indicada en la tabla 6, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3%. Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito y para una distancia correspondiente a la del punto de utilización más alejado del origen de la instalación interior.

Por tanto, los conductores empleados en la instalación eléctrica de la vivienda serán de clase H07V-K (no es propagador de llama) de cobre. Estarán alojados en un tubo aislante flexible y empotrado.

Todas las viviendas del edificio del proyecto son iguales, por lo que las características de la instalación eléctrica de cada vivienda dividida en circuitos independientes quedan definidas en la tabla 6:

Circuito	C1	C2	C3	C4	C5
Potencia por toma (W)	200	3450	5400	3450	3450
Nº tomas utilizadas	9	13	2	2	5
F_s	0,75	0,2	0,5	0,66	0,4
F_u	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5
Potencia circuito (W)	675	2242,5	4050	3415,5	3450
Nº tomas máximas	30	20	2	3	6

Longitud (m)	14	12	6	7	14
Tipo de toma	Punto luz	Base 16A 2p+T	Base 25A 2p+T	Base 16A 2p+T	Base 16A 2p+T
Interruptor automático (A)	10	16	25	20	16
Sección conductores (mm²)	1,5	2,5	6	4	2,5
Diámetro tubo (mm)	16	20	25	20	20

Tabla 6. Características eléctricas de los circuitos

1.8.4.1.1 Cuartos de baño

Las particularidades de los locales que contienen ducha o bañera se especifican en la ITC-BT-27. Se tendrán en cuenta los volúmenes definidos en los apartados 2.1 y 4 de esta ITC, mientras que para la instalación eléctrica se tendrá en cuenta el apartado 2.3 de esta misma ITC.

Todos los puntos de luz y tomas de corriente instalados en los baños irán conectados a tierra. También se dispondrá de una red de equipotencialidad para conectar entre sí y a la red del conductor de protección de la instalación interior todos los elementos metálicos accesibles.

1.8.4.2 Instalación eléctrica del garaje

Los circuitos que forman parte de la instalación eléctrica del garaje son:

- Alumbrado del garaje.
- Motor de la puerta del garaje.
- Sistema de extracción de aire (ventilación forzada).
- Sistema de detección de monóxido de carbono (CO).
- Sistema de detección de incendios.

Según el CTE, el arranque de los sistemas de extracción debe producirse por cualquiera de estas razones, priorizando la señal de detección de incendios:

- Señal de la central de incendios debido a la activación de cualquiera de los detectores.
- Señal de la central de detección de CO supera ciertos límites preestablecidos.
- Puesta en marcha periódica de los ventiladores para renovar el aire de los garajes evitando la formación de atmósferas explosivas.
- Accionamiento manual de un interruptor dispuesto para la ventilación.

El conductor elegido para la instalación eléctrica de los garajes es un conductor de cobre tipo RZ1-K, debido a su alta seguridad frente a incendios. Su tensión asignada es de 0,6/1 kV. La instalación se realizará bajo tubo empotrado en obra.

La clasificación de los garajes en función de la posibilidad de formación de una atmósfera explosiva se realiza siguiendo la ITC-BT-29 y la norma UNE-EN-60079-10. Dada la presencia de vehículos de motor y la posibilidad de fugas de materiales ignífugos, es preciso estudiar la posibilidad de generación de una atmósfera explosiva y dotar al local de los medios suficientes para conseguir su desclasificación como locales de riesgo de incendio o explosión.

Los resultados obtenidos en el apartado de “Cálculos” del proyecto para la instalación eléctrica del garaje, siguiendo las especificaciones de la ITC-BT-28, se exponen en la tabla 7:

Circuito	P (W)	V (V)	I (A)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	IA	Diám. Tubo (mm)
Alumbrado	240	230	1,04	22	3x1,5	0,68/0,29	2x6	16
Motor puerta	200	400	0,36	10,5	5x1,5	0,08/0,02	4x6	20
Extracción	6.420	400	11,6	8	5x1,5	1,9/0,48	4x16	20
Detec. CO	120	230	0,52	9	3x1,5	0,14/0,06	2x6	16
Detec. incendios	100	230	0,43	9	3x1,5	0,12/0,05	2x6	16

Tabla 7. Características de los circuitos del garaje

La incorporación al garaje de la instalación eléctrica para las estaciones de carga de vehículos eléctricos se tratará con más detenimiento en el “Anexo 2” del presente proyecto, siguiendo la instrucción ITC-BT-52. Esta instalación contará con una derivación individual independiente que partirá de la centralización de contadores.

1.8.4.3 Instalación eléctrica de los servicios generales

Los circuitos que forman parte de los servicios generales son:

- Alumbrado del portal.
- Alumbrado de la escalera.
- Alumbrado de los rellanos.
- Alumbrado de los cuartos de propiedad comunitaria.
- Motor y alumbrado del ascensor.
- Tomas de corriente comunitarias.
- Portero automático.

El conductor elegido para la instalación eléctrica de los servicios generales es un conductor de cobre tipo RZ1-K, debido a su alta seguridad frente a incendios. Su tensión asignada es de 0,6/1 kV. La instalación se realizará bajo tubo empotrado en obra.

Según la ITC-BT 19, para las instalaciones interiores o receptores la caída de tensión máxima para particulares es del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de las viviendas y para otras instalaciones interiores o receptoras se trata del 3 % para el alumbrado y del 5 % para los demás usos. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales.

Los resultados obtenidos en el apartado de “Cálculos” del proyecto para la instalación eléctrica de los servicios generales se exponen en la tabla 8:

Circuito	P (W)	V (V)	I (A)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	IA	Diám. Tubo (mm)
Al. portal	536	230	2,3	9	3x1,5	0,62/0,27	2x6	16
Al. escalera	184	230	0,8	18	3x1,5	0,43/0,19	2x6	16
Al. plantas	2.384	230	10,4	25	3x2,5	4,6/2,01	2x16	20

Ascensor	4.500	400	6,5	8	5x1,5	1,33/0,33	4x10	20
Tomas de corriente	1.600	230	6,9	12	3x1,5	2,47/1,08	2x10	16
Portero automático	200	230	0,9	10	3x1,5	0,26/0,11	2x6	16

Tabla 8. Características de los circuitos de los servicios generales

1.8.4.4 Instalación eléctrica de los locales comerciales

De los dos locales comerciales de los que se dispone en la planta baja no se sabe cuál va a ser su utilidad, por lo que se deja sin hacer la instalación interior de los locales para que esta sea hecha adaptada al uso del local cuando sea alquilado o comprado.

El cálculo de las DI de los locales se realiza en el apartado de “Cálculos” del proyecto, siguiendo la ITC-BT-10 considerando un mínimo de 100 W/m². Las superficies de nuestros dos locales comerciales son de 109 m² y 187 m², por lo que la potencia prevista para cada uno de ellos será de 10.900 W y 18.700 W respectivamente.

1.8.5 Protección contra sobreintensidades

Según se indica en la instrucción ITC-BT-22, todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Las dos formas básicas de una sobreintensidad son las sobrecargas y los cortocircuitos:

- Protección contra sobrecargas: El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de

protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

- Protección contra cortocircuitos: En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

Se sigue la norma UNE 20.460-4-43 para regular los aspectos requeridos para los dispositivos de protección.

Para la protección contra sobreintensidades en instalaciones domésticas, únicamente se utilizan interruptores automáticos (magnetotérmicos) ya que protegen tanto contra cortocircuitos como contra sobrecargas.

El poder de corte del dispositivo de protección deberá ser mayor o igual a la intensidad de cortocircuito máxima que pueda producirse en el punto de su instalación correspondiente a un cortocircuito trifásico, donde estén ubicados los dispositivos de protección.

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z$$

$$I_2 \leq 1,6I_Z$$

Según la primera condición, la corriente asignada del dispositivo de protección (I_n) debe ser mayor que la corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas en condiciones normales (I_B), pero a su vez menor que la corriente admisible del cable (I_Z). La protección debe dejar pasar la corriente necesaria para que funcione la instalación sin que se alcance la corriente que deteriora el cable.

Según la segunda condición, la corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo (I_2) debe ser menor que 1,45 veces la corriente admisible del cable (I_z).

El valor de la corriente que asegura la actuación del interruptor automático o del fusible para un tiempo largo (I_2) debe ser:

$$I_2 = 1,45I_n \text{ (interruptores automáticos)}$$

$$I_2 = 1,60I_n \text{ (fusibles normalizados)}$$

Cuando se utilicen dispositivos distintos para proteger sobrecargas y cortocircuitos, sus características deben coordinarse par que la energía que deja pasar el dispositivo de protección contra cortocircuitos no supere la que puede soportar sin daño el dispositivo de protección contra sobrecargas.

1.8.5.1 Protecciones de la Caja General de Protección

Los elementos empleados para proteger la CGP son los fusibles. Dado que únicamente habrá una LGA, también habrá solo una CGP.

En el apartado “Cálculos” del proyecto (apartado 2), se obtiene la tabla 9 con el resumen de las protecciones necesarias para la LGA (la CGP protege la LGA):

P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z$ (A)	Sección Fase (mm^2)	Sección Neutro (mm^2)	ΔV (V/%)	Diámetro tubo (mm)
147.342	236,3	250	284	400	411,8	3x120	70	2,04/0,51	160

Tabla 9. Cálculos para la LGA

Los fusibles elegidos para la CGP, con una corriente nominal de 250 A, son del tipo “Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac (NH00-250 gG)” del catálogo de la multinacional “Siemens”. Los tres fusibles presentes en la CGP serán de la clase gG, que son fusibles de protección integral para aplicaciones generales.

1.8.5.2 Protecciones de la Centralización de Contadores

Al inicio de cada derivación individual hay un fusible de seguridad que protege cada una de estas derivaciones cuando se producen sobreintensidades.

En el apartado “Cálculos” del proyecto se han calculado las características que necesita cada derivación individual y se ha optado por usar los siguientes tipos de fusibles normalizados mostrados en la tabla 10 en cada una de ellas (catálogo Siemens):

DI	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	1,45 * I_z (A)	Fusibles	Seccio nes (mm ²)	ΔV (V/%)	Diám. Tubos (mm)
1A	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,39/0,6	25
1B	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,2/0,52	25
1C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,11/0,48	25
2A	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,2/0,52	25
2B	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,76/0,76	25
2C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,66/0,72	25
3A	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,5/0,65	25
3B	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,39/0,6	25
3C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	2,22/0,97	25
4A	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,83/0,79	25
4B	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,94/0,84	25
4C	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,78/0,78	25
Local 1	18.700	81,3	100	116	160	168	NH00-100 gG	3x25	1,59/0,69	32
Local 2	10.900	47,4	50	116	80	168	NH00-50 gG	3x25	2,19/0,95	32

Garaje	7.080	10,2	16	44	25,6	63,8	NH00-16 gG	5x6	0,52/0,13	75
Servicios generales	9.337	14,9	16	44	25,6	63,8	NH00-16 gG	5x6	0,3/0,08	75
Estaciones de carga	44.400	193	200	224	320	324,8	NH00-200 gG	3x70	0,98/0,43	50

Tabla 10. Cálculos de los fusibles de las derivaciones individuales

Resumiendo, en total son necesarios:

- 12 fusibles NH00-32 gG.
- 2 fusibles NH00-100 gG.
- 1 fusible NH00-50 gG.
- 2 fusibles NH00-16 gG.
- 1 fusible NH00-200 gG.

1.8.5.3 Protecciones de los cuadros de las viviendas

Anteriormente se ha definidos varios dispositivos de protección para cada una de las viviendas (Un ICP de 25 A, un IGA de 25 A y un ID de 25 A con sensibilidad de 30 mA). Además de estos dispositivos de protección, hay que añadir un interruptor magnetotérmico (PIA) para cada uno de los circuitos de cada vivienda.

Los PIA seleccionados en el apartado “Cálculos”, obtenidos del catálogo de Siemens, son los expuestos en la tabla 11:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z (A)$	PIA	Secciones (mm^2)	Diám. Tubos (mm)
C1	675	2,9	10	15	14,5	21,7	Siemens-10A	3x1,5	16
C2	2.242,5	9,75	16	21	23,2	30,4	Siemens-16A	3x2,5	20
C3	4.050	17,6	25	36	36,2	52,2	Siemens-25A	3x6	25
C4	3.415,5	14,8	20	27	29	39,1	Siemens-20A	3x4	20

C5	3.450	15	16	21	23,2	30,4	Siemens-16A	3x2,5	20
-----------	-------	----	----	----	------	------	-------------	-------	----

Tabla 11. Cálculos de los cuadros de las viviendas

1.8.5.4 Protecciones del cuadro del garaje

El cuadro de protección del garaje dispondrá de un ICP tetrapolar de 32 A, un IGA tetrapolar de 32 A y un ID tetrapolar de 40 A con sensibilidad de 30 mA. Al igual que para las viviendas, habrá un interruptor magnetotérmico (PIA) por cada uno de los circuitos interiores. Los resultados de los circuitos del garaje del apartado de “Cálculos” se exponen en la tabla 12:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	1,45 * I_z (A)	PIA	Secciones (mm ²)	Diám. Tubos (mm)
Alumbrado	240	1,04	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Motor puerta	200	0,36	6	18	8,7	26,1	Siemens-6A	5x1,5	20
Extracción	6.420	11,6	16	18	23,2	26,1	Siemens-16A	5x1,5	20
Detección CO	120	0,52	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Detección incendios	100	0,43	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16

Tabla 12. Cálculos de los circuitos del garaje

1.8.5.5 Protecciones del cuadro de los servicios generales

El cuadro de protección de los servicios generales dispondrá de un ICP de 32 A, un IGA de 32 A y un ID de 40 A con sensibilidad de 30 mA. Además, habrá un PIA por cada uno de los circuitos independientes. Los resultados de los circuitos de los servicios generales del apartado de “Cálculos” se exponen en la tabla 13:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	1,45 * I_z (A)	PIA	Seccio nes (mm^2)	Diám. Tubos (mm)
Al. portal	536	2,3	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Al. escalera	184	0,8	6	21	8,7	26,1	Siemens-6A	3x1,5	16
Al. plantas	2.384	10,4	16	29	23,2	42,1	Siemens-16A	3x2,5	20
Ascensor	4.500	6,5	10	18	14,5	26,1	Siemens-10A	5x1,5	20
Tomas de corriente	1.600	6,9	10	21	14,5	30,4	Siemens-10A	3x1,5	16
Portero automático	200	0,9	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16

Tabla 13. Cálculos de los circuitos de los servicios generales

1.8.6 Corrientes de cortocircuito

Siguiendo las instrucciones de la ITC-BT-22, el funcionamiento de los interruptores automáticos (IA) se define mediante una curva en la que se observan dos tramos:

- Disparo por sobrecarga: característica térmica de tiempo inverso o de tiempo dependiente
- Disparo por cortocircuito: Sin retardo intencionado, caracterizados por la corriente de disparo instantáneo (I_m), también denominados de característica magnética o de tiempo independiente.

En interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas (IA modulares o magnetotérmicos) se definen tres clases de disparo magnético (I_m) según el múltiplo de la corriente asignada (I_n), cuyos valores normalizados son:

- Curva B: $I_m = (3 \div 5) I_n$
- Curva C: $I_m = (5 \div 10) I_n$

- Curva D: $I_m = (10 \div 20) I_n$
- Curva MA: $I_m = 12 I_n$

La curva B tiene su aplicación para la protección de circuitos en los que no se producen transitorios, mientras que la curva D y MA se utiliza cuando se prevén transitorios importantes (arranque de motores). La curva C se utiliza para protección de circuitos con carga mixta y habitualmente en las instalaciones de usos domésticos o análogos. En la figura 12 se ve la gráfica que representa estas curvas mencionadas:

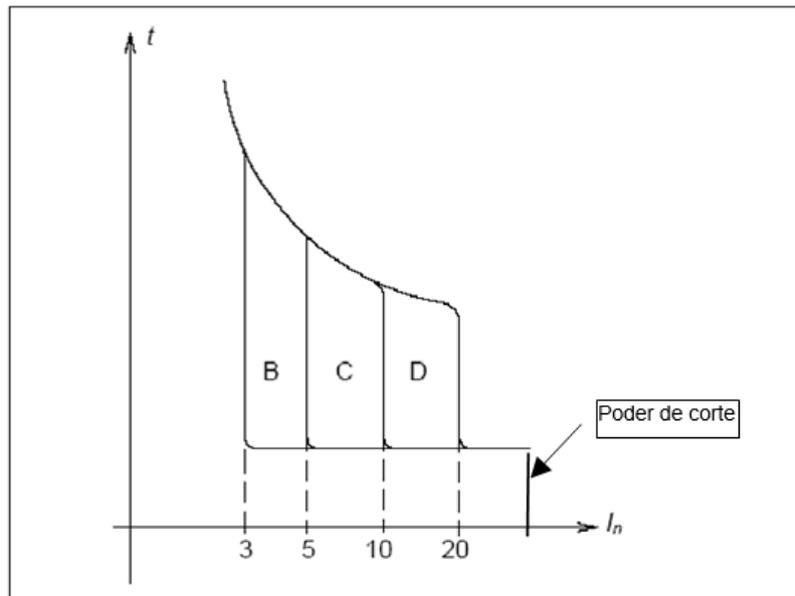


Figura 12. Tipos de disparo magnético de los IA modulares [ITC-BT-22]

En el caso de los fusibles, se clasifican según su curva de fusión mediante dos letras. La primera letra indica la zona de corrientes previstas donde el poder de corte del fusible está garantizado. La segunda letra indica la categoría de empleo en función del tipo de receptor o circuito a proteger. La tabla 14 detalla esta clasificación:

CLASES DE CURVAS DE FUSIÓN		
1ª Letra	g	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada (I_n) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y de cortocircuito
	a	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente ($k_2 I_n$) y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito
2ª Letra	G	Cartuchos fusibles para uso general
	M	Cartuchos fusibles para protección de motores
	Tr	Cartuchos fusibles para protección de transformadores
	B	Cartuchos fusibles para protección de líneas de gran longitud
	R	Cartuchos fusibles para la protección de semiconductores
	D	Cartuchos fusibles con tiempo de actuación retardado

Tabla 14. Clases de curvas de fusión de los fusibles

Las figuras 13 y 14 representan las características tiempo-corriente de los cartuchos fusibles tipo “g” capaces de proteger contra sobrecargas y cortocircuitos, y tipo “a” capaces de proteger solo contra cortocircuitos. Por lo tanto, si se utilizan los de tipo “a” deberán ir acompañados por un elemento de protección contra sobrecargas.

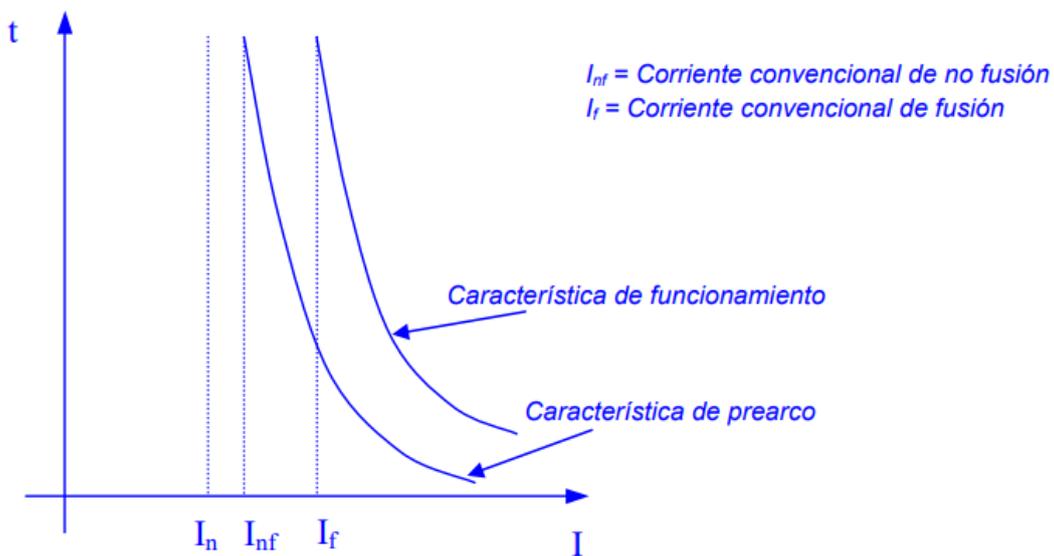


Figura 13. Características tiempo-corriente de un fusible tipo "g" [ITC-BT-22]

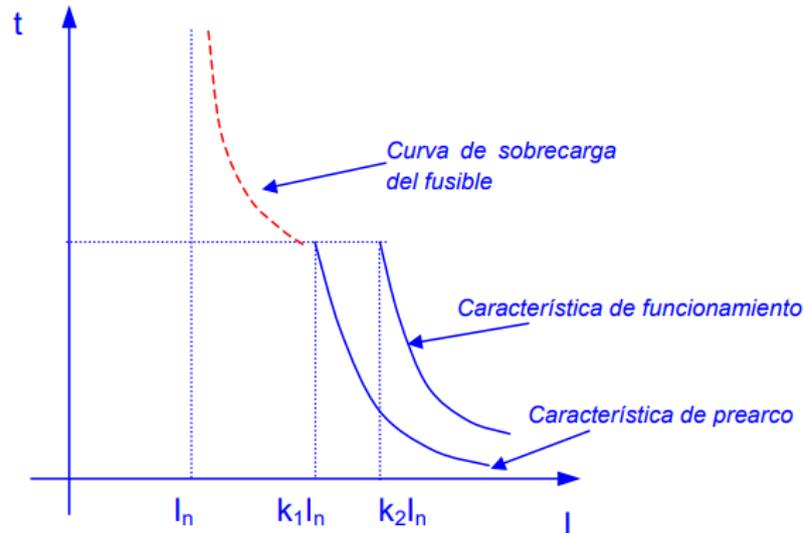


Figura 14. Características tiempo-corriente de un fusible tipo "a" [ITC-BT-22]

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos deben cumplir:

- El poder de corte del dispositivo de protección debe ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito máxima prevista en su punto de instalación, tal y como se ha explicado anteriormente.
- El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura límite admisible.

Para una mayor seguridad y como medida adicional de protección contra el riesgo de incendio, la segunda condición se puede transformar, en el caso de instalar un IA, en la condición siguiente, más restrictiva:

$$I_{cc\ min} > I_m$$

Siendo:

$I_{cc\ min}$: corriente de cortocircuito mínima que se calcula en el extremo del circuito protegida por el IA.

I_m : corriente mínima que asegura el disparo magnético.

Siguiendo el anexo 3 de la guía de BT del REBT, sobre el cálculo de las corrientes de cortocircuito, generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red. Por tanto, se admite que en un cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios es 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto

fase tierra como el más desfavorable y se supone despreciable la inductancia de los cables.

La corriente de cortocircuito se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{0,8 U}{R}$$

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado.

U: Tensión de alimentación fase neutro (230V).

R: Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

La resistencia de fase de la LGA y de la DI se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{2\rho L}{S}$$

ρ : Resistividad del conductor.

L: Longitud del conductor.

S: Sección del conductor.

En el apartado “Cálculos” de este proyecto se han estudiado las corrientes de cortocircuito que pueden aparecer en cada una de las secciones de la instalación eléctrica del edificio. Se ha dimensionado dicha instalación y colocado las protecciones necesarias para que estas corrientes de cortocircuito no puedan dañarla.

1.9 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

En este apartado se va a seguir la ITC-BT-18, referente a las instalaciones de puesta a tierra. Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar a actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

En la figura 15 se ilustra una comparación de instalación con toma tierra y otra sin toma tierra:

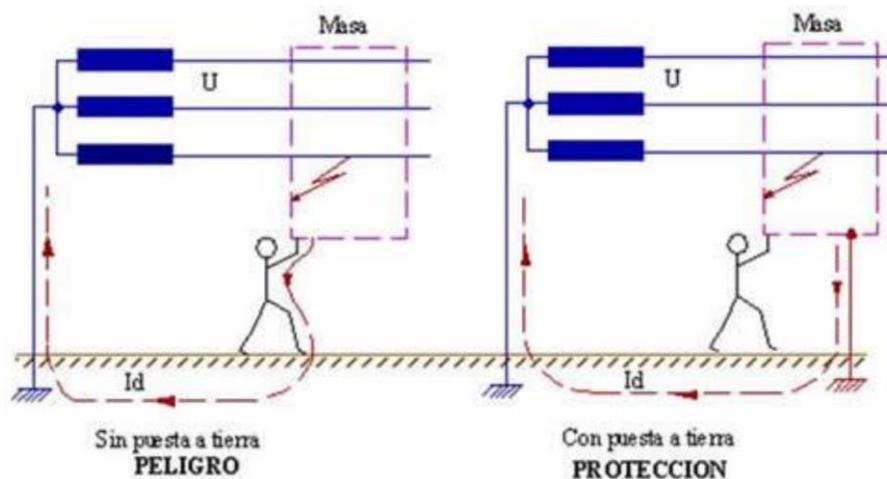
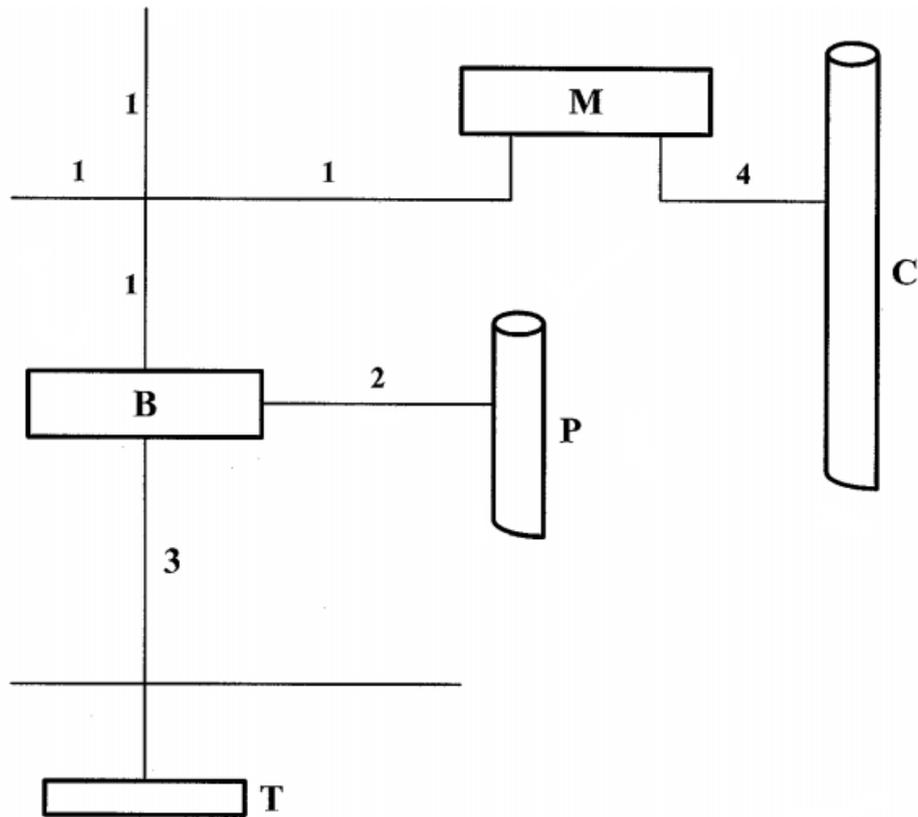


Figura 15. Comparación de instalación con toma tierra y sin ella [Goehring, D.]

En la figura 16 se muestra una representación esquemática de un circuito de puesta a tierra:



Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra.
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

Figura 16. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra [ITC-BT-18]

La unión a tierra de un edificio consta de los siguientes elementos principales:

- Tomas de tierra: Electrodo formado por barras, tubos, placas, anillos, etc. de diversos tipos dependiendo la estructura a proteger. La profundidad de enterramiento de estos elementos debe ser mayor que 0,5 m.
- Conductores de tierra.
- Bornes de puesta a tierra: A este borne deben unirse los conductores de tierra, de protección y de unión equipotencial principal.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Conductores de protección: Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

La ITC-BT-24 del REBT, exige que la tensión de defecto sea inferior a la tensión límite de contacto convencional:

$$R_A * I_A < U$$

R_A : suma de la resistencia de la toma de tierra y los conductores de protección de las masas.

I_A : corriente que asegura el funcionamiento de la protección. Si protegemos con un interruptor diferencial, en viviendas será 30 mA.

U : tensión límite de contacto. (24 V en locales húmedos y viviendas, y 50 V en los demás casos).

En la figura 17 se ve un ejemplo de una estructura de una puesta a tierra de un edificio con varios electrodos:

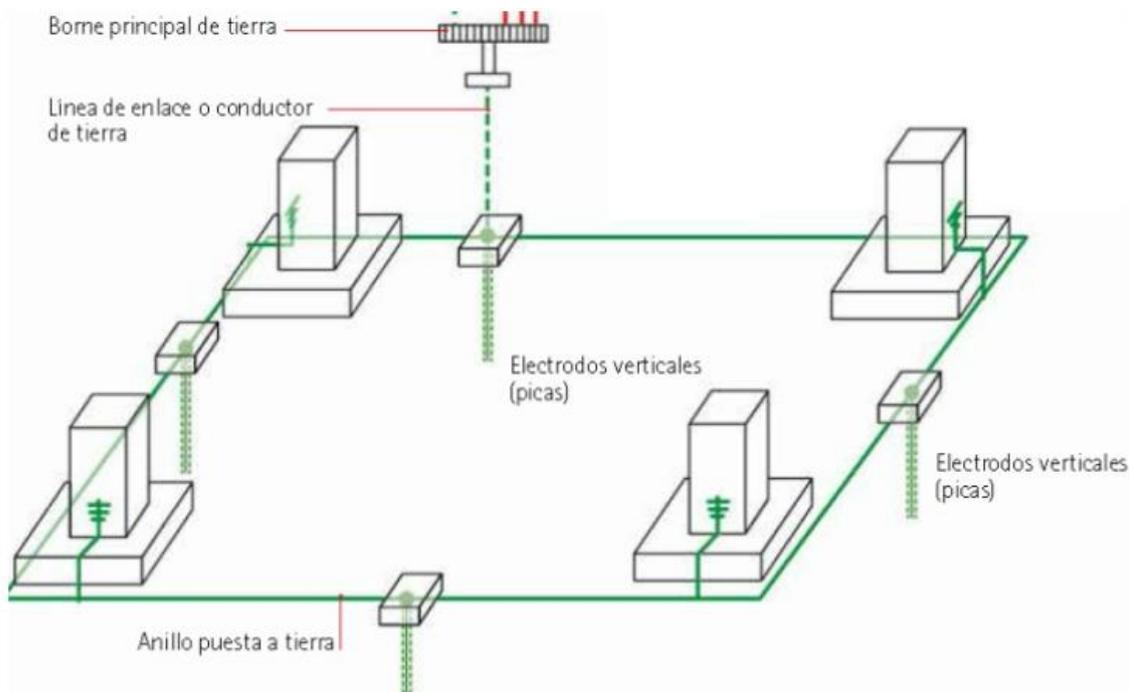


Figura 17. Puesta a tierra de un edificio [IEB (2011)]

Siguiendo la instrucción ITC-BT-26, toda nueva edificación debe tener una toma de tierra de protección, instalando en el fondo de la zanja de cimentación del edificio y antes de empezar la obra de construcción, un cable rígido de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección (siguiendo la ITC-BT-18) formando un anillo cerrado que rodee el edificio. La profundidad mínima de enterramiento del conductor es de 0,5m. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando se necesite disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

Al conductor en anillo o a los electrodos se conectará la estructura metálica del edificio. En caso de que la cimentación se realice con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros, siendo mínimo uno por zapata.

Los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán cumplir que la sección no sea inferior a 25 mm^2 , para el caso de conductores de cobre no protegidos contra la corrosión. Siguiendo con la ITC-BT-18, al borne de tierra deberemos de conectar los conductores de protección, los conductores de unión equipotencial y los conductores de tierra. Los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

En edificios de viviendas existen cinco posibles puntos o bornes de puesta a tierra, pudiendo coexistir varios a la vez, siendo el borne principal el situado en la centralización de contadores.

En el apartado “Cálculos” se dimensiona la instalación de puesta a tierra para el proyecto llevado a cabo utilizando un anillo y varias picas. Se obtienen los siguientes resultados:

La resistencia total, del anillo junto con las picas, es:

$$R_{total} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Anillo}} + \frac{1}{R_{Picas}}} = \frac{1}{\frac{1}{7,4} + \frac{1}{37,5}} = 6,2 \Omega < 37 \Omega$$

Se comprueba que la resistencia total a tierra de la instalación disminuye respecto la resistencia de únicamente el anillo y es menor que la máxima admisible (37Ω).

1.10 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

En el apartado 3 de la ITC-BT-28 del REBT se regula el alumbrado de emergencia obligatorio que han de tener los locales de pública concurrencia, entre las que se incluyen las zonas comunes del edificio (portal, escaleras, rellanos, terrazas, etc.) y el garaje (alberga más de 5 vehículos).

Estas instalaciones tienen la función de asegurar la iluminación de locales y accesos hasta las salidas en caso de fallo del alumbrado habitual. La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.

1.10.1 Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía.

1.10.1.1 Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

1.10.1.2 Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

1.10.2 Alumbrado de reemplazamiento

Parte del alumbrado de emergencia que permite la continuidad de las actividades normales. Cuando el alumbrado de reemplazamiento proporcione una iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

1.10.3 Aparatos autónomos para el alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control. Están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

2. CÁLCULOS

2.1 PREVISIÓN DE CARGAS

Para realizar los cálculos de previsión de cargas se va a seguir la instrucción ITC-BT-10 del REBT. La carga total en un edificio destinado a viviendas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_T = P_V + P_G + P_{SG} + P_{LC}$$

El significado de esta fórmula es que la potencia total del edificio es igual a la suma de la potencia de las viviendas, la del garaje, la de los servicios generales y la de los locales comerciales.

2.1.1 Previsión de cargas de las viviendas

Como se mencionó anteriormente, el grado de electrificación de las viviendas es básico, por lo que a cada una de ellas se le asigna una potencia de 5750 W a 230 V. La potencia total de las viviendas se calcula con la siguiente expresión:

$$P_V = GE * C_S$$

P_V : Potencia total de las viviendas.

GE : Grado de electrificación (W).

C_S : Coeficiente de simultaneidad.

El coeficiente de simultaneidad (C_S) se obtiene de la tabla 15, extraída de la ITC-BT-10:

N.º Viviendas (n)	Coeficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5

Tabla 15. Coeficiente de simultaneidad de viviendas

El edificio del proyecto consta de 12 viviendas, por lo que el coeficiente de simultaneidad será de 9,9. Por tanto, la previsión de cargas de las viviendas es:

$$P_V = GE * C_S = 5.750W * 9,9 = 56.925 W$$

2.1.2 Previsión de cargas del garaje

2.1.2.1 Extracción

Siguiendo el apartado 3.4 de la ITC-BT-10, las cargas del garaje se calculan considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

El garaje del proyecto cuenta con ventilación forzada, por lo que la potencia consumida en la extracción será:

$$P_e = PC * S$$

P_e : Potencia de extracción (W).

PC: Previsión de cargas (W/m^2).

S: Superficie (m^2).

$$P_e = PC * S = 20 \frac{W}{m^2} * 321m^2 = 6.420 W$$

2.1.2.2 Iluminación

La iluminación del garaje consta de 6 unidades de “Pantalla Estanca LED 40W 120 cm Aluminio IP65” del catálogo de “efectoLED”.

$$P_i = 6 \text{ udds} * 40W = 240 W$$

2.1.2.3 Motor de la puerta

Para el motor de la puerta del garaje se utiliza un motor “Motorización Puerta Garaje Basculante Seccional 24Vcc 500N 200W” del catálogo de “ECLATS ANTIVOLTS”.

$$P_m = 200 W$$

2.1.2.4 Central de detección de CO

La potencia de la central de detección de CO elegida es de 120W.

$$P_{CO} = 120 W$$

2.1.2.5 Central de detección de incendios

La potencia de la central de detección de incendios elegida es de 100W.

$$P_{inc} = 100 W$$

2.1.2.6 Suma de la previsión de cargas del garaje

La suma total de la previsión de cargas del garaje anteriormente descritas es:

$$\begin{aligned} P_G &= P_e + P_i + P_m + P_{CO} + P_{inc} = 6.420W + 240W + 200W + 120W + 100W \\ &= 7.080 W \end{aligned}$$

2.1.3 Previsión de cargas de las estaciones de carga de vehículos eléctricos

Para la recarga de vehículos eléctricos se dispondrá de 12 tomas de corriente monofásicas de 3.700W a 16A (una toma por cada plaza de aparcamiento). El modelo elegido es el "EVH2S3P04K Schneider Electric 3,7 kW" del catálogo de "WIAutomation".

Se ha decidido no instalar el sistema de protección de la LGA (SPL), por lo que se usará un factor de simultaneidad unitario para el cálculo de la previsión de cargas de la derivación individual correspondiente a la recarga de vehículos eléctricos. Esta carga prevista es por tanto:

$$P_{ve} = 1 * 12 \text{ udds} * 3.700W = 44.400 W$$

En el "Anexo 2" dedicado a las estaciones de carga de vehículos eléctricos se detalla este apartado con más detenimiento.

2.1.4 Previsión de cargas de los servicios generales

Según la ITC-BT-10, la carga correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo

el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

2.1.4.1 Alumbrado de las zonas comunes

- Alumbrado del portal: La previsión de cargas es de 8 W/m^2 dado que se van a utilizar luminarias fluorescentes. El alumbrado del cuarto de contadores se computa dentro del alumbrado del portal. El área del portal es de 67 m^2 .
- Alumbrado de las plantas: La previsión de cargas es de 8 W/m^2 dado que se van a utilizar, al igual que en el portal, luminarias fluorescentes. El área del pasillo de cada planta junto con la terraza (hay 4 plantas) es de $72,4 \text{ m}^2$.
- Alumbrado de la escalera: La previsión de cargas es de 4 W/m^2 dado que también se van a utilizar luminarias fluorescentes. El área de las escaleras en cada planta es de $11,5 \text{ m}^2$.

Por lo tanto, la potencia total de las zonas comunes, teniendo en cuenta el área de cada una de ellas, será:

$$P_{ZC} = P_p + P_{pl} + P_e = 67 \text{ m}^2 * \frac{8W}{\text{m}^2} + 4 * 72,4\text{m}^2 * \frac{8W}{\text{m}^2} + 4 * 11,5\text{m}^2 * \frac{4W}{\text{m}^2} = 3.037 \text{ W}$$

2.1.4.2 Ascensor

Siguiendo la Norma Tecnológica de la Edificación ITE-ITA, los valores de las potencias de los elevadores se muestran en la tabla 16:

Tipo de aparato elevador	Carga (kg)	Nº de personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
ITA-1	400	5	0,63	4,5
ITA-2	400	5	1,00	7,5
ITA-3	630	8	1,00	11,5
ITA-4	630	8	1,60	18,5
ITA-5	1000	13	1,60	29,5
ITA-6	1000	13	2,50	46,0

Tabla 16. Previsión de potencia para elevadores [ITC-BT-10]

Se va a elegir un ascensor tipo ITA-1, con una carga máxima de 400 kg y un máximo de 5 personas. La potencia consumida por este elevador será de 4,5 kW.

$$P_{Asc} = 4,5 \text{ kW}$$

2.1.4.3 Suma de la previsión de cargas de los servicios generales

Se añade también la previsión de carga del portero automático (200 W) y la previsión de carga de dos tomas de corriente en las zonas comunes cuya previsión será de 800W cada una de ellas (2*800 W).

$$P_{SG} = P_{ZC} + P_{Asc} + P_{PA} + P_{TC} = 3.037W + 4.500W + 200W + 1.600W = 9.337 W$$

2.1.5 Previsión de cargas de los locales comerciales

Utilizando de nuevo la ITC-BT-10, las cargas correspondientes a locales comerciales se calculan considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

En el edificio se dispone de 2 locales comerciales.

El local 1 tiene una superficie útil de 187 m² y de momento no se sabe el uso que se le va a dar, por lo que se hará la previsión de cargas estándar para un local comercial (100 W por metro cuadrado y planta). La potencia total prevista en el local 1 es:

$$P_{LC1} = 187 m^2 * \frac{100W}{m^2} = 18.700 W$$

El local 2 tiene una superficie útil de 109 m² y tampoco se conoce su futuro uso, por lo que se hará la previsión de cargas estándar para un local comercial (100 W por metro cuadrado y planta). La potencia total prevista en el local 2 es:

$$P_{LC2} = 109 m^2 * \frac{100W}{m^2} = 10.900 W$$

2.1.6 Previsión total de cargas

Utilizando la fórmula expresada anteriormente en el apartado 2.1, la carga total en un edificio destinado a viviendas es:

$$P_T = P_V + P_G + P_{ve} + P_{SG} + P_{LC} =$$

$$= 56.925W + 7.080W + 44.400W + 9.337W + 29.600W$$

$$P_T = 147.342 W$$

Dado que el alumbrado de emergencia se activa solo cuando no funciona el suministro habitual, no hace falta incluirlo en la previsión de cargas.

En la tabla 17 se hace un resumen de las distintas previsiones de carga calculadas:

Instalaciones interiores	Potencia (W)
Vivienda	56.925
Garaje (con recarga de vehíc. eléct.)	7.080
Estaciones de carga	44.400
Servicios Generales	9.337
Locales Comerciales	29.600
TOTAL	147.342

Tabla 17. Resumen de la previsión de cargas

2.2 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

Una vez se ha calculado la potencia total prevista que consume el edificio, toca dimensionar la línea que va a transportar toda esa energía desde la Red de Distribución de BT (a través de la Acometida) hasta el Centralizado de Contadores (CC) del edificio. Esta línea es la denominada Línea General de Alimentación (LGA) y enlaza la Caja General de Protección (CGP) con el CC.

Para el cálculo de la LGA, se va a seguir la ITC-BT-14 del REBT.

Los conductores utilizados, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre, unipolares y aislados con aislamiento XLPE, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV. Estos deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

La sección de los cables deberá ser uniforme en todo su recorrido y sin empalmes. Su sección mínima será de 10 mm^2 al ser de cobre.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrán en cuenta tres criterios: criterio de la caída de tensión, criterio térmico (intensidad máxima admisible) y criterio de cortocircuito. La LGA es trifásica y mide 30 m.

2.2.1 Criterio de la caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida para líneas generales de alimentación con contadores totalmente centralizados será del 0,5%. Las máximas caídas de tensión admisibles cuando se tiene una única centralización de contadores se muestran en la figura 18:

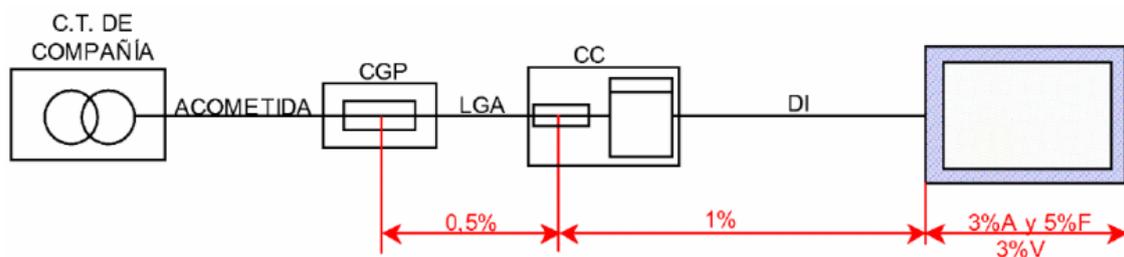


Figura 18. Máximas caídas de tensión admisibles con una única centralización de contadores [Pozueta]

Las fórmulas utilizadas para el criterio de la caída de tensión son:

$$\Delta V = e = \frac{P * L}{C * S * V} \rightarrow S = \frac{P * L}{C * e * V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Siendo:

$e = \Delta V$: Caída de tensión (V).

P: Potencia (W).

L: Longitud de la línea (m).

C: Conductividad del conductor a 90°C ($\frac{m}{\Omega * mm^2}$).

S: Sección del conductor (mm^2).

V: Tensión (V).

El aislante elegido es XLPE, que puede soportar una temperatura de hasta 90°C, por lo que se tomará la conductividad del cobre a esos 90°C para ser más restrictivos. Los datos que tenemos de la LGA y los valores calculados son los que se muestran en la tabla 18:

ΔV (%)	ΔV (V)	P (W)	L (m)	C ($\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)	S (mm^2)	V (V)
0,51	2,04	147.342	30	45	120	400

Tabla 18. Cálculos de la LGA. Caída de tensión

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100; \quad \Delta V = \frac{0,5 * 400V}{100} = 2 V$$

$$S = \frac{P * L}{C * e * V} = \frac{147.342 * 30}{45 * 2 * 400} = 122,7 mm^2$$

La sección obtenida según los cálculos realizados es de $122,7 mm^2$, por lo que se acepta una sección normalizada de **120 mm^2** ya que la caída de tensión supera por muy poco el 0,5% y luego se compensará en las derivaciones individuales.

Por tanto, la caída de tensión con la sección normalizada es de:

$$\Delta V = e = \frac{P * L}{C * S * V} = \frac{147.342 * 30}{45 * 120 * 400} = \mathbf{2,04 V} \approx 2 V$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100 = \frac{2,04 V}{400 V} * 100 = \mathbf{0,51\%} \approx 0,5\%$$

2.2.2 Criterio térmico (intensidad máxima admisible por cable)

La intensidad máxima admisible a considerar será la fijada en la UNE 20.460-5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje, de acuerdo con la previsión de potencias establecidas en el apartado 2.1 siguiendo la ITC-BT-10.

Este criterio supone que la sección del cable soporte la corriente de diseño que va a pasar por él.

Una vez conocida la potencia, se determina la intensidad mediante la siguiente fórmula para el circuito trifásico:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

P: Potencia (W).

V: Tensión de línea (V).

I: Intensidad de línea (A).

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

Se va a suponer un factor de potencia de 0,9 para la LGA al ser un edificio de viviendas y locales comerciales y que la instalación será en tubos empotrados en obra (B1). La potencia es de 147.342 W (calculada en el apartado anterior) y la tensión de línea es de 400 V. Por tanto:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} = \frac{147.342}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} = \mathbf{236,3 \text{ A}}$$

Esta es la intensidad que va a circular por cada una de las tres fases de la LGA trifásica. Buscando en la tabla 19 perteneciente a la ITC-BT-19, para unos conductores aislados empotrados en obra (B) de cobre con aislamiento XLPE nos manda a la columna 8, en la que la primera sección que soporta los 236,3 A (245 A) es la de **95 mm²**.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR									
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ⁹⁾					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
E		Cables multiconductores al aire libre ⁹⁾ Distancia a la pared no inferior a 0,3D ⁹⁾						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁹⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁹⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾				
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁹⁾								3x PVC ¹⁾			3x XLPE o EPR			
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-		
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-	
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-	
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-	
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-	
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-	
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-	-
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206	-	-
			50			103	117	125	133	145	159	175	188	250	-	-
			70				149	160	171	188	202	224	244	321	-	-
			95				180	194	207	230	245	271	296	391	-	-
			120				208	225	240	267	284	314	348	455	-	-
			150				236	260	278	310	338	363	404	525	-	-
			185				268	297	317	354	386	415	464	601	-	-
			240				315	350	374	419	455	490	552	711	-	-
300				360	404	423	484	524	565	640	821	-	-			

Tabla 19. Intensidades admisibles (A) al aire a 40°C en función del nº de conductores y aislamiento [ITC-BT-19]

2.2.3 Criterio de cortocircuito

El criterio de cortocircuito exige que cuando se produzca un cortocircuito el cable soporte la corriente (bastante elevada) durante el tiempo que les cuesta a las protecciones (fusibles o interruptores automáticos) desconectar la instalación.

En este caso las protecciones de la LGA cortan el cortocircuito a los 0,2s, por lo que según se muestra en la tabla 20, la densidad de corriente de conductores de cobre teniendo en cuenta el aislamiento XLPE es de 318 A/mm².

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección ≤ 300 mm ²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección > 300 mm ²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

Tabla 20. Densidad de corriente en función de la duración del cortocircuito [Pozueta]

Con los dos primeros criterios se ha llegado a la conclusión de que la sección mínima necesaria es de 120 mm² con una intensidad máxima admisible de 284 A. Se puede aceptar dicha sección de fase si la corriente de cortocircuito en la LGA es inferior a:

$$I_{cc} \leq 120 \text{ mm}^2 * \frac{318A}{\text{mm}^2} = 38.160 \text{ A}$$

2.2.4 Resultados finales para la Línea General de Alimentación

La sección de los conductores de fase debe ser de **120 mm²** tal y como se ha demostrado en los cálculos por el criterio térmico y el de caída de tensión.

La CGP tendrá un valor de corte mediante fusibles de 250 A, el valor normalizado inmediatamente superior a los 236,3 A de corriente de diseño del circuito. Para ese valor de corriente valdría la sección de 120 mm², ya que la corriente máxima admisible por el conductor con esta sección es de 284 A y esta debe ser superior a la corriente nominal de los fusibles. Por tanto, se escoge el conductor de cobre con sección de 120 mm², cuya corriente máxima admisible es de 284 A ya que cumple todas las condiciones necesarias.

La sección de la LGA para cumplir con las condiciones de las protecciones es de 3x120 mm² + 70 mm².

También se comprueba más adelante que la corriente de cortocircuito es menor de 38.160 A para no dañar estos conductores.

Para la sección del conductor neutro se tendrán en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse. El conductor neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50% de la correspondiente al conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en

la tabla 21. Por tanto, dado que la sección de los conductores de fase será de 120 mm^2 , la sección del conductor neutro es de 70 mm^2 ,

Sección de los conductores de fase (mm^2)	Sección nominal del conductor neutro(mm^2)	
	Redes aéreas	Redes subterráneas
16	16	16
25	25	16
35	35	16
50	50	25
70	50	35
95	50	50
120	70	70
150	70	70
185	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

Tabla 21. Relación entre las secciones de los conductores de fase y neutro [ITC-BT-8]

El diámetro exterior de los tubos será de 160 mm, como se puede observar en la tabla 2 de este proyecto.

Se resumen los valores calculados de la LGA en la tabla 22:

P (W)	I(A)	V (V)	L (m)	Sección Fase (mm^2)	Sección Neutro (mm^2)	ΔV (V/%)	CGP (A)	Diámetro tubo (mm)
147.342	236,3	400	30	3x120	70	2,04/0,51	250	160

Tabla 22. Cálculos de la LGA

2.3 DERIVACIONES INDIVIDUALES

Para el cálculo de las Derivaciones Individuales, se va a seguir la ITC-BT-15 del REBT.

Los conductores utilizados serán de cobre, unipolares y aislados con aislamiento XLPE, siendo su tensión asignada 450/750 V. Habrá dos tipos de conductores:

- Conductores trifásicos con neutro para las derivaciones individuales de garaje y servicios generales.
- Conductores monofásicos para el resto de las derivaciones individuales.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme. La sección mínima será de 6 mm^2 para los cables polares, neutro y protección y de $1,5 \text{ mm}^2$ para el hilo de mando.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrán en cuenta, al igual que para la LGA, tres criterios: criterio de la caída de tensión, criterio térmico (intensidad máxima admisible) y criterio de cortocircuito.

2.3.1 Criterio de la caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida para derivaciones individuales con contadores totalmente centralizados será del 1%. Las máximas caídas de tensión admisibles cuando se tiene una única centralización de contadores se mostraron en la figura 18 del apartado de la LGA.

Las fórmulas utilizadas para el criterio de la caída de tensión con suministro trifásico son:

$$\Delta V = e = \frac{P * L}{C * S * V} \rightarrow S = \frac{P * L}{C * e * V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Para un suministro monofásico, las fórmulas son:

$$\Delta V = e = \frac{P * 2 * L}{C * S * V} \rightarrow S = \frac{P * 2 * L}{C * e * V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Siendo:

$e=\Delta V$: Caída de tensión (V).

P: Potencia (W).

L: Longitud de la línea (m).

C: Conductividad del conductor a 90°C ($\frac{m}{\Omega * mm^2}$).

S: Sección del conductor (mm^2).

V: Tensión (V).

El aislante elegido es XLPE, que puede soportar una temperatura de hasta 90°C, por lo que se tomará la conductividad del cobre a esos 90°C para ser más restrictivos.

Los cálculos se realizan del mismo modo que en apartado de la LGA para cada una de las derivaciones individuales de la instalación eléctrica.

2.3.2 Criterio térmico (intensidad máxima admisible por cable)

La intensidad máxima admisible a considerar será la fijada en la UNE 20.460 -5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje, de acuerdo con la previsión de potencias establecidas en el apartado 2.1 siguiendo la ITC-BT-10.

Este criterio supone que la sección del cable soporte la corriente de diseño que va a pasar por él.

Una vez conocida la potencia, se determina la intensidad mediante la siguiente fórmula para el circuito trifásico (factor de potencia unitario):

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Mientras que para el circuito monofásico (factor de potencia de 0,8):

$$P = V * I * \cos\varphi \quad \rightarrow \quad I = \frac{P}{V * \cos\varphi}$$

Siendo:

P: Potencia (W).

V: Tensión de línea (V).

I: Intensidad de línea (A).

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

Se va a suponer un factor de potencia de 0,9 para las DI y la instalación será en tubos empotrados en obra (B1). La tensión es de 230 V o 400 V.

Los cálculos se realizan del mismo modo que en apartado de la LGA para cada una de las derivaciones individuales de la instalación eléctrica y se va a utilizar la tabla 19 adjunta en dicho apartado.

2.3.3 Criterio de cortocircuito

El criterio de cortocircuito exige que cuando se produzca un cortocircuito el cable soporte la corriente (bastante elevada) durante el tiempo que les cuesta a las protecciones (fusibles o interruptores automáticos) desconectar la instalación.

Se procede del mismo modo que para el caso de la LGA utilizando la tabla 20. Los resultados se exponen en el apartado de las corrientes de cortocircuito.

2.3.4 Resultados finales para las Derivaciones Individuales

Los datos que tenemos de las derivaciones individuales y los valores calculados son los que se muestran en la tabla 23.

Las secciones de fase, neutro y protección van a ser iguales en cada una de las derivaciones individuales.

DI	P (W)	I(A)	V (V)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	IA	Diám. Tubos (mm)
1A	5.750	25	230	7,5	3x6	1,39/0,6	2x25	25
1B	5.750	25	230	6,5	3x6	1,2/0,52	2x25	25
1C	5.750	25	230	6	3x6	1,11/0,48	2x25	25
2A	5.750	25	230	6,5	3x6	1,2/0,52	2x25	25

2B	5.750	25	230	9,5	3x6	1,76/0,76	2x25	25
2C	5.750	25	230	9	3x6	1,66/0,72	2x25	25
3A	5.750	25	230	13,5	3x10	1,5/0,65	2x25	25
3B	5.750	25	230	12,5	3x10	1,39/0,6	2x25	25
3C	5.750	25	230	12	3x6	2,22/0,97	2x25	25
4A	5.750	25	230	16,5	3x10	1,83/0,79	2x25	25
4B	5.750	25	230	17,5	3x10	1,94/0,84	2x25	25
4C	5.750	25	230	16	3x10	1,78/0,78	2x25	25
Local 1	18.700	81,3	230	11	3x25	1,59/0,69	2x100	32
Local 2	10.900	47,4	230	26	3x25	2,19/0,95	2x50	32
Garaje	7.080	10,2	400	8	5x6	0,52/0,13	4x16	75
Servicios generales	9.337	13,5	400	3,5	5x6	0,3/0,08	4x16	75
Estaciones de carga	44.400	193,04	230	8	3x70	0,98/0,43	2x200	50

Tabla 23. Características de las Derivaciones Individuales

Se comprueba que la caída de tensión real es inferior al 1% y la intensidad es menor que el valor máximo admisible correspondiente. Esta intensidad máxima para el cable de 6 mm^2 es 49A, para el de 10 mm^2 es 68A, para el de 25 mm^2 es 116A y para el de 70 mm^2 es 224A.

El diámetro exterior de los tubos se ha determinado en función del número de conductores siguiendo la tabla 24 extraída de la ITC-BT-21, que se adjunta a continuación:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 24. Diámetro exterior de los tubos en función del número de conductores [ITC-BT-21]

2.4 INSTALACIONES INTERIORES

2.4.1 Circuitos de las viviendas

Seguindo la ITC-BT-25, se calculan las características de los distintos circuitos de cada vivienda descritos en el apartado 1 de este proyecto. A modo de resumen, las viviendas son de electrificación básica y los 5 circuitos independientes de distribución interna (todos ellos monofásicos) son:

- **C1:** Circuito destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- **C2:** Circuito destinado a las tomas de corriente y al frigorífico.
- **C3:** Circuito destinado a alimentar la cocina y el horno.
- **C4:** Circuito destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico
- **C5:** Circuito destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares de la cocina.

Se van a utilizar las mismas fórmulas para los tres criterios que las usadas para los cálculos de las derivaciones individuales para el caso monofásico. La máxima caída de tensión admisible en las instalaciones interiores es del 3%, aunque esta puede compensarse con la caída de tensión de las derivaciones individuales.

Todas las viviendas del edificio del proyecto son iguales, por lo que las características de la instalación eléctrica de cada vivienda dividida en circuitos independientes quedan definidas en la tabla 25:

Circuito	C1	C2	C3	C4	C5
Potencia por toma (W)	200	3.450	5.400	3.450	3.450
Nº tomas utilizadas	9	13	2	2	5
Fs	0,75	0,2	0,5	0,66	0,4
Fu	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5
Potencia circuito (W)	675	2.242,5	4.050	3.415,5	3.450
Nº tomas máximas	30	20	2	3	6
Longitud (m)	14	12	6	7	14
Tipo de toma	Punto luz	Base 16A 2p+T	Base 25A 2p+T	Base 16A 2p+T	Base 16A 2p+T
Interruptor automático (A)	10	16	25	20	16
Sección conductores (mm²)	3x1,5	3x2,5	3x6	3x4	3x2,5
Diámetro tubo (mm)	16	20	25	20	20

Tabla 25. Características de los circuitos de las viviendas

Las fórmulas utilizadas que difieren de las usadas en apartados anteriores son:

$$Pot. \text{ circuito} = N^{\circ} \text{ tomas} * Pot. \text{ por toma} * Fs * Fu$$

2.4.2 Circuitos del garaje

Los circuitos que forman parte de la instalación eléctrica del garaje son:

- Alumbrado del garaje.
- Motor de la puerta del garaje.
- Sistema de extracción de aire (ventilación forzada).
- Sistema de detección de monóxido de carbono (CO).
- Sistema de detección de incendios.

La instalación se realizará bajo tubo empotrado en obra.

Según la ITC-BT 19, para las instalaciones interiores o receptores la caída de tensión máxima para particulares es del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de las viviendas y para otras instalaciones interiores o receptoras se trata del 3 % para el alumbrado y del 5% para los demás usos. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales.

Se van a utilizar las mismas fórmulas para los tres criterios que las usadas para los cálculos de las derivaciones individuales. Para los circuitos independientes monofásicos se va a suponer un factor de potencia unitario y para los circuitos trifásicos un factor de potencia de 0,8.

Las secciones de fase, neutro y protección van a ser iguales en cada uno de los circuitos correspondientes al garaje. Los resultados obtenidos para cada uno de los circuitos de la instalación eléctrica del garaje se exponen en la tabla 26:

Circuito	P (W)	V (V)	I (A)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	IA	Diám. Tubo (mm)
Alumbrado	240	230	1,04	22	3x1,5	0,68/0,29	2x6	16
Motor puerta	200	400	0,36	10,5	5x1,5	0,08/0,02	4x6	20
Extracción	6.420	400	11,6	8	5x1,5	1,9/0,48	4x16	20
Detec. CO	120	230	0,52	9	3x1,5	0,14/0,06	2x6	16
Detección incendios	100	230	0,43	9	3x1,5	0,12/0,05	2x6	16

Tabla 26. Características de los circuitos del garaje

Se comprueba que la caída de tensión real y la intensidad siempre son menores que sus valores máximos admisibles correspondientes, ya sea por la caída de tensión o por la intensidad máxima que soporte el cable elegido.

2.4.3 Circuitos de los servicios generales

Según la ITC-BT 19, al igual que antes para las instalaciones interiores o receptores la caída de tensión máxima para otras instalaciones interiores o receptoras distintas a viviendas se trata del 3% para el alumbrado y del 5% para los demás usos. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales.

Se van a calcular las características de los distintos circuitos de los servicios generales descritos en el apartado 1 de este proyecto. A modo de resumen, los servicios generales con los que cuenta el edificio son:

- Alumbrado del portal.
- Alumbrado de la escalera.
- Alumbrado de los rellanos.
- Alumbrado de los cuartos de propiedad comunitaria.
- Motor y alumbrado del ascensor.

- Tomas de corriente comunitarias.
- Portero automático.

Se van a utilizar las mismas fórmulas para los tres criterios que las usadas para los cálculos de las derivaciones individuales. En este caso todos los circuitos independientes son monofásicos (factor de potencia unitario), exceptuando el del ascensor que es trifásico (factor de potencia de 0,8).

Las secciones de fase, neutro y protección van a ser iguales en cada uno de los circuitos de los servicios generales. Los resultados obtenidos para cada uno de los circuitos de la instalación eléctrica de los servicios generales se exponen en la tabla 27:

Circuito	P (W)	V (V)	I (A)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	IA	Diám. Tubo (mm)
Al. portal	536	230	2,3	9	3x1,5	0,62/0,27	2x6	16
Al. escalera	184	230	0,8	18	3x1,5	0,43/0,19	2x6	16
Al. plantas	2.384	230	10,4	25	3x2,5	4,6/2,01	2x16	20
Ascensor	4.500	400	6,5	8	5x1,5	1,33/0,33	4x10	20
Tomas de corriente	1.600	230	6,9	12	3x1,5	2,47/1,08	2x10	16
Portero automático	200	230	0,9	10	3x1,5	0,26/0,11	2x6	16

Tabla 27. Características de los circuitos de los servicios generales

Se comprueba que la caída de tensión real y la intensidad siempre son menores que sus valores máximos admisibles correspondientes.

2.4.4 Circuitos de los locales comerciales

De los dos locales comerciales de los que se dispone en la planta baja no se sabe cuál va a ser su utilidad, por lo que se deja sin hacer la instalación interior de los locales para que esta sea hecha adaptada al uso del local cuando sea alquilado o comprado.

El cálculo de las DI de los locales se realiza siguiendo la ITC-BT-10 considerando un mínimo de 100 W/m². Las superficies de nuestros dos locales comerciales son de 109 m² y 187 m², por lo que la potencia prevista para cada uno de ellos será de 10.900 W y 18.700 W respectivamente.

2.5 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PROTECCIONES

Como se ha expuesto en el apartado 1.8.5 de la memoria, se va a seguir la instrucción ITC-BT-22 para el cálculo de las protecciones.

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z$$

Según la primera condición, la corriente asignada del dispositivo de protección (I_n) debe ser mayor que la corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas en condiciones normales (I_B), pero a su vez menor que la corriente admisible del cable (I_Z). La protección debe dejar pasar la corriente necesaria para que funcione la instalación sin que se alcance la corriente que deteriora el cable.

Según la segunda condición, la corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo (I_2) debe ser menor que 1,45 veces la corriente admisible del cable (I_Z).

2.5.1 Caja General de Protección (CGP)

La CGP protege a la LGA frente a sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Los elementos empleados para proteger la CGP son los fusibles. El valor de la corriente que asegura la actuación del fusible para un tiempo largo (I_2) debe ser:

$$I_2 = 1,60I_n \text{ (fusibles normalizados)}$$

Se ha aumentado la sección de la LGA calculada anteriormente para cumplir con las condiciones de las protecciones. Ahora la LGA es de $3 \times 120 \text{ mm}^2 + 70 \text{ mm}^2$.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, se obtienen los siguientes resultados para la protección de la LGA, que se resumen en la tabla 28:

P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z$ (A)	Sección Fase (mm^2)	Sección Neutro (mm^2)	ΔV (V/%)	Diámetro tubo (mm)
147.342	236,3	250	284	400	411,8	3x120	70	2,04/0,51	160

Tabla 28. Cálculos de la LGA

Por tanto, los fusibles elegidos para la CGP que van a proteger la LGA con una corriente nominal de 250 A son del tipo “Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac (NH00-250 gG)” del catálogo de la multinacional “Siemens”. Los tres fusibles presentes en la CGP serán de la clase gG, que son fusibles de protección integral para aplicaciones generales.

2.5.2 Fusibles de seguridad de la centralización de contadores

En la centralización de contadores, al comienzo de cada derivación individual, se coloca un fusible de seguridad que protegerá al circuito en caso de cualquier sobreintensidad. Los cálculos se realizan del mismo modo que en el apartado de la CGP, pero en este caso para cada una de las derivaciones individuales.

Al tratarse de fusibles, igual que en el apartado anterior, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_2 = 1,60I_n \text{ (fusibles normalizados)}$$

Los resultados se muestran en la tabla 29, en la que se muestra también el modelo de fusible elegido del catálogo de “Siemens” también de clase gG:

DI	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z$ (A)	Fusibles	Seccion es (mm^2)	ΔV (V/%)	Diám Tubo (mm)
1A	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,39/0,6	25
1B	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,2/0,52	25
1C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,11/0,48	25
2A	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,2/0,52	25
2B	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,76/0,76	25
2C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	1,66/0,72	25
3A	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,5/0,65	25
3B	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,39/0,6	25
3C	5.750	25	32	49	51,2	71	NH00-32 gG	3x6	2,22/0,97	25
4A	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,83/0,79	25
4B	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,94/0,84	25
4C	5.750	25	32	68	51,2	98,6	NH00-32 gG	3x10	1,78/0,78	25
Local 1	18.700	81,3	100	116	160	168	NH00-100 gG	3x25	1,59/0,69	32
Local 2	10.900	47,4	50	116	80	168	NH00-50 gG	3x25	2,19/0,95	32
Garaje	7.080	10,2	16	44	25,6	63,8	NH00-16 gG	5x6	0,52/0,13	75
Servicios generales	9.337	14,9	16	44	25,6	63,8	NH00-16 gG	5x6	0,3/0,08	75

Estaciones de carga	44.400	193	200	224	320	324,8	NH00-200 gG	3x70	0,98/0,43	50
----------------------------	--------	-----	-----	-----	-----	-------	-------------	------	-----------	----

Tabla 29. Cálculos de los fusibles de las derivaciones individuales

No es necesario aumentar la sección de ningún circuito dado que se cumplen todas las condiciones referentes a las protecciones descritas anteriormente.

2.5.3 Cuadro de protección de las viviendas

El cuadro de protección de las viviendas dispondrá de un ICP de 25 A, un IGA de 25 A y un ID de 25 A con sensibilidad de 30 mA. Habrá un interruptor automático magnetotérmico (PIA) por cada uno de los circuitos interiores.

El valor de la corriente que asegura la actuación del interruptor automático para un tiempo largo (I_2) debe ser:

$$I_2 = 1,45I_n \text{ (interruptores automáticos)}$$

Los resultados se muestran en la tabla 30, en la que se muestra también el modelo de interruptor automático (PIA) elegido del tipo “Interruptor automático 2P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 6 kA” del catálogo de “Siemens”:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z (A)$	PIA	Secciones (mm^2)	Diám. Tubos (mm)
C1	675	2,9	10	15	14,5	21,7	Siemens-10A	3x1,5	16
C2	2.242,5	9,75	16	21	23,2	30,4	Siemens-16A	3x2,5	20
C3	4.050	17,6	25	36	36,2	52,2	Siemens-25A	3x6	25
C4	3.415,5	14,8	20	27	29	39,1	Siemens-20A	3x4	20
C5	3.450	15	16	21	23,2	30,4	Siemens-16A	3x2,5	20

Tabla 30. Cálculos de los cuadros de las viviendas

No es necesario aumentar la sección de ningún circuito dado que se cumplen todas las condiciones referentes a las protecciones descritas anteriormente.

2.5.4 Cuadro de protección del garaje

El cuadro de protección del garaje dispondrá de un ICP tetrapolar de 32 A, un IGA tetrapolar de 32 A y un ID tetrapolar de 40 A con sensibilidad de 30 mA. Al igual que para las viviendas, habrá un interruptor magnetotérmico (PIA) por cada uno de los circuitos interiores.

El valor de la corriente que asegura la actuación del interruptor automático para un tiempo largo (I_2) debe ser:

$$I_2 = 1,45I_n \text{ (interruptores automáticos)}$$

Los resultados se muestran en la tabla 31, en la que se muestra también el modelo de interruptor automático (PIA) elegido (del mismo tipo que en el apartado anterior) del catálogo de “Siemens”:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z (A)$	PIA	Secciones (mm^2)	Diám. Tubos (mm)
Alumbrado	240	1,04	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Motor puerta	200	0,36	6	18	8,7	26,1	Siemens-6A	5x1,5	20
Extracción	6.420	11,6	16	18	23,2	26,1	Siemens-16A	5x1,5	20
Detección CO	120	0,52	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Detección incendios	100	0,43	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16

Tabla 31. Cálculos del cuadro del garaje

2.5.5 Cuadro de protección de los servicios generales

Del mismo modo que en los apartados anteriores, el cuadro de protección de los servicios generales dispondrá de un ICP tetrapolar de 32 A, un IGA tetrapolar de 32 A y un ID tetrapolar de 40 A con sensibilidad de 30 mA. Habrá un interruptor magnetotérmico (PIA) por cada uno de los circuitos interiores. También se cumple que:

$$I_2 = 1,45I_n \text{ (interruptores automáticos)}$$

Los resultados se muestran en la tabla 32, en la que se muestra también el modelo de interruptor automático (PIA) elegido (del mismo tipo que en los apartados anteriores) del catálogo de “Siemens”:

Circuito	P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z (A)$	PIA	Secciones (mm^2)	Diám. Tubos (mm)
Al. portal	536	2,3	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16
Al. escalera	184	0,8	6	21	8,7	26,1	Siemens-6A	3x1,5	16
Al. plantas	2.384	10,4	16	29	23,2	42,1	Siemens-16A	3x2,5	20
Ascensor	4.500	6,5	10	18	14,5	26,1	Siemens-10A	5x1,5	20
Tomas de corriente	1.600	6,9	10	21	14,5	30,4	Siemens-10A	3x1,5	16
Portero automático	200	0,9	6	21	8,7	30,4	Siemens-6A	3x1,5	16

Tabla 32. Cálculos del cuadro de los servicios generales

No es necesario aumentar la sección de ningún circuito dado que se cumplen todas las condiciones referentes a las protecciones descritas anteriormente.

2.6 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

A modo de resumen de lo expuesto en el apartado de la memoria correspondiente a las corrientes de cortocircuito, se sabe que:

$$I_{cc \text{ mín}} > I_m$$

Siendo:

$I_{cc \text{ mín}}$: corriente de cortocircuito mínima que se calcula en el extremo del circuito protegida por el IA.

I_m : corriente mínima que asegura el disparo magnético.

Siguiendo el anexo 3 de la guía de BT del REBT, sobre el cálculo de las corrientes de cortocircuito, generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red. Por tanto, se admite que en un cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios es 0,8 veces la tensión de suministro (U). Se toma el defecto fase tierra como el más desfavorable y se supone despreciable la inductancia de los cables.

La corriente de cortocircuito se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{0,8 U}{R}$$

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado.

U: Tensión de alimentación fase-neutro (230V).

R: Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

La resistencia de fase de la LGA y de la DI se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{2\rho L}{S}$$

ρ : Resistividad del conductor de cobre (1/56 m/ Ω *mm²).

L: Longitud del conductor.

S: Sección del conductor.

2.6.1 Corriente de cortocircuito en la LGA

Se va a suponer una impedancia nula antes de la CGP porque el centro de transformación se encuentra fuera del edificio y no se conoce su impedancia.

Aplicando las fórmulas expuestas anteriormente, se obtiene el resultado de los cálculos de la corriente de cortocircuito en la LGA que se muestra en la tabla 33:

P (W)	V (V)	$I_n(A)$	L (m)	Sección Fase (mm^2)	Ri (Ω)	Zk (Ω)	Icc (A)
147.342	400	250	30	3x120	0,0089	0,0089	35.840

Tabla 33. Corrientes de cortocircuito de la LGA

Se comprueba que la corriente de cortocircuito, que debe ser menor de 38.160 A para no dañar los conductores como se ha calculado anteriormente aplicando el criterio de cortocircuito, cumple esta condición. Además, el poder de corte del fusible es superior a la máxima corriente de cortocircuito, por lo que la LGA está protegida frente a sobrecorrientes.

2.6.2 Corriente de cortocircuito en las derivaciones individuales

Ahora se sabe que la impedancia de la LGA es de 0,00685 Ω . Se procede de la misma manera calculando las corrientes de cortocircuito de cada una de las derivaciones individuales, calculando sus respectivas impedancias y sumándole la impedancia de la LGA.

El resultado de los cálculos de la corriente de cortocircuito en las derivaciones individuales se muestra en la tabla 34:

DI	P (W)	V (V)	$I_n(A)$	L (m)	Sección Fase (mm^2)	Ri (Ω)	Zk (Ω)	Icc (A)
1A	5.750	230	32	7,5	3x6	0,04464	0,05149	3.573,31
1B	5.750	230	32	6,5	3x6	0,03869	0,04554	4.040,36

1C	5.750	230	32	6	3x6	0,03571	0,04256	4.322,87
2A	5.750	230	32	6,5	3x6	0,03869	0,04554	4.040,36
2B	5.750	230	32	9,5	3x6	0,05654	0,06339	2.902,31
2C	5.750	230	32	9	3x6	0,05357	0,06042	3.045,27
3A	5.750	230	32	13,5	3x10	0,04821	0,05506	3.341,54
3B	5.750	230	32	12,5	3x10	0,04464	0,05149	3.573,31
3C	5.750	230	32	12	3x6	0,07142	0,07827	2.350,57
4A	5.750	230	32	16,5	3x10	0,05892	0,06577	2.797,26
4B	5.750	230	32	17,5	3x10	0,0625	0,06935	2.653,20
4C	5.750	230	32	16	3x10	0,05714	0,06399	2.875,32
Local 1	18.700	230	100	11	3x25	0,01571	0,02256	8.154,47
Local 2	10.900	230	50	26	3x25	0,03714	0,04399	4.182,49
Garaje	7.080	400	16	8	5x6	0,04762	0,05447	5.874,90
Servicios generales	9.337	400	16	3,5	5x6	0,02083	0,02768	11.559,3
Estaciones de carga	44.400	230	200	8	3x70	0,0041	0,0109	16.831,9

Tabla 34. Corrientes de cortocircuito de las derivaciones individuales

El poder de corte del fusible es superior a la máxima corriente de cortocircuito, por lo que las derivaciones individuales están protegidas frente a sobreintensidades.

2.6.3 Corriente de cortocircuito en los circuitos de las viviendas

Se van a estudiar las corrientes de cortocircuito de la vivienda cuya derivación individual presenta una corriente de cortocircuito superior y por tanto más desfavorable, que como se ve en la tabla 34 es la vivienda 1C con una intensidad de cortocircuito de 4.322,87 A.

Se sabe que la impedancia de la derivación individual de la vivienda es de 0,04256 Ω . Se procede de la misma manera calculando las corrientes de cortocircuito de cada uno de los circuitos independientes de la vivienda, calculando sus respectivas impedancias y sumándole la impedancia de la derivación individual.

El resultado de los cálculos de la corriente de cortocircuito de los circuitos independientes de la vivienda se muestra en la tabla 35:

Circuitos	P (W)	V (V)	I_n (A)	L (m)	Sección Fase (mm^2)	Ri (Ω)	Zk (Ω)	Icc (A)
C1	675	230	10	14	3x1,5	0,3333	0,3758	489,50
C2	2.242,5	230	16	12	3x2,5	0,1714	0,2139	859,86
C3	4.050	230	25	6	3x6	0,0357	0,0782	2.350,7
C4	3.415,5	230	20	7	3x4	0,0625	0,1050	1.751,4
C5	3.450	230	16	14	3x2,5	0,2	0,2425	758,57

Tabla 35. Corrientes de cortocircuito en los circuitos de las viviendas

Siguiendo la norma UNE-EN 60947-2, la curva de disparo que hemos instalado en nuestras viviendas sigue la curva C. Como se ha explicado en el apartado de la memoria, el umbral de la intensidad de disparo magnético para este tipo de curva va entre 5 y 10 veces el valor de la intensidad nominal.

$$I_m = (5 \div 10) I_n$$

Se va a comprobar si cumple con la condición más desfavorable para asegurar la protección frente a cortocircuitos:

$$I_m = 10 * I_n < I_{cc}$$

Circuito C1:

$$I_m = 10 * 10 = 100 < 489,5 A$$

Circuito C2:

$$I_m = 10 * 16 = 160 < 859,8 A$$

Circuito C3:

$$I_m = 10 * 25 = 250 < 2.350,7 A$$

Circuito C4:

$$I_m = 10 * 20 = 200 < 1.751,4 A$$

Circuito C5:

$$I_m = 10 * 16 = 160 < 758,57 A$$

Todos los interruptores automáticos de los circuitos independientes de las viviendas cumplen con esa condición.

2.6.4 Corriente de cortocircuito en los circuitos del garaje

Se procede de la misma manera que en los apartados anteriores, sabiendo que la impedancia de la derivación individual del garaje es de 0,01827 Ω. Calculamos la corriente de cortocircuito de cada circuito independiente del garaje con sus respectivas impedancias y sumándole la impedancia de la derivación individual.

El resultado de los cálculos de la corriente de cortocircuito de los circuitos independientes del garaje se muestra en la tabla 36:

Circuitos	P (W)	V (V)	$I_n(A)$	L (m)	Sección Fase (mm^2)	Ri (Ω)	Zk (Ω)	Icc (A)
Alumbrado	240	230	6	22	3x1,5	0,5238	0,54207	339,433

Motor puerta	200	400	6	10,5	5x1,5	0,25	0,26827	1.192,82
Extracción	6.420	400	16	8	5x1,5	0,1904	0,2087	1.532,96
Detección CO	120	230	6	9	3x1,5	0,2142	0,2325	791,208
Detección incendios	100	230	6	9	3x1,5	0,2142	0,2325	791,208

Tabla 36. Corriente de cortocircuito en los circuitos del garaje

La curva de disparo que hemos instalado en los circuitos del garaje es la curva C, excepto para los motores de la puerta y de la extracción que se utiliza la curva MA. Como se ha explicado en el apartado de la memoria, el umbral de la intensidad de disparo magnético para el tipo de curva C va entre 5 y 10 veces el valor de la intensidad nominal.

$$I_m = (5 \div 10) I_n$$

Se va a comprobar si cumple con la condición más desfavorable para asegurar la protección frente a cortocircuitos:

$$I_m = 10 * I_n < I_{cc}$$

Alumbrado:

$$I_m = 10 * 6 = 60 < 339,4 A$$

Detección CO e incendios:

$$I_m = 10 * 6 = 60 < 791,2 A$$

La intensidad de disparo magnético para el tipo de curva MA es aproximadamente 12 veces el valor de la intensidad nominal.

$$I_m = 12 I_n$$

Motor de puerta:

$$I_m = 12 * 6 = 72 < 1.192,8 A$$

Extracción:

$$I_m = 12 * 16 = 192 < 1.536,9 A$$

Todos los interruptores automáticos de los circuitos independientes de las viviendas cumplen con esa condición.

2.6.5 Corriente de cortocircuito en los circuitos de los servicios generales

Sabiendo que la impedancia de la derivación individual de los servicios generales es de $0,02768 \Omega$, se calcula la corriente de cortocircuito de cada circuito independiente con sus respectivas impedancias y sumándole la impedancia de la derivación individual.

El resultado de los cálculos de la corriente de cortocircuito de los circuitos independientes de los servicios generales se muestra en la tabla 37:

Circuitos	P (W)	V (V)	$I_n(A)$	L (m)	Sección Fase (mm^2)	$R_i (\Omega)$	$Z_k (\Omega)$	$I_{cc} (A)$
Al. portal	536	230	6	9	3x1,5	0,2142	0,2419	760,43
Al. escalera	184	230	6	18	3x1,5	0,4285	0,4562	403,28
Al. plantas	2.384	230	16	25	3x2,5	0,3571	0,3848	478,14
Ascensor	4.500	400	10	8	5x1,5	0,1904	0,2181	1466,8
Tomas de corriente	1.600	230	10	12	3x1,5	0,2857	0,3133	587,11
Portero automático	200	230	6	10	3x1,5	0,238	0,2657	692,31

Tabla 37. Corriente de cortocircuito en los circuitos de los servicios generales

Para el motor del ascensor se va a utilizar una curva MA, por lo que se comprueba que cumpla la condición del mismo modo que en el apartado anterior:

Ascensor:

$$I_m = 12 * 10 = 120 < 1.466,8 A$$

El resto de los circuitos van a funcionar con una curva C:

Alumbrado portal:

$$I_m = 10 * 6 = 60 < 760,4 A$$

Alumbrado escalera:

$$I_m = 10 * 6 = 60 < 403,2 A$$

Alumbrado plantas:

$$I_m = 10 * 16 = 160 < 478,1 A$$

Tomas de corriente:

$$I_m = 10 * 10 = 100 < 587,1 A$$

Portero automático:

$$I_m = 10 * 6 = 60 < 692,3 A$$

Todos los interruptores automáticos de los circuitos de los servicios generales cumplen con esa condición.

2.7 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Siguiendo la instrucción ITC-BT-18, será necesario instalar un electrodo con el que la resistencia de tierra sea inferior en todo momento al valor especificado para ella.

En el apartado 1.9 de la memoria del proyecto se detalla el funcionamiento de la instalación de puesta a tierra, cuyo esquema se adjunta en la figura 17 de ese apartado.

La resistencia a tierra será tal que cualquier masa no puede generar tensiones de contacto superiores a 24 V al tratarse de viviendas. Si existen tensiones superiores a estos 24 V, se dispondrán dispositivos de corte.

En este proyecto se va a utilizar un conductor enterrado horizontalmente junto con varias picas para descargar la corriente a tierra.

La resistencia a tierra del anillo se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{Anillo} = \frac{2 * \rho}{L}$$

Siendo:

R: Resistencia a tierra del anillo (Ω).

L: Longitud de la zanja del conductor (m).

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

La tabla 38 extraída de la ITC-BT-18 aporta valores orientativos de la resistividad en función del terreno:

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000

Tabla 38. Resistividad orientativa de diferentes tipos de terreno

Se considera un terreno de arenas arcillosas, por lo que su resistividad oscila entre los 50 y 500 $\Omega \cdot m$. Vamos a considerar un valor intermedio de 300 $\Omega \cdot m$.

El perímetro del edificio del proyecto, que coincide con la longitud de la zanja del conductor, es de 81 m. La resistencia a tierra del conductor enterrado horizontalmente con estos datos es:

$$R_{Anillo} = \frac{2 * \rho}{L} = \frac{2 * 300}{81} = 7,4 \Omega < 37 \Omega$$

Según la NTE, para edificios destinados a viviendas sin pararrayos la resistencia a tierra máxima admisible es de 37 Ω . La resistencia del anillo por sí solo ya es inferior a la máxima admisible, pero se van a incluir cuatro picas de dos metros cada una a lo largo de dicho anillo para reducir más la resistencia a tierra dispuestas de la misma forma que en la figura 19.

La resistencia a tierra de las picas se calcula con la siguiente fórmula, siendo N el número de picas utilizadas y L la longitud de cada una de las picas:

$$R_{Picas} = \frac{\rho}{N * L} = \frac{300}{4 * 2} = 37,5 \Omega$$

La resistencia total, del anillo junto con las picas, es:

$$R_{total} = \frac{1}{\frac{1}{R_{Anillo}} + \frac{1}{R_{Picas}}} = \frac{1}{\frac{1}{7,4} + \frac{1}{37,5}} = 6,2 \Omega < 37 \Omega$$

Se comprueba que la resistencia total a tierra de la instalación disminuye respecto la resistencia de únicamente el anillo y es menor que la máxima admisible (37 Ω).



Figura 19. Mejora de la puesta a tierra en anillo mediante pica (electrodo) conectada al conductor de cobre

3. ANEXOS

3.1 INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA ACS

Una de las formas de aprovechamiento directo de la energía solar se consigue empleando una instalación solar térmica, donde la energía radiante del sol se transforma en energía térmica para generar agua caliente sanitaria (ACS) destinada al consumo humano.

Se emplean circuitos cerrados e independientes donde el agua no pasa por los colectores solares, sino que es un fluido caloportador el que circula por el circuito primario pasando por los captadores solares para ganar energía térmica, y posteriormente, a través de un intercambiador de calor, ceder el calor al agua de consumo que forma parte de un circuito secundario e independiente.

Por lo tanto, se cuenta con dos circuitos cerrados e independientes, uno con el fluido caloportador que se calienta a su paso por los captadores solares y otro con el agua que se calienta a través de un intercambiador de calor aumentando su temperatura gracias al circuito del fluido caloportador.

Económicamente la instalación de energía solar térmica es muy rentable, ya que el ahorro energético que se produce, tanto en combustible como en electricidad, se traduce en un ahorro económico que permite amortizar más rápidamente el coste de amortización.

Una instalación solar térmica consta básicamente de los siguientes elementos, cuya función se describe a continuación:

- Sistema de captación: transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido que circula por su interior.
- Sistema de acumulación: almacena la energía interna producida en la instalación.
- Sistema de intercambio: realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes.
- Sistema de transporte o de circulación: formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía producida.
- Sistema de apoyo o auxiliar: elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de

demanda de energía superior a la prevista de manera que siempre se supla la demanda térmica del usuario.

- Sistema de control: asegura el correcto funcionamiento del conjunto.

En la figura 20 se muestra un esquema de una instalación solar térmica de ACS de doble circuito con intercambiador de calor.

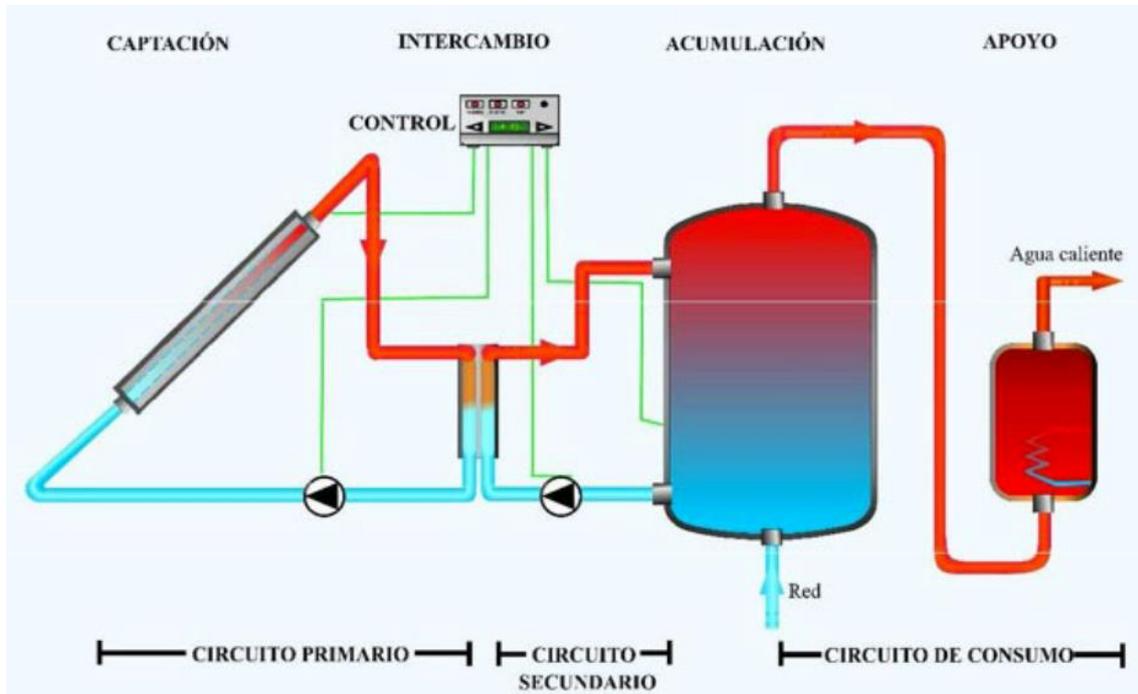


Figura 20. Instalación solar térmica de ACS con intercambiador de calor

En este anexo se van a realizar los cálculos necesarios para la determinación del porcentaje de aportación de ACS por parte de la instalación solar térmica, dado que según el CTE los edificios de nueva construcción con una demanda de ACS superior a 50 litros diarios debes complementar esa demanda con energía solar.

3.1.1 Determinación de la cobertura mínima de ACS por parte de la instalación solar

Siguiendo el CTE DB HE, para el ahorro de energía, se va a calcular el porcentaje mínimo de cobertura ACS necesario para el edificio del presente proyecto.

Se va a aproximar el consumo diario de ACS a 60°C del edificio sacando los datos de la tabla 39 presente en el CTE:

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 39. Demanda de referencia de ACS a 60°C [CTE DB HE, Ahorro de energía]

La demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 litros diarios por persona (a 60°C), una ocupación al menos igual a la mínima establecida en la tabla 40:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Tabla 40. Valores mínimos de ocupación en residencias privadas [CTE DB HE, Ahorro de energía]

Como se ha expuesto en el apartado “Memoria” del proyecto, el edificio cuenta con 4 pisos habitables con 3 viviendas en cada uno de ellos. Todas las viviendas cuentan con 3 dormitorios, por lo tanto, el número de personas orientativo es:

$$\text{Número de personas} = 4 * 3 * 4 = 48 \text{ personas}$$

En el caso de viviendas multifamiliares, el factor de centralización se extrae de la tabla 41, referente a las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Tabla 41. Factor de centralización en viviendas multifamiliares [CTE DB HE, Ahorro de energía]

El factor de centralización es 0,9 dada que se dispone de 12 viviendas en el edificio. Ya se tienen todos los datos y factores necesarios para calcular la demanda de ACS del edificio:

$$\text{Demanda ACS (60 °C)} = 28 \frac{l}{\text{persona} * \text{día}} * 48 \text{ personas} * 0,9 = \mathbf{1.209,6} \frac{l}{\text{día}}$$

Para contribuir con el ahorro energético, se va a establecer una temperatura para el ACS de 50°C, por lo que hay que adaptar los cálculos a esta temperatura dado que estaban hechos con una temperatura de referencia de 60°C. La demanda mensual aproximada será de 36.288 litros. Se van a aplicar las siguientes fórmulas para adaptar la demanda a la temperatura de 50°C.

$$D(T) = \sum_{i=1}^{12} D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) * \frac{60 - T_i}{T - T_i}$$

Siendo:

$D(T)$: Demanda de ACS anual a la temperatura elegida (50°C).

$D_i(T)$: Demanda de ACS para el mes i a la temperatura elegida (50°C).

$D_i(60^{\circ}\text{C})$: Demanda de ACS para el mes i a la temperatura de 60°C.

T : Temperatura acumulador final (50°C).

T_i : Temperatura media del agua fría en el mes i (Tabla 42).

La temperatura media del agua fría en el mes i (T_i) se saca de la tabla 42 especificando para la provincia de Burgos:

Capital de provincia	Altitud	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
A Coruña	26	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante/Alacant	8	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	1131	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	186	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	12	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao/Bilbo	6	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	929	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	459	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cádiz	14	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón/Castelló	27	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11

Tabla 42. Temperatura media mensual del agua fría [CTE DB HE, Ahorro de energía]

Aplicando las fórmulas expuestas anteriormente, la demanda de ACS mensual media de 45.465,5 litros. La demanda de ACS diaria media será por tanto de 1.515,5 litros.

$$\text{Demanda ACS (50 °C)} = 1.515,5 \frac{l}{\text{día}}$$

La radiación solar de Aranda de Duero para determinar la zona climática se consulta en la página de la AEMET, del mapa de radiación de la figura 21:

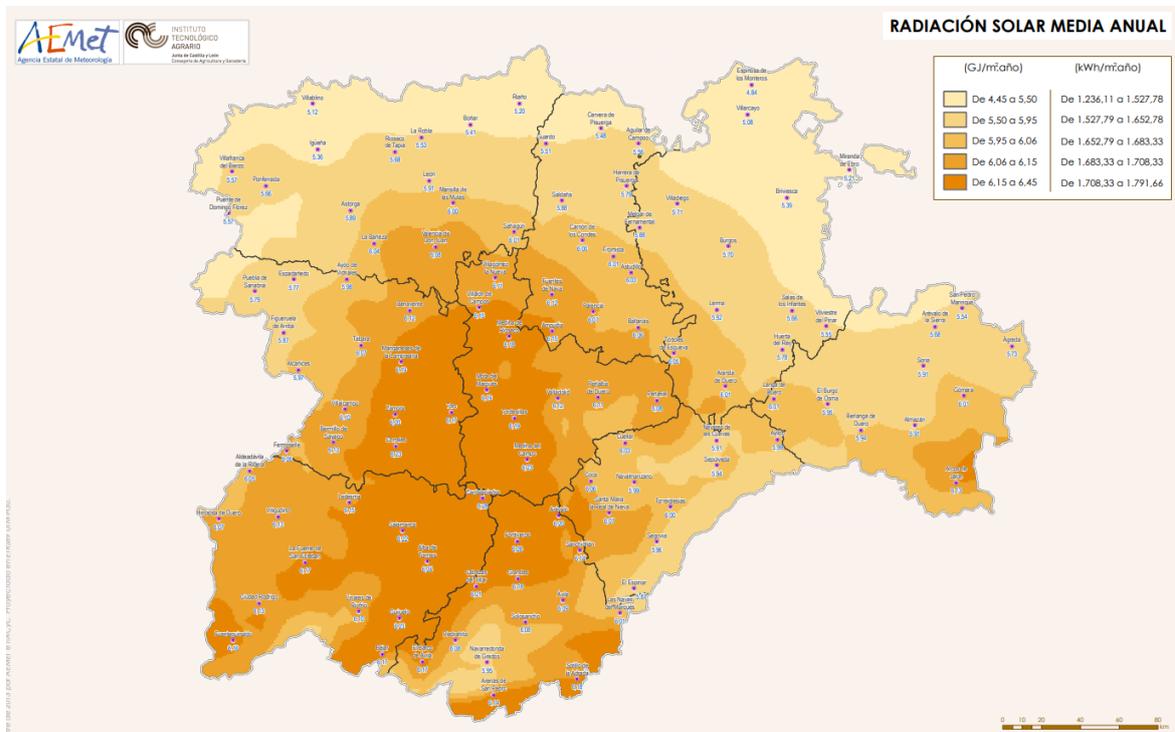


Figura 21. Mapa de radiación solar de Castilla y León [AEMET]

Según el mapa, la radiación solar media anual en Aranda de Duero es de 1.670 kWh/m^2 , por lo que la radiación solar media diaria es de **$4,57 \text{ kWh/m}^2$** ,

Según la tabla 43, Aranda de Duero se encuentra en la **zona climática III** ($4,2 < H < 4,6$).

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 43. Zona climática según la radiación solar diaria media [CTE DB HE, Ahorro de energía]

Por lo tanto, sabiendo que la demanda de ACS diaria es de 1.515,5 litros y que el edificio se va a ubicar en la zona climática III, se extrae de la tabla 44 la contribución solar mínima para ACS en porcentaje:

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 44. Contribución solar mínima para ACS en porcentaje [IDAE]

Finalmente, la **contribución solar mínima para ACS es del 50%** en el edificio del proyecto.

3.1.2 Determinación del número de paneles solares térmicos necesarios

Para calcular la cantidad de energía recibida por unidad de superficie con una determinada inclinación y orientación se usa la siguiente fórmula:

$$E = c * k * a * H$$

El valor de “c” es de 0,94 dado que la orientación de los paneles solares es hacia el sur (0°). El factor de corrección “k” se consigue de la tabla 45 extraída del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, sabiendo que la latitud de Aranda de Duero es de 41° y la inclinación del tejado del edificio es de 18°.

LATITUD = 41°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,12	1,09	1,06	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,15	1,18	1,17
15	1,21	1,17	1,12	1,07	1,04	1,03	1,04	1,08	1,14	1,21	1,26	1,24
20	1,26	1,21	1,15	1,08	1,04	1,02	1,04	1,09	1,17	1,27	1,33	1,31
25	1,31	1,24	1,17	1,09	1,03	1,01	1,03	1,1	1,2	1,32	1,39	1,37
30	1,35	1,27	1,18	1,08	1,01	0,99	1,02	1,09	1,21	1,35	1,44	1,42
35	1,38	1,29	1,18	1,07	0,99	0,96	0,99	1,08	1,22	1,38	1,49	1,47
40	1,4	1,3	1,18	1,05	0,96	0,93	0,96	1,06	1,22	1,4	1,52	1,5
45	1,42	1,3	1,16	1,03	0,93	0,89	0,93	1,04	1,21	1,41	1,55	1,52
50	1,42	1,3	1,14	0,99	0,88	0,84	0,88	1,01	1,19	1,41	1,56	1,54
55	1,42	1,28	1,12	0,95	0,83	0,79	0,84	0,97	1,17	1,41	1,57	1,54
60	1,41	1,26	1,08	0,91	0,78	0,73	0,78	0,92	1,14	1,39	1,56	1,54
65	1,39	1,23	1,04	0,85	0,72	0,67	0,72	0,87	1,09	1,36	1,54	1,53
70	1,36	1,19	0,99	0,8	0,66	0,61	0,66	0,81	1,04	1,32	1,52	1,5
75	1,32	1,15	0,94	0,73	0,59	0,54	0,59	0,74	0,99	1,28	1,48	1,47
80	1,28	1,1	0,88	0,67	0,52	0,46	0,52	0,67	0,93	1,23	1,44	1,43
85	1,23	1,04	0,82	0,6	0,44	0,39	0,44	0,6	0,86	1,16	1,38	1,38
90	1,17	0,98	0,74	0,52	0,36	0,31	0,36	0,52	0,78	1,09	1,32	1,32

Tabla 45. Factor de corrección "k" [Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura]

El valor “a” dependerá de la limpieza de la superficie, siendo 1,05 si el ambiente es limpio, 1 si el ambiente es normal y 0,95 si el ambiente es contaminado. En nuestro caso el valor de “a” es 1,05.

Con ayuda del programa “Photovoltaic Geographical Information System”, se obtiene el valor mensual de la radiación solar “H” en Aranda de Duero. Se adjunta en la figura 22.

Summary

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	41.640,-3.703
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	18
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	1478.17
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1886.02
Year-to-year variability [kWh]:	40.68
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-3.01
Spectral effects [%]:	0.57
Temperature and low irradiance [%]:	-6.58
Total loss [%]:	-21.63

Monthly in-plane irradiation for fixed angle

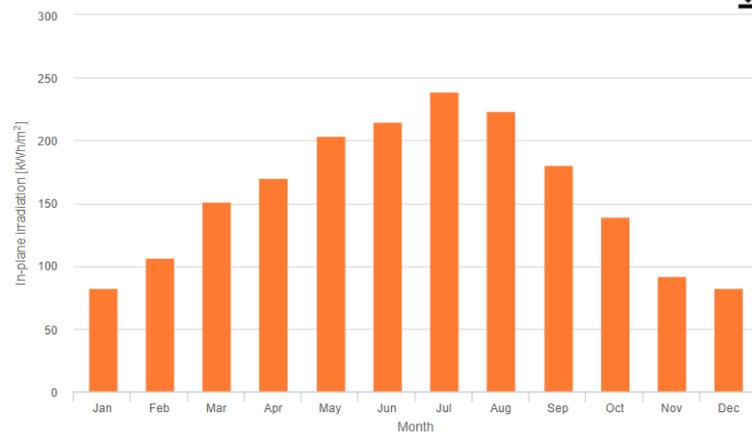


Figura 22. Radiación solar mensual en Aranda de Duero [PVGIS]

Los valores de radiación solar obtenidos se muestran en la tabla 46:

Mes	Radiación solar [kWh/m ²]
Enero	81,3
Febrero	105,4
Marzo	149,7
Abril	168,7
Mayo	203,5
Junio	214,7
Julio	238,1
Agosto	223,8
Septiembre	179,6
Octubre	138,1
Noviembre	90,8
Diciembre	81,2

Tabla 46. Radiación solar en Aranda de Duero

Para calcular la demanda energética mensual se usa esta fórmula:

$$Q = \frac{4184 * D(45) * \text{días al mes} * (45 - T_i)}{1000 * 3600}$$

El modelo de panel solar térmico elegido para instalar en el tejado del edificio es el “Colector solar Escosol 2800 XBA 2.8 m2” del catálogo de la empresa “Todoensolar”. Sus características principales se muestran en la figura 23:



CARACTERÍSTICAS

- Dimensiones ext LxAxH: 2322 x 1217 x 100 mm
- S. total: 2,83 m2
- S. apertura: 2,55 m2
- No: 0,749
- a1 W/m2/K: 5,819
- Homilogación: GPS-8608

Figura 23. Características del panel solar térmico [Todoensolar.com]

Por otra parte, hay que calcular el rendimiento de los paneles solares dado que siempre aparecen pérdidas de energía. Este rendimiento se calcula con esta fórmula:

$$\eta = \left(\eta_0 - m * \frac{t_m - t_0}{I} \right) * 100$$

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

El valor de $\eta_0 = 0,749$ y $m = 5,819$ aparece en la ficha técnica de los paneles solares elegidos. La temperatura media es de 50°C y la temperatura ambiente media mensual de Aranda de Duero es la presente en la tabla 42 adjunta en el apartado anterior.

Por último, el valor de la irradiación solar (I) es:

$$I = \frac{E}{t}$$

Siendo “ t ” el número de horas de sol mensuales que se saca de la página “salidaypuestadelsol.com”, obteniendo la imagen que se muestra en la figura 24:

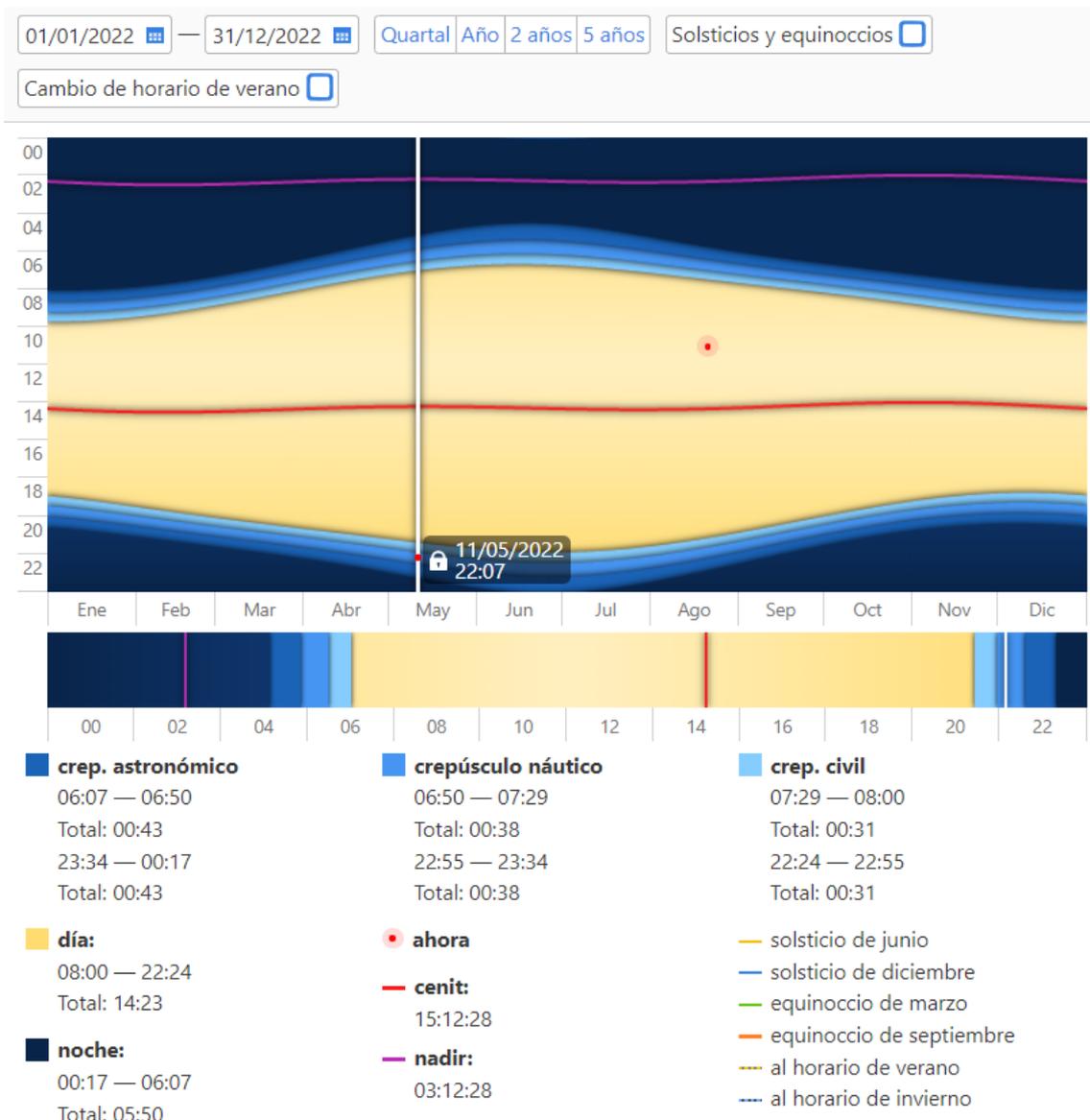


Figura 24. Horas de sol durante el año en Aranda de Duero [salidaypuestadelsol.com]

Para cada mes se va a utilizar el valor correspondiente al día 15 para realizar los cálculos.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

Los cálculos expuestos anteriormente se resumen en la tabla 47, donde además de las fórmulas expuestas se utilizan estas otras:

$$\text{Energía útil} = \text{Energía} * \text{Rendimiento paneles}$$

$$\text{Aportación mensual} = \text{Energía útil} * \text{días al mes} * \text{Rendimiento instalación (0,8)}$$

Mes	Energía [Wh/m ² *día]	Demanda [kWh]	Rendimiento [%]	Energía útil [Wh/m ² *día]	Aportación [Wh/m ²]
Enero	3.316,7	2.129,4	7,22	238,8	5.731,2
Febrero	4.126,5	1.923,3	8,8	363,9	8.735,4
Marzo	5.565,3	2.074,8	21,84	1.215,9	29.182,1
Abril	5.938,7	1.902,2	21,46	1.275,0	30.600,4
Mayo	6.962,9	1.856,4	27,64	1.924,6	46.190,6
Junio	7.204,9	1.690,8	29,62	2.134,6	51.231,1
Julio	8.146,8	1.583,4	38,47	3.134,2	75.222,8
Agosto	7.952	1.583,4	40,06	3.186,2	76.470,0
Septiembre	6.795,1	1.638,0	36,31	2.471,0	59.304,7
Octubre	5.633,9	1.856,4	29,98	1.689,4	40.546
Noviembre	3.853,6	2.074,8	11,26	434,2	10.422,0
Diciembre	3.419,4	2.129,4	6,16	210,7	5.058,9
TOTAL		22.443,1			438.695,7

Tabla 47. Cálculos de la instalación solar térmica

Finalmente, sabiendo que la contribución solar mínima para ACS es del 50%, se multiplica la demanda anual por 0,5 y así se obtiene el calor total que es necesario cubrir por los paneles solares térmicos. La demanda de calor que se necesita cubrir con los paneles solares es 11.221,5 kWh.

El área de captación de los paneles solares para cumplir con el mínimo establecido es:

$$\text{Área de captación} = \frac{\text{Demanda a cubrir} * 1000}{\text{Aportación}} = \frac{11.221,5 \text{ kWh} * 1000}{438.695,7 \text{ Wh/m}^2} = \mathbf{28,58 \text{ m}^2}$$

Sabiendo que el modelo elegido de paneles solares térmicos tiene una superficie total de 2,83 m², el número de paneles solares necesarios para cubrir el 50% de la demanda energética destinada a ACS es:

$$\text{N}^\circ \text{ paneles solares} = \frac{\text{Área de captación}}{\text{Superficie panel}} = \frac{28,58 \text{ m}^2}{2,83 \text{ m}^2} = 10,1 \approx \mathbf{11 \text{ paneles solares}}$$

El área del tejado es de 516 m², por lo que los 11 paneles solares térmicos (31,2 m²) tienen espacio suficiente para ser colocados en el tejado y cubren algo más del 50% de la demanda energética destinada a ACS.

3.1.3 Sistema de acumulación

Siguiendo de nuevo la normativa del CTE HE 4, el depósito de acumulación de la energía obtenida debe ser dimensionado en función de dos parámetros, la potencia de los paneles solares y la energía aportada a lo largo del día. Se va a dimensionar considerando una acumulación acorde a la demanda dado que esta no es directamente proporcional a la generación.

La condición que deben cumplir los paneles solares y el sistema de acumulación para instalaciones de ACS es:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Donde “A” es la suma de las áreas de los paneles solares y “V” es el volumen de acumulación en litros del depósito.

Sabiendo que el área de captación total de los 11 paneles es de 31,2 m², el valor del volumen de acumulación de ser:

$$1.560 \text{ L} < V < 5.616 \text{ L}$$

El valor mínimo del volumen del depósito es de 1.560 L (1,56 m³), por lo que se va a tomar un volumen igual a 1,8 m³ para estar cerca del límite inferior pero no justo en la frontera.

$$V = 1800 L = 1,8 m^3$$

3.1.4 Sistema de intercambio

El intercambiador de calor entre los dos circuitos de la instalación solar térmica debe tener una potencia mínima que va en función del área de los paneles solares instalados, cumpliendo la siguiente condición:

$$P > 500 * A = 500 * 31,2 m^2 = 15.600 W$$

El intercambiador de calor que se va a elegir es de placas de acero inoxidable con unas características que soporten las condiciones de operación de la instalación (temperaturas, presiones, etc.).

3.1.5 Cobertura mensual de la demanda térmica para ACS

Para calcular el porcentaje de demanda térmica para ACS que se cubre con la instalación solar térmica diseñada durante los distintos meses del año se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cobertura} = \frac{N^{\circ} \text{ Captadores} * \text{Superficie absorción} * \text{Aportación}}{\text{Demanda} * 1000} * 100$$

En la figura 25 se muestra el gráfico del porcentaje mensual de demanda térmica de ACS cubierta con solar. Se observa como en los meses de verano se cubre prácticamente la totalidad de la demanda gracias a la instalación solar, mientras que en invierno la aportación ronda únicamente el 10%.

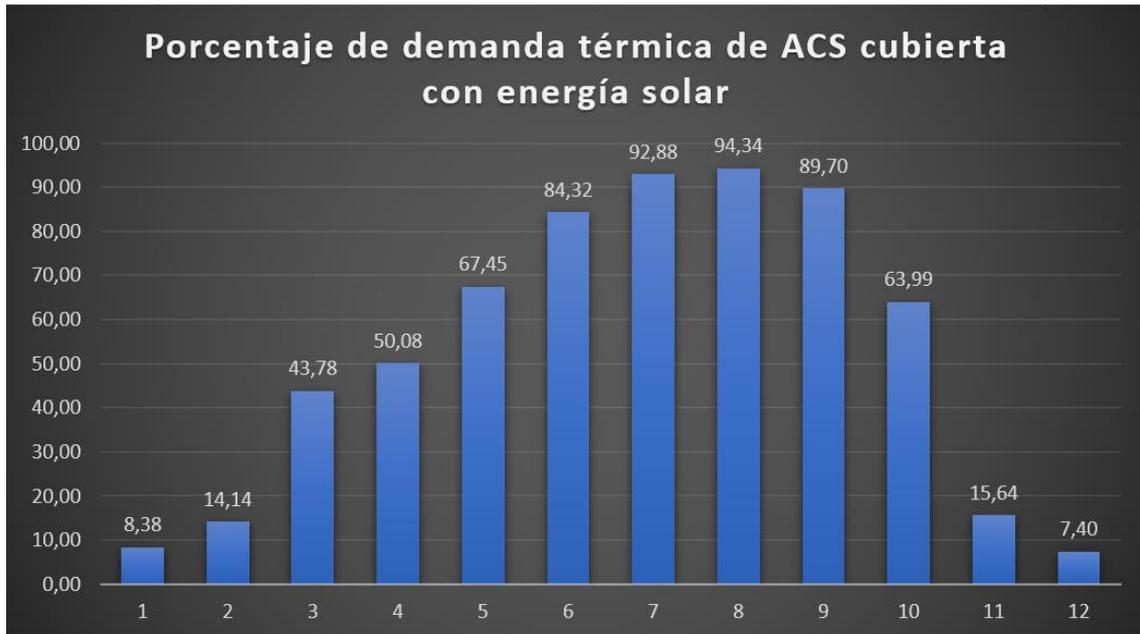


Figura 25. Porcentaje mensual de demanda térmica de ACS cubierta con solar [Excel]

3.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LAS ESTACIONES DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En edificios o estacionamientos de nueva construcción debe incluirse la instalación eléctrica específica para la recarga de vehículos eléctricos, de acuerdo con la ITC-BT-52. Constituye el objeto de esta Instrucción el establecimiento de las prescripciones aplicables a las instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos y as disposiciones se aplicarán a las instalaciones eléctricas incluidas en el ámbito del REBT con independencia de si su titularidad es individual, colectiva o corresponde a un gestor de cargas, necesarias para la recarga de los vehículos eléctricos en lugares públicos o privados, tales como:

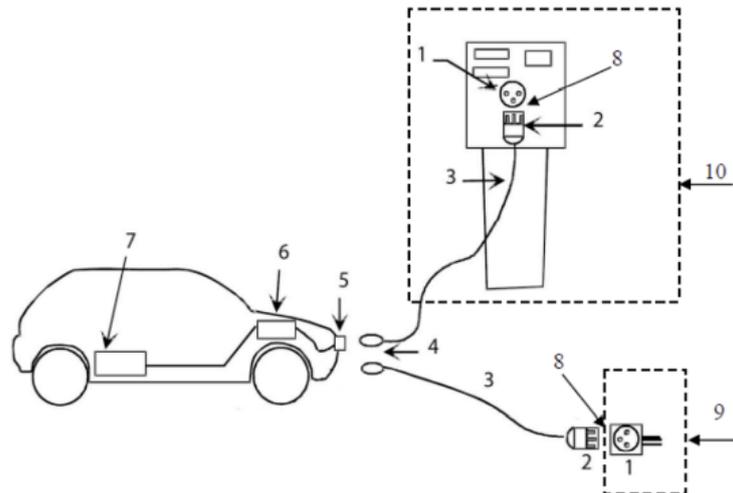
- Aparcamientos de viviendas unifamiliares o de una sola propiedad.
- Aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios o conjuntos inmobiliarios de régimen de propiedad horizontal.
- Aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, o los de oficinas, para su propio personal o asociados, los de talleres, de concesionarios de automóviles o depósitos municipales de vehículos eléctricos y similares.
- Aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, sean de titularidad pública o privada.
- Vías de dominio público destinadas a la circulación de vehículos eléctricos, situadas en zonas urbanas y en áreas de servicio de las carreteras de titularidad del Estado.

En el caso de este proyecto, este apartado se va a basar en un “Circuito de recarga colectivo”. Esto es un circuito interior de la instalación receptora que, partiendo de una centralización de contadores, está previsto para alimentar dos o más estaciones de recarga del vehículo eléctrico.

Estas estaciones de recarga son el conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del vehículo eléctrico a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga y cuentan con las protecciones necesarias para las tomas de corriente.

3.2.1 Tipo de conexión y esquema de instalación

El tipo de conexión entre la estación de recarga y el vehículo eléctrico va a ser mediante un cable terminado en un extremo en una clavija y por el otro en un conector, donde el cable es un accesorio del vehículo eléctrico. El esquema de este tipo de conexión se muestra en la figura 26:



Leyenda:	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al VEHÍCULO ELÉCTRICO
6	Cargador incorporado al VEHÍCULO ELÉCTRICO
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

Figura 26. Tipo de conexión entre el vehículo eléctrico y la estación de recarga [ITC-BT-52]

Los esquemas de instalación para recarga de vehículos eléctricos pueden ser los siguientes:

- Esquema colectivo o troncal con un contador principal en el origen de la instalación.
- Esquema individual con un contador común para la vivienda y la estación de recarga.
- Esquema individual con un contador para cada estación de recarga.

- Esquema con circuito o circuitos adicionales para la recarga del vehículo eléctrico.

Se va a elegir el primer esquema de instalación, el esquema colectivo o troncal con un contador principal en el origen de la instalación cuya distribución se muestra en la figura 27:

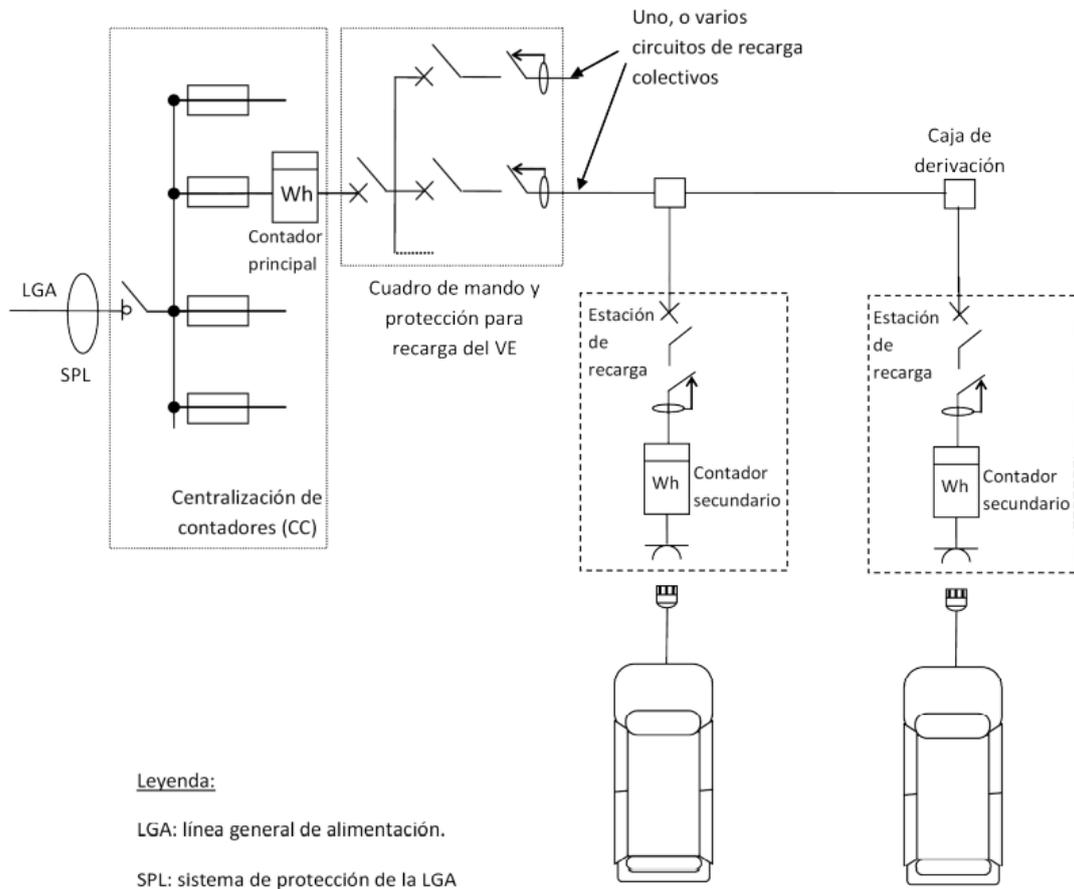


Figura 27. Esquema de instalación colectivo [ITC-BT-52]

Por tanto, se va a disponer de una nueva derivación individual destinada exclusivamente a la recarga de vehículos eléctricos en la que se contará con un contador principal en el origen de la instalación y un contador secundario en cada estación de recarga.

3.2.2 Previsión de cargas para el esquema colectivo

La instalación del SPL (sistema de protección de la LGA) será opcional en edificios de nueva construcción a criterio del promotor. El dimensionamiento de las instalaciones de enlace y la previsión de cargas se realizará considerando un factor de simultaneidad de las cargas del vehículo eléctrico con el resto de la instalación igual a 0,3 cuando se instale el SPL y de 1 cuando no se instale. En este caso se ha decidido no instalar el SPL, por lo que la previsión de cargas del edificio será:

$$P_{edificio} = (P1 + P2 + P3 + P4) + P5 \quad [no \ se \ instala \ SPL]$$

Siendo:

P1: Carga correspondiente al conjunto de viviendas obtenida como el número de viviendas por el coeficiente de simultaneidad de la tabla 1 de la ITC-BT-10.

P2: Carga correspondiente a los servicios generales.

P3: Carga correspondiente a locales comerciales y oficinas.

P4: Carga correspondiente a los garajes distintas de la recarga del vehículo eléctrico.

P5: Carga prevista para la recarga del vehículo eléctrico.

Para la recarga de vehículos eléctricos se dispondrá de 12 tomas de corriente monofásicas de 3.700W a 16A (una toma por cada plaza de aparcamiento) como se ha mencionado en el apartado de previsión de cargas de los cálculos. El modelo elegido es el "EVH2S3P04K Schneider Electric 3,7 kW" del catálogo de "WIAutomation" que se muestra en la figura 28.



Figura 28. Estación de carga EVH2S3P04K [WIAutomation]

Se ha decidido no instalar el sistema de protección de la LGA (SPL), por lo que se usará un factor de simultaneidad unitario para el cálculo de la previsión de cargas de la derivación individual correspondiente a la recarga de vehículos eléctricos. Esta carga prevista es por tanto:

$$P_5 = P_{ve} = 1 * 12 \text{ udds} * 3.700W = 44.400 W$$

Los cálculos del resto de previsiones de carga se detallan en el apartado “Cálculos” del presente proyecto.

3.2.3 Instalación eléctrica en aparcamientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal

Tanto en instalaciones existentes como en instalaciones nuevas, y con objeto de facilitar la utilización del esquema eléctrico seleccionado, los cuadros con las protecciones generales se podrán ubicar en los cuartos habilitados para ello o en zonas comunes.

La preinstalación eléctrica para la recarga de vehículo eléctrico en edificios o conjuntos inmobiliarios facilitará la utilización posterior de cualquiera de los posibles esquemas de instalación. Para ello se preverán los siguientes elementos:

- Instalación de sistemas de conducción de cables desde la centralización de contadores y por las vías principales del aparcamiento o estacionamiento con

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

objeto de poder alimentar posteriormente las estaciones de recarga que se puedan ubicar en las plazas individuales del aparcamiento o estacionamiento. Cuando la preinstalación esté prevista para el 100% de las plazas los sistemas de conducción de cables llegarán hasta cada una de las plazas.

- La centralización de contadores se dimensionará de acuerdo con el esquema eléctrico escogido para la recarga del vehículo eléctrico y según lo establecido en la ITC-BT-16. Los contadores principales se ubicarán en el propio local o armario destinado a albergar la concentración de contadores. Se instalará como mínimo un módulo de reserva para ubicar un contador principal, y los dispositivos de protección contra sobrecargas asociados al contador, bien sea con fusibles o con interruptor automático.
- Cuando se instale un circuito de recarga colectivo que alimente a varias estaciones de recarga cada circuito partirá de un interruptor automático para su protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Aguas arriba de cada interruptor automático y en el mismo cuadro se instalará un IGA (interruptor general automático) para la protección general de todos los circuitos de recarga.
- La potencia instalada en los circuitos de recarga colectivos trifásicos se ajustará generalmente a uno de los escalones de la tabla 48, aunque puede ser modificada por el proyectista.

En este proyecto se van a instalar directamente las estaciones de carga para la totalidad de las plazas de garaje, por lo que no es necesario aproximar los cálculos de potencias dado que sabemos que cada estación consumirá 3,7 kW.

U_{nominal}	Interruptor automático de protección en origen circuito recarga	Potencia instalada	N.º máximo de estaciones de recarga por circuito
230/400 V	16 A	11.085 W	3
230/400 V	32 A	22.170 W	6
230/400 V	50 A	34.641 W	9
230/400 V	63 A	43.647 W	12

Tabla 48. Potencias instaladas normalizadas de los circuitos de recarga colectivos [ITC-BT-52]

- El punto de conexión deberá situarse junto a la plaza a alimentar, e instalarse de forma fija en una envolvente. La altura mínima de instalación de las tomas de corriente y conectores será de 0,6 m sobre el nivel del suelo.

3.2.4 Cálculos de la derivación individual de recarga de vehículos

La caída de tensión máxima admisible en cualquier circuito desde su origen hasta el punto de recarga no será superior al 5%. Los conductores utilizados serán generalmente de cobre y su sección no será inferior a 2,5 mm².

La tensión nominal de alimentación de la instalación eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos alimentadas desde la red de distribución será de 230 V en corriente alterna.

Las estaciones de carga del proyecto son de corriente alterna monofásica de 3,7 kW y la instalación se realizará desde la centralización de contadores hasta el garaje a través de una derivación individual. Después habrá un circuito independiente para cada estación de carga que contará con su propio contador secundario.

Se van a realizar los cálculos de dimensionamiento de un modo similar a los realizados en el apartado “Cálculos” para el resto de las derivaciones individuales de la instalación eléctrica del edificio utilizando el criterio de la caída de tensión y el criterio térmico.

Se va a considerar un factor de potencia unitario y una caída de tensión máxima admisible del 5% (11,5V). El cable utilizado para esta instalación va a ser del tipo RZ1-K (AS) con aislamiento (XLPE) y tensión 0,6/1kV.

Los cálculos de la derivación individual, la cual va desde el centralizado de contadores hasta su cuadro de mando y protección situado en el garaje, se expresan en la tabla 49:

DI	P (W)	I(A)	V (V)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	Diám. Tubos (mm)
Recarga de vehículos eléctricos	44.400	193,04	230	8	3x70	0,98/0,43	50

Tabla 49. Cálculos de la derivación individual de recarga

Se comprueba que la caída de tensión real es inferior al 5% y la intensidad es menor que el valor máximo admisible correspondiente para el cable de 70 mm² (224 A).

Los cálculos de cada circuito independiente de cada estación de carga se expresan en la tabla 50:

Plaza	P (W)	I(A)	V (V)	L (m)	Secciones (mm ²)	ΔV (V/%)	Diám. Tubos (mm)
1	3.700	16,1	230	3	3x2,5	0,86/0,37	16
2	3.700	16,1	230	6	3x2,5	1,71/0,75	16
3	3.700	16,1	230	8,5	3x2,5	2,43/1,06	16
4	3.700	16,1	230	11	3x2,5	3,15/1,37	16
5	3.700	16,1	230	19	3x2,5	5,43/2,36	16
6	3.700	16,1	230	21,5	3x2,5	6,15/2,67	16
7	3.700	16,1	230	24	3x2,5	6,86/2,98	16
8	3.700	16,1	230	10	3x2,5	2,86/1,24	16
9	3.700	16,1	230	12,5	3x2,5	3,57/1,55	16
10	3.700	16,1	230	15	3x2,5	4,29/1,87	16
11	3.700	16,1	230	17,5	3x2,5	5/2,17	16
12	3.700	16,1	230	23	3x2,5	6,58/2,86	16

Tabla 50. Cálculos de los circuitos independientes de las estaciones de recarga

Se comprueba que la caída de tensión real es inferior al 5% y la intensidad es menor que el valor máximo admisible correspondiente para el cable de 2,5 mm² (29 A). Los cálculos dan secciones inferiores a la mínima permitida (2,5 mm²), por lo que en esos casos se coge esa sección mínima.

3.2.5 Protecciones de la derivación individual de recarga de vehículos

3.2.5.1 Protección contra contactos directos e indirectos

Las medidas generales para la protección contra los contactos directos e indirectos serán las indicadas en la ITC-BT-24. El circuito para la alimentación de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos deberá disponer siempre de conductor de protección, y la instalación general deberá disponer de toma de tierra.

La protección de las instalaciones de los equipos eléctricos debe asegurarse mediante dispositivos de protección diferencial. Cada punto de conexión deberá protegerse individualmente mediante un dispositivo de protección diferencial de corriente diferencial-residual asignada máxima de 30 mA, que podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE. Con objeto de garantizar la selectividad la protección diferencial instalada en el origen del circuito de recarga colectivo será selectiva o retardada con la instalada aguas abajo.

3.2.5.2 Protección de las influencias externas

Para instalaciones en aparcamientos o estacionamientos públicos, privados o en vía pública la principal influencia externa es la competencia de las personas que utilicen el equipo y el daño mecánico. El proyectista deberá prestar especial atención a las influencias externas existentes en el emplazamiento en el que se ubique la instalación a fin de analizar la necesidad de elegir características superiores o adicionales a las que se prescriben en este apartado.

3.2.5.3 Protección contra sobreintensidades

Los circuitos de recarga, hasta el punto de conexión, deberán protegerse contra sobrecargas y cortocircuitos con dispositivos de corte omnipolar, curva C, dimensionados de acuerdo con los requisitos de la ITC-BT-22.

Cada punto de conexión deberá protegerse individualmente. Esta protección podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE.

En instalaciones previstas para modo de carga 1 o 2 en las que el punto de recarga esté constituido por tomas de corriente conformes con la norma UNE 20315, el interruptor automático que protege cada toma deberá tener una intensidad asignada máxima de 10 A, aunque se podrá utilizar una intensidad asignada de 16 A, siempre que el fabricante de la base garantice que la instalación queda protegida.

En la centralización de contadores, al comienzo de cada derivación individual, se coloca un fusible de seguridad que protegerá al circuito en caso de cualquier sobreintensidad. Los cálculos se realizan del mismo modo que en el apartado de “Cálculos” del proyecto, en este caso para la derivación individual correspondiente a la recarga de vehículos eléctricos.

El valor de la corriente que asegura la actuación del fusible para un tiempo largo (I_2) debe ser:

$$I_2 = 1,60I_n \text{ (fusibles normalizados)}$$

Con los datos obtenidos anteriormente, se obtienen los siguientes resultados para la protección de esta derivación individual, que se resumen en la tabla 51:

P (W)	$I_B(A)$	$I_n(A)$	$I_z(A)$	$I_2(A)$	$1,45 * I_z$ (A)	Sección Fase (mm ²)	Sección Neutro (mm ²)	ΔV (V/%)	Diámetro tubo (mm)
44.400	193,04	200	224	320	324,8	3x70	35	0,98/0,43	50

Tabla 51. Cálculos para la protección de la derivación individual

Por tanto, los fusibles elegidos para esta derivación individual corriente nominal de 200A son del tipo “Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 200A, gG 500V ac (NH00-200 gG)” del catálogo de la multinacional “Siemens”.

Una vez que el cable llega al cuadro de mando y protección, se divide en los circuitos independientes a los que se les añade un interruptor automático de 20A con curva C y un interruptor diferencial de 20A y 30mA de sensibilidad para cada uno de los circuitos. Cada uno de estos circuitos está conectado a la toma de tierra.

3.3 SELECTIVIDAD DE LAS CURVAS DE DISPARO MAGNETOTÉRMICO

Las curvas de disparo magnetotérmico representan en su parte alta los valores de disparo por sobrecarga, siendo el valor de intensidad nominal de empleo el valor al que nunca llegará dicha curva y que el interruptor trabajará sin problemas. La parte baja de la curva es la implicada en la actuación de protección magnetotérmica o por cortocircuito.

Para ello se va a utilizar el software “Selectividad” de “Aulamoisan” en el que se representa tanto la parte térmica (de protección contra sobrecargas) como la parte magnética (de protección contra cortocircuitos) de dos curvas en las que se puede modificar tanto el tipo de curva, la corriente nominal y el tiempo de retardo.

Se va a analizar los casos más desfavorables de los interruptores de la instalación, graficando las diferentes curvas de disparo de un interruptor magnetotérmico desde el punto de vista de la selectividad.

Servicios generales

Se va a estudiar la selectividad del IGA de 32A (curva negra) con el interruptor magnetotérmico de 16A del alumbrado de las plantas (curva roja). El resultado de las curvas de disparo magnetotérmico se expone en la figura 29:

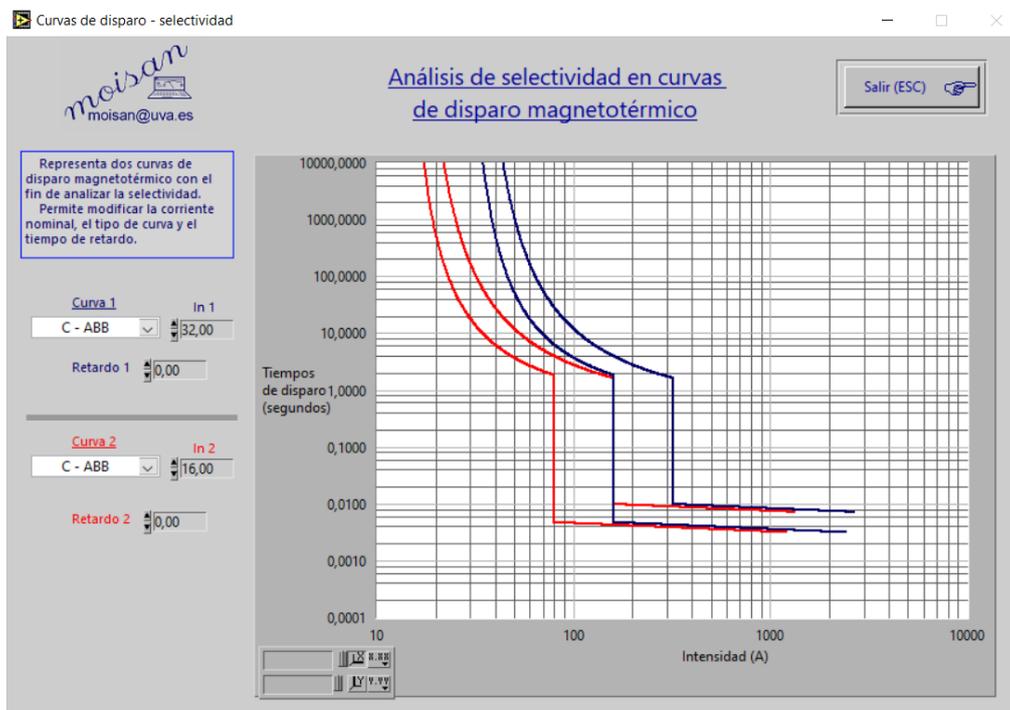


Figura 29. Análisis de selectividad de las curvas de disparo magnetotérmico en los servicios generales

El interruptor magnetotérmico del alumbrado de las plantas siempre presenta una intensidad de disparo inferior a la del IGA, por lo que es correcta la selectividad de los interruptores.

Garaje

Se va a estudiar del mismo modo que antes la selectividad del IGA de 32A (curva negra) con el interruptor magnetotérmico de 16A de la extracción del garaje (curva roja). El resultado de las curvas de disparo magnetotérmico se expone en la figura 30:

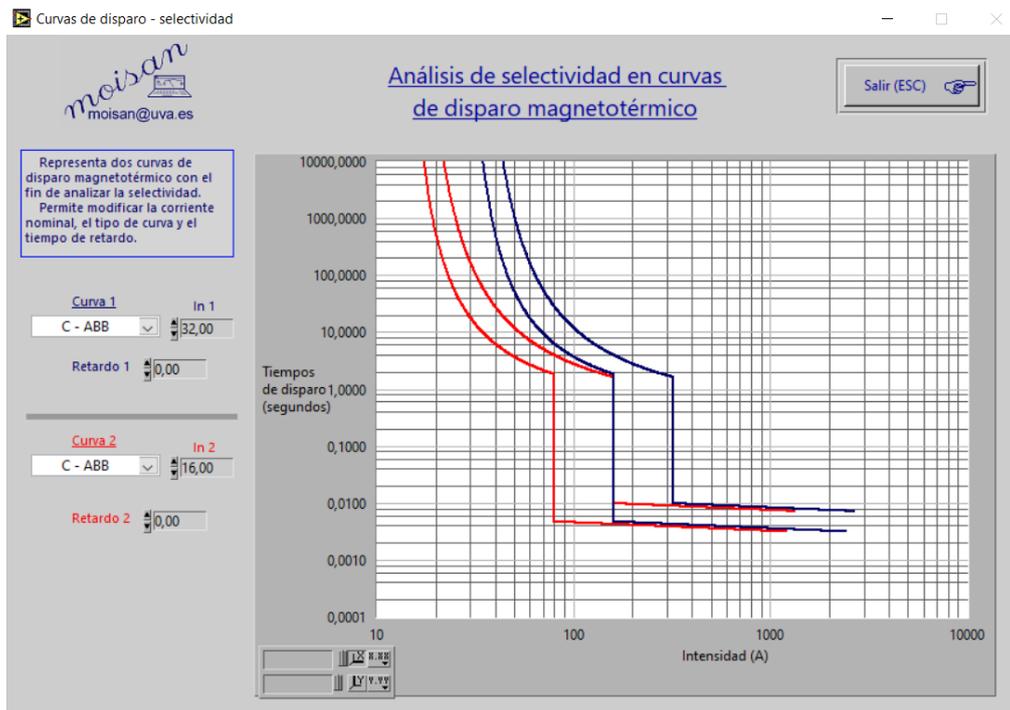


Figura 30. Análisis de selectividad de las curvas de disparo magnetotérmico en el garaje

Al igual que en los servicios generales, el interruptor magnetotérmico de la extracción del garaje siempre presenta una intensidad de disparo inferior a la del IGA, por lo que es correcta la selectividad de los interruptores.

4. PLANOS

4.1 Plano de emplazamiento

4.2 Plano del alzado y perfil del edificio

4.3 Plano de la instalación eléctrica de la planta baja

4.4 Plano de la instalación eléctrica de las plantas superiores

4.5 Plano de las viviendas

4.6 Plano de la instalación eléctrica de las viviendas

4.7 Plano de la instalación eléctrica del garaje

4.8 Esquema eléctrico unifilar general

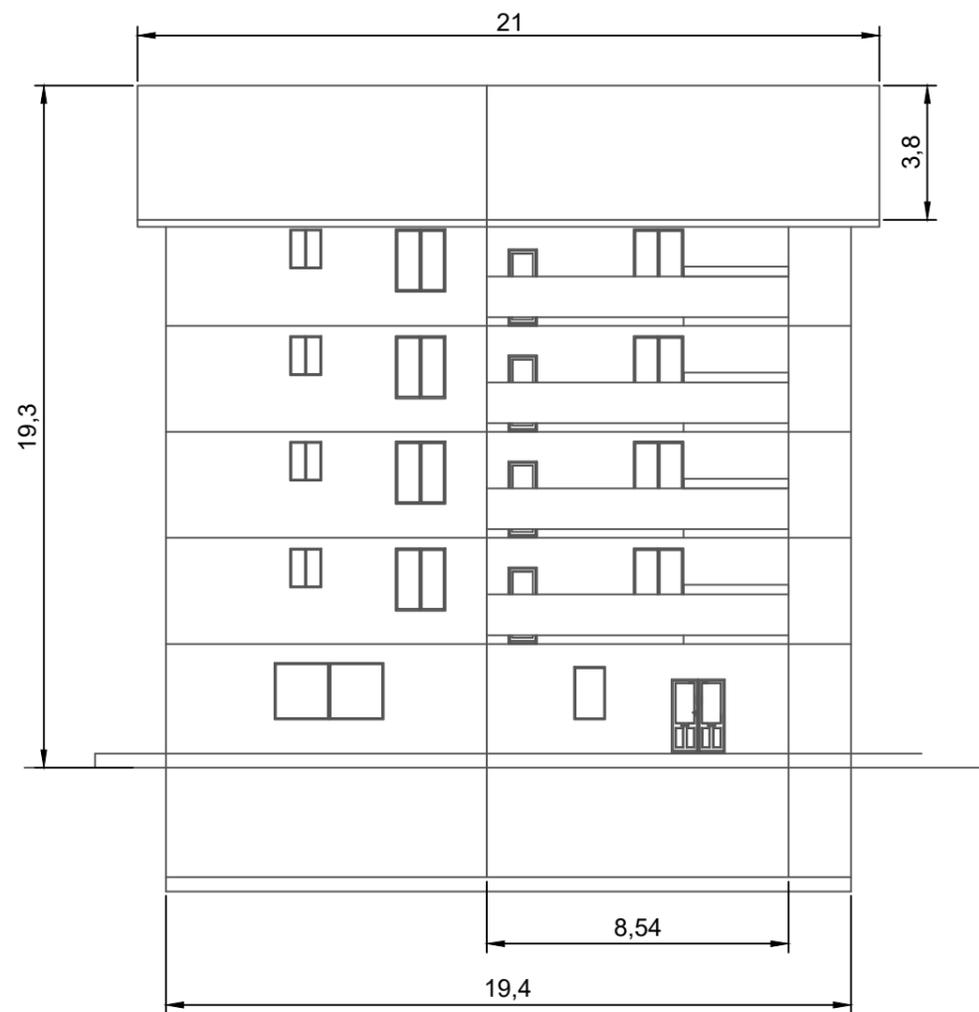
4.9 Esquema eléctrico unifilar de las viviendas

4.10 Esquema eléctrico unifilar de los servicios generales

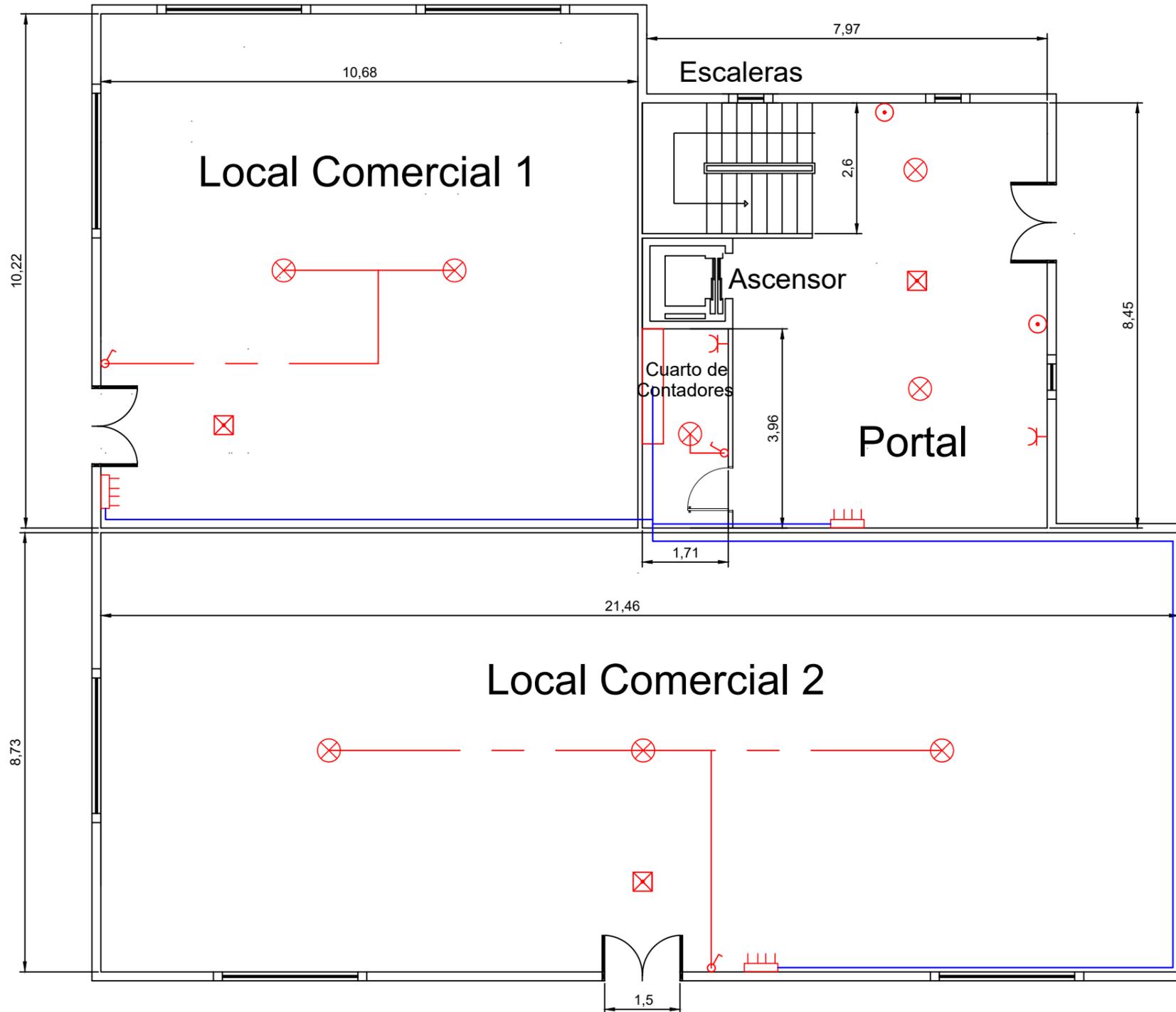
4.11 Esquema eléctrico unifilar del garaje



PLANO DE EMPLAZAMIENTO		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:2000	TAMAÑO A3	PLANO Nº 1



ALZADO Y PERFIL DEL EDIFICIO		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:200	TAMAÑO A3	PLANO Nº 2



LEYENDA

	Toma de corriente 10/16A
	Punto de luz
	Interruptor unipolar
	Cuadro general de mando y protección
	Pulsador
	Luces de emergencia
	Derivación Individual
	Instalación Interior
	Centralizado de contadores

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTA BAJA

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

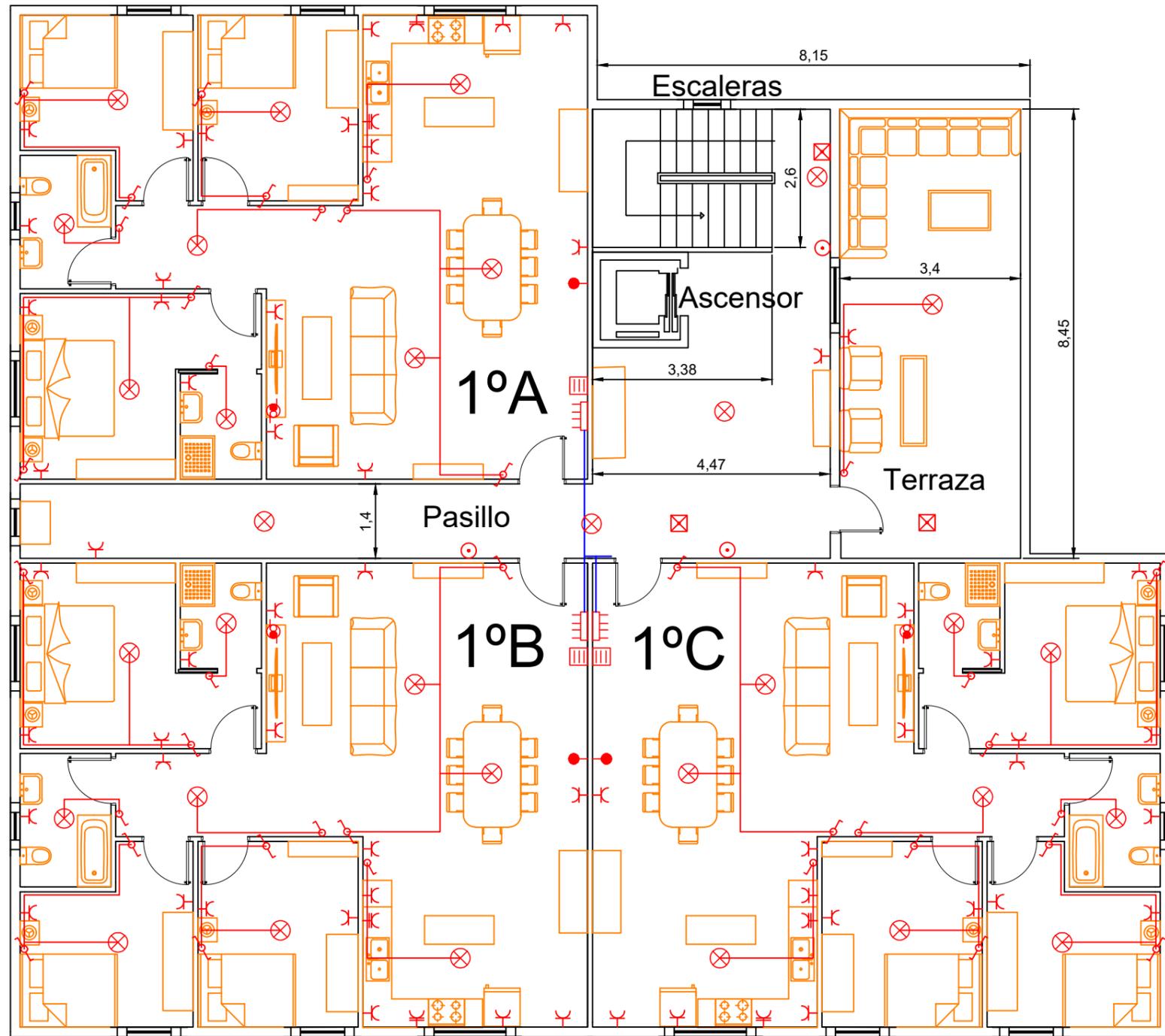
Autor:
ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ

Fecha:
AGOSTO 2022

Escala:
1:100

TAMAÑO A3

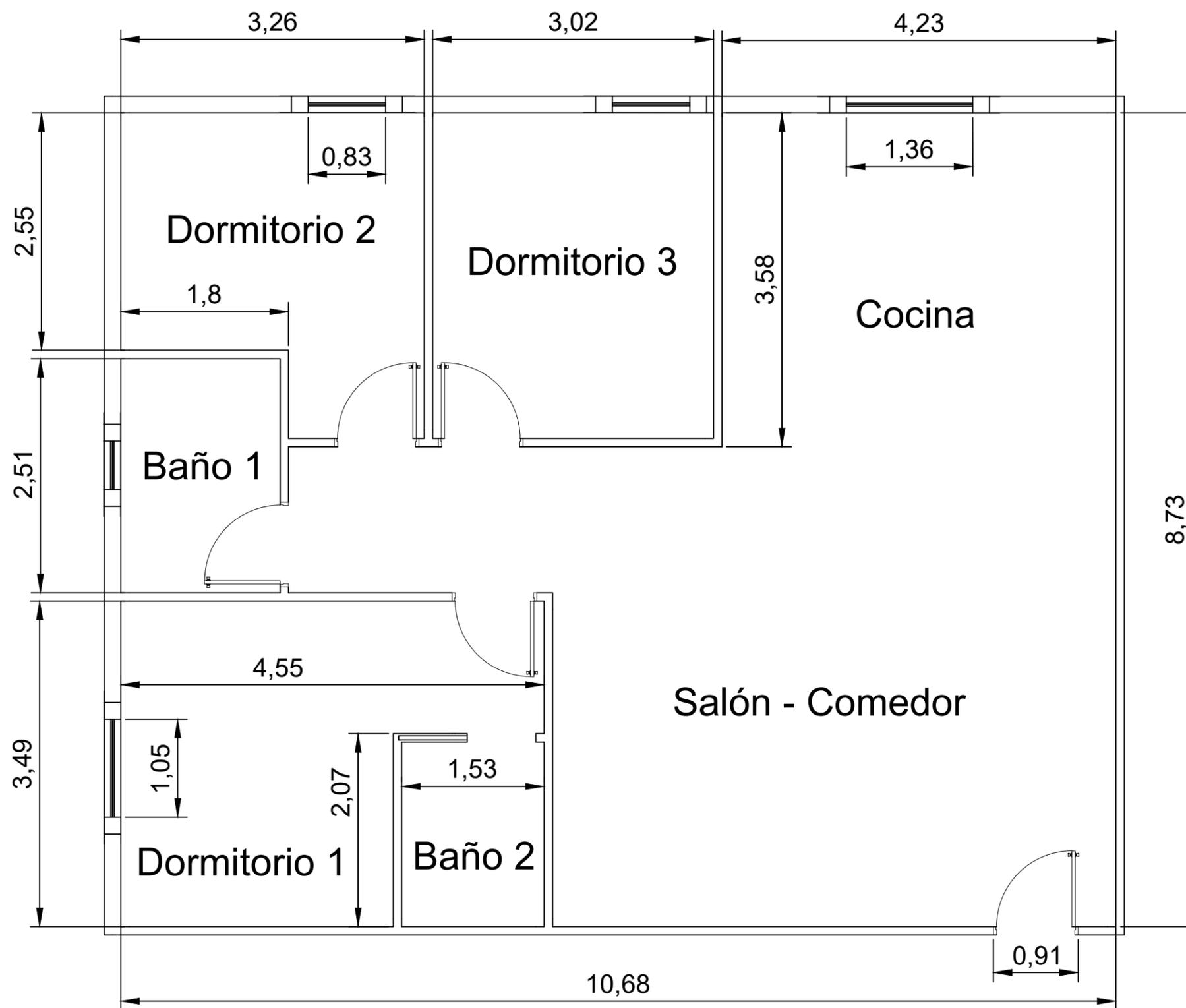
PLANO Nº 3



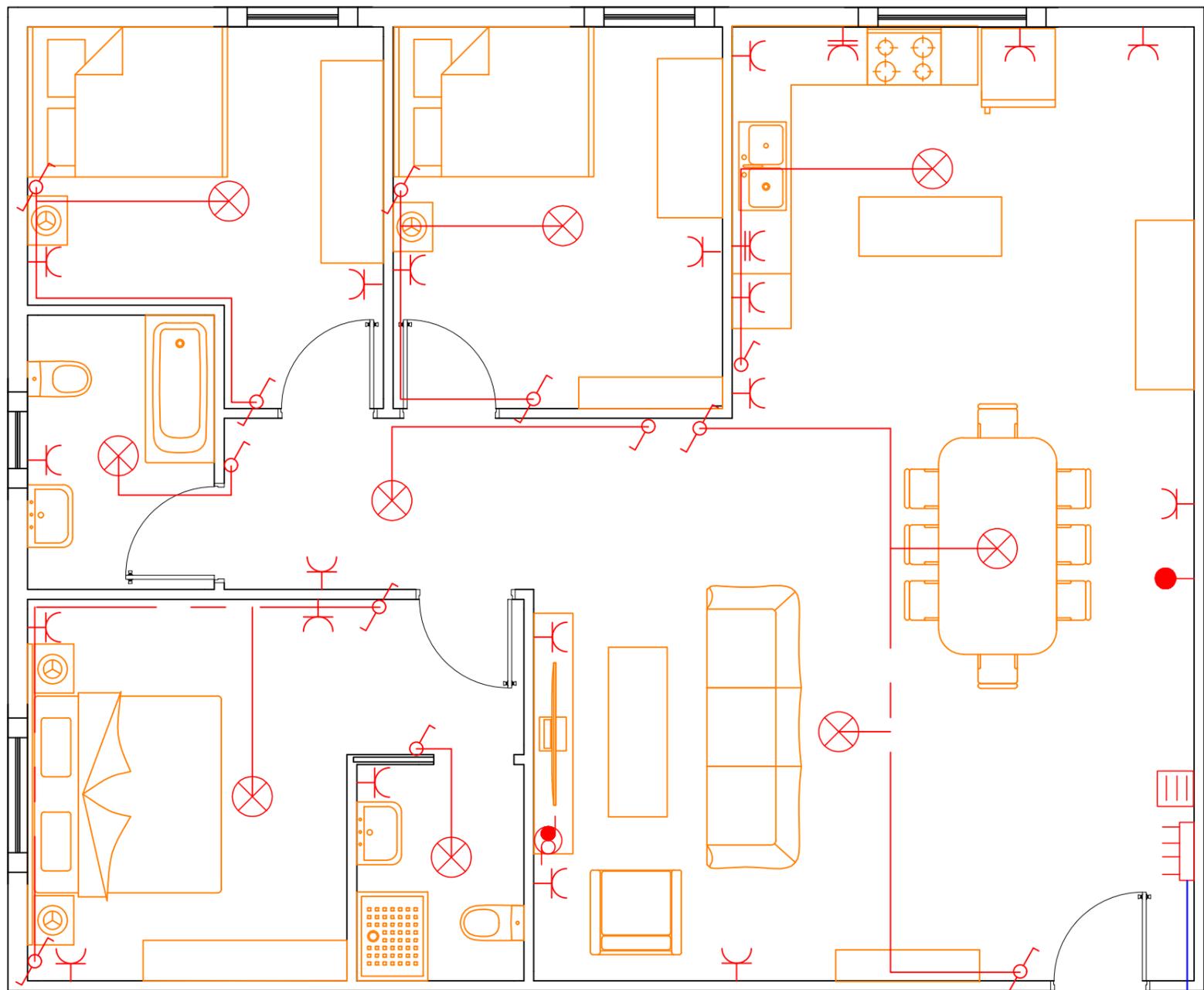
LEYENDA

	Toma de corriente 10/16A
	Toma de corriente 25A
	Punto de luz
	Interruptor unipolar
	Interruptor conmutador
	Cuadro general de mando y protección
	Zumbador
	Toma de teléfono
	Toma de TV
	Pulsador
	Luces de emergencia
	Derivación Individual
	Instalación Interior

INSTALACIÓN ELÉCTRICA PLANTAS 1,2,3 Y 4		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:100	TAMAÑO A3	PLANO Nº 4



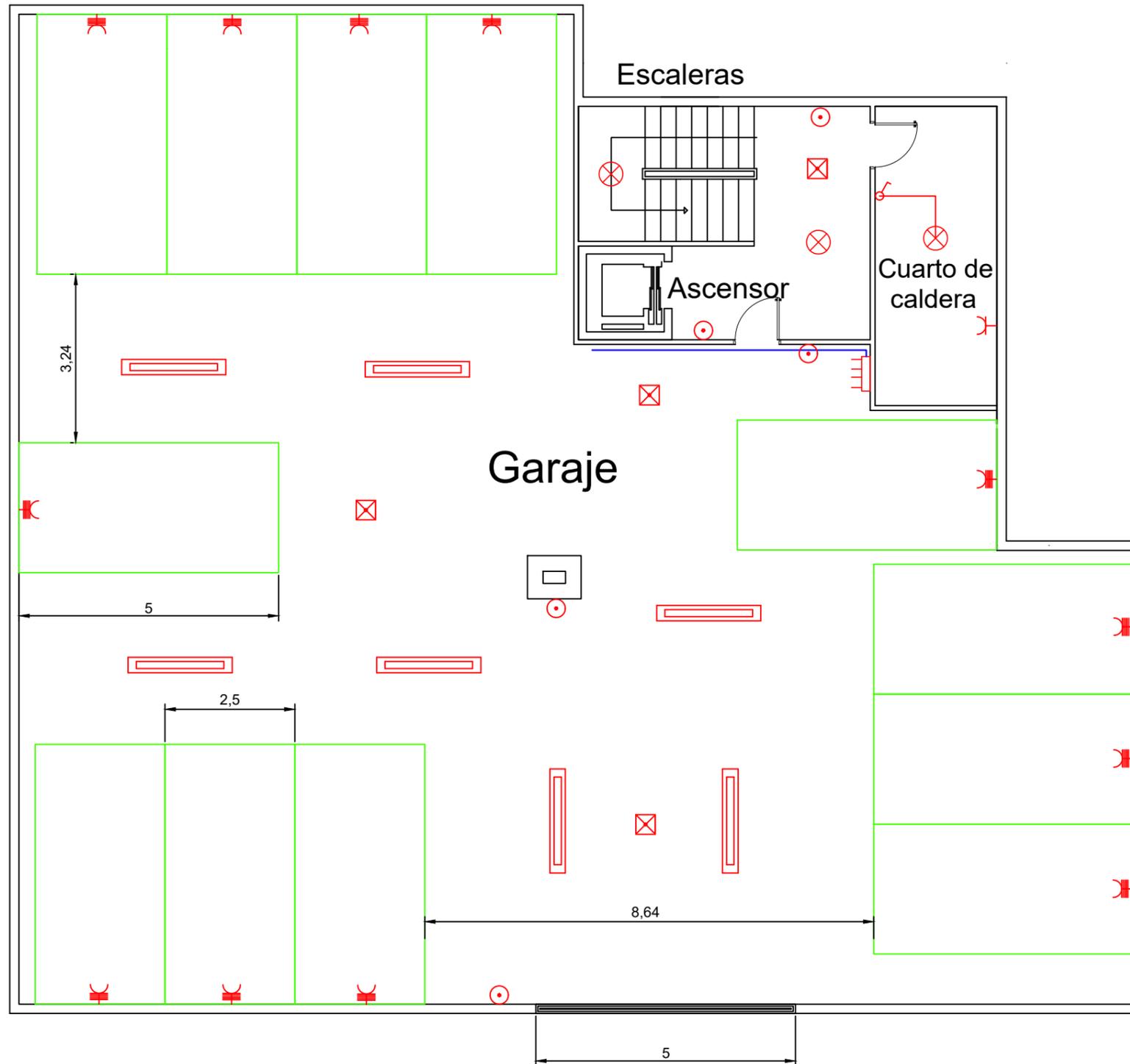
PLANO DE LAS VIVIENDAS		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:50	TAMAÑO A3	PLANO Nº 5



LEYENDA

	Toma de corriente 10/16A
	Toma de corriente 25A
	Punto de luz
	Interruptor unipolar
	Interruptor conmutador
	Cuadro general de mando y protección
	Zumbador
	Toma de teléfono
	Toma de TV
	Derivación Individual
	Instalación Interior

INSTALACIÓN ELÉCTRICA VIVIENDAS		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:50	TAMAÑO A3	PLANO Nº 6

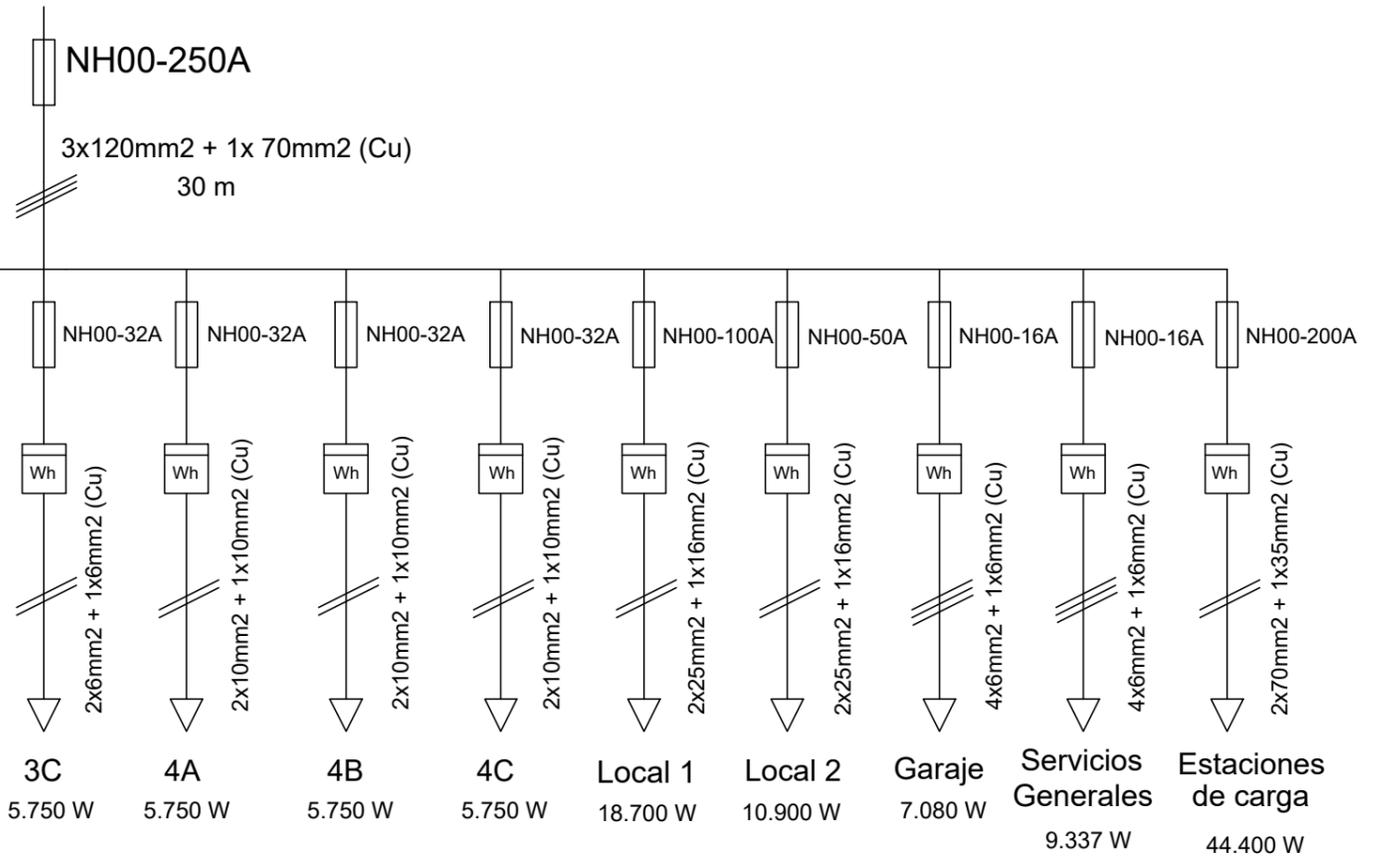


LEYENDA

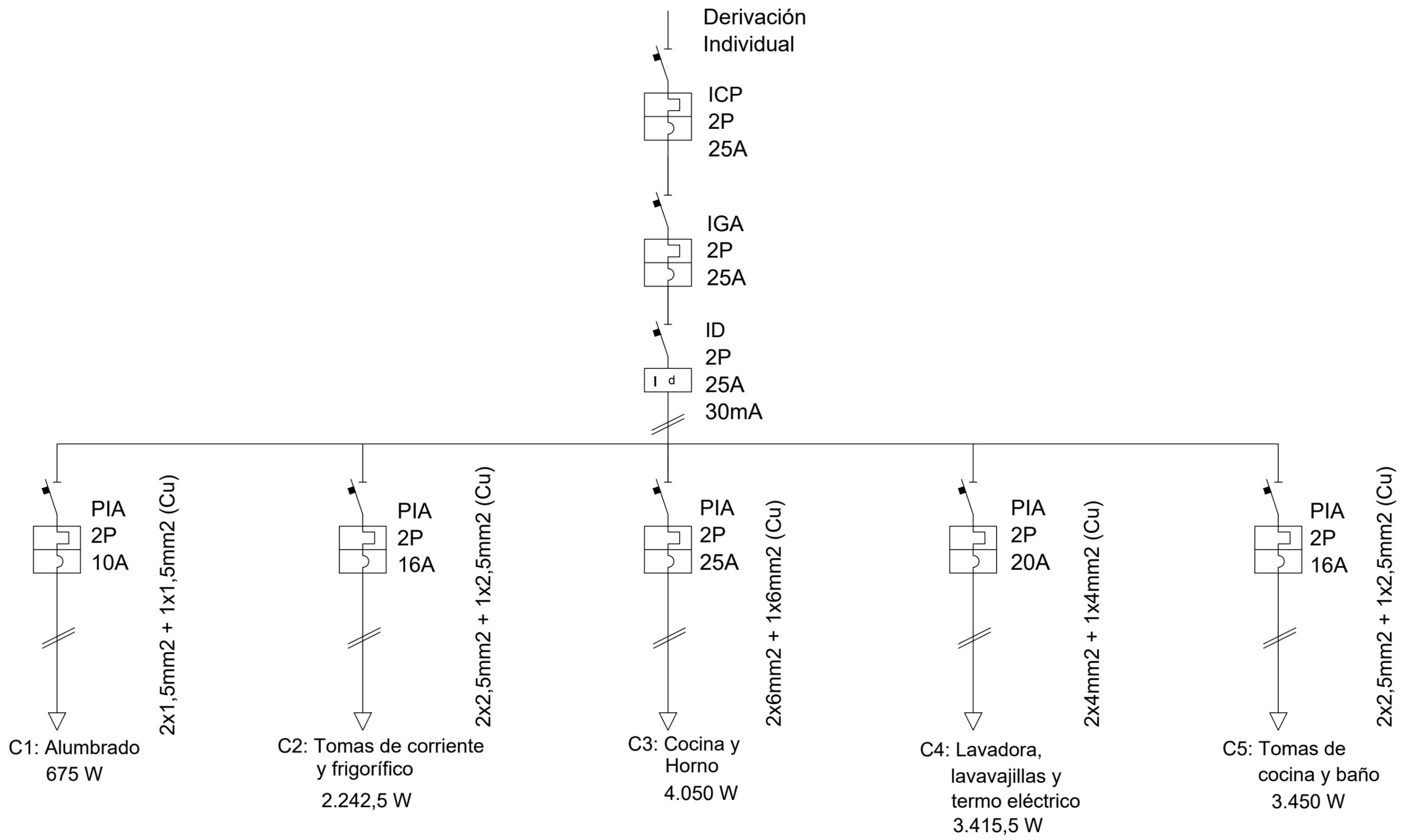
	Toma de corriente 10/16A
	Punto de luz
	Interruptor unipolar
	Cuadro general de mando y protección
	Pulsador
	Luces de emergencia
	Derivación Individual
	Instalación Interior
	Plaza de aparcamiento
	Fluorescente
	Toma de corriente vehículo eléctrico

INSTALACIÓN ELÉCTRICA GARAJE		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala: 1:100	TAMAÑO A3	PLANO Nº 7

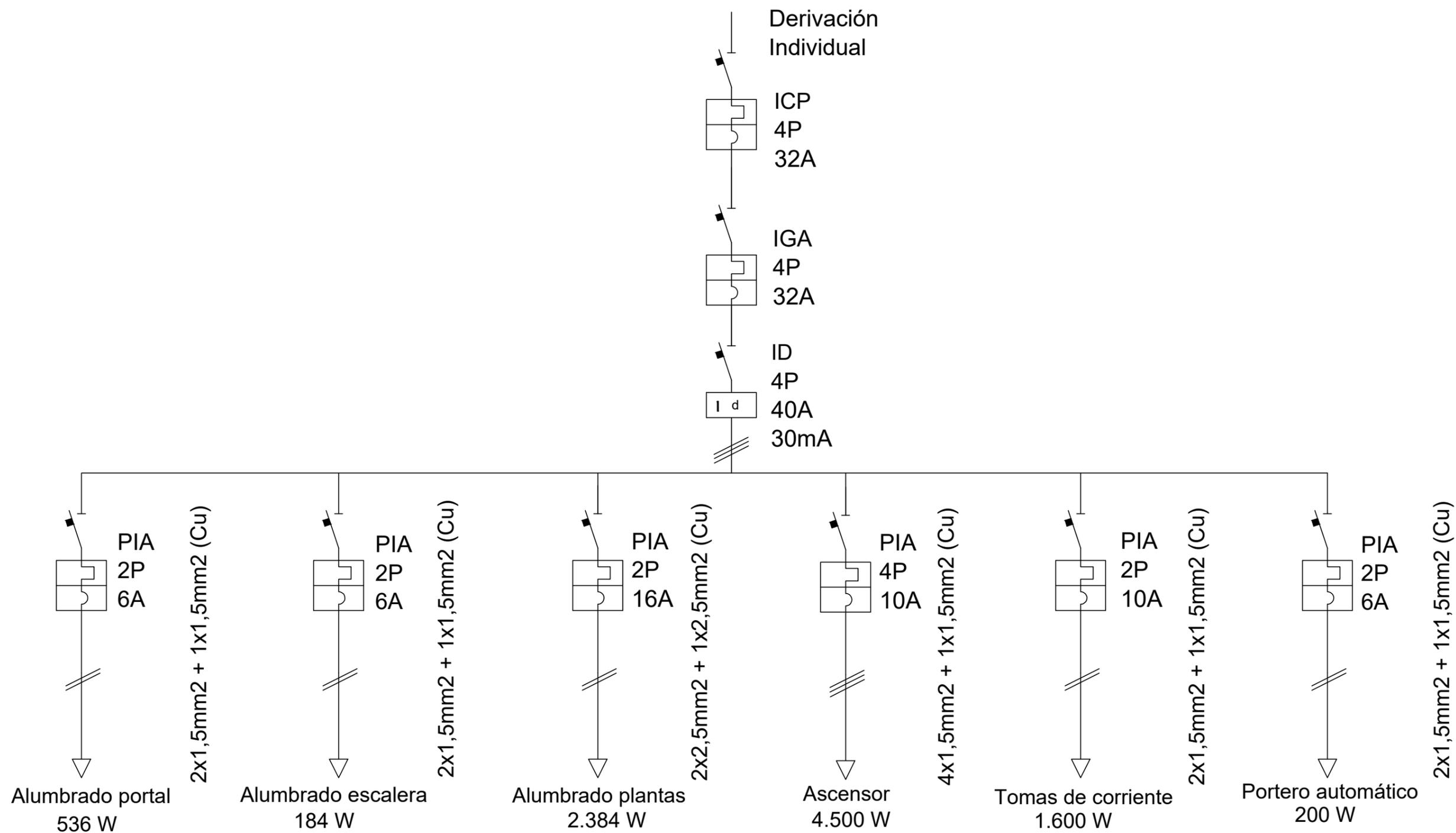
LGA



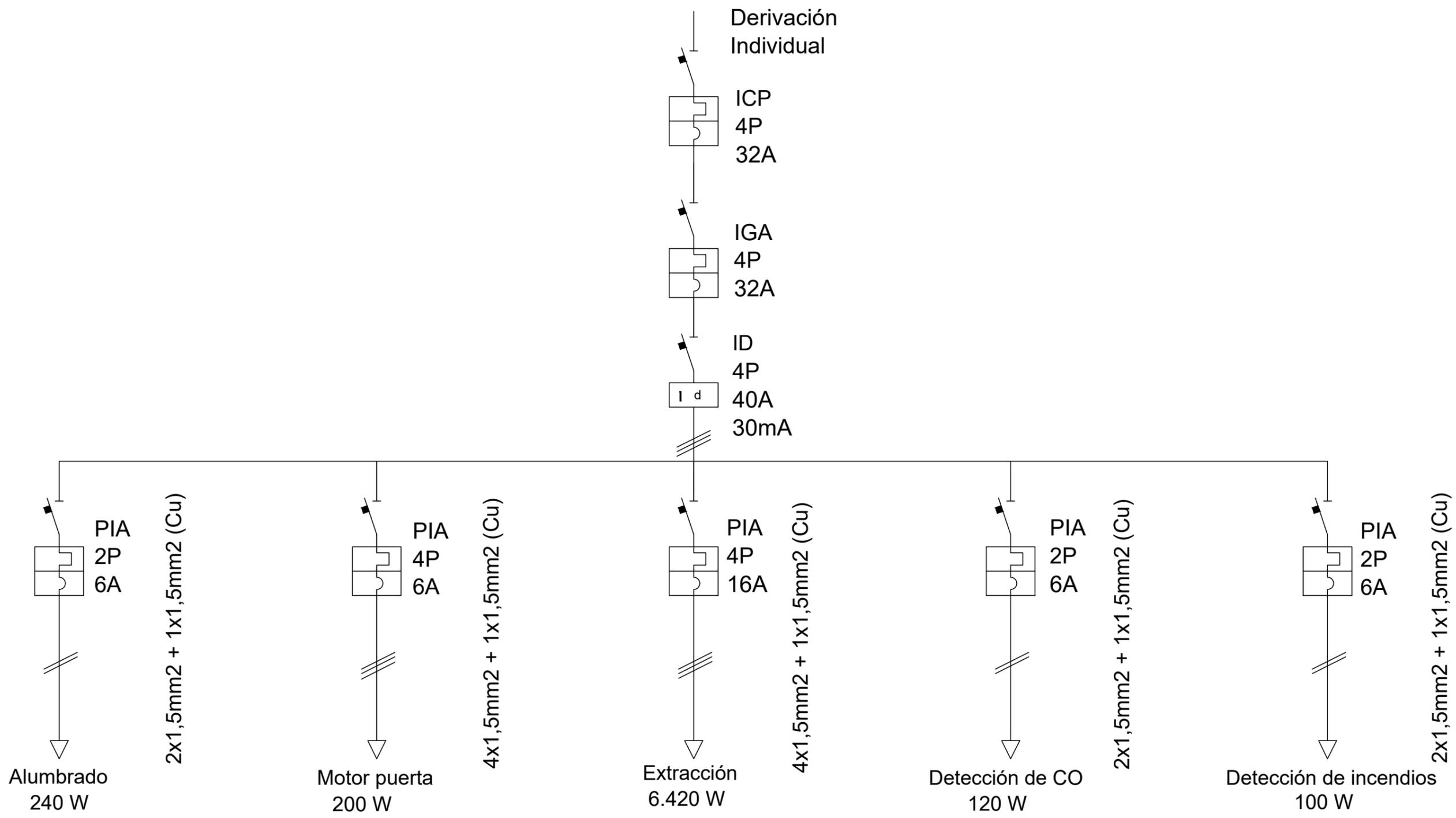
ESQUEMA UNIFILAR GENERAL		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala:	TAMAÑO A3	PLANO N° 8



ESQUEMA UNIFILAR VIVIENDAS		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala:	TAMAÑO A3	PLANO N° 9



ESQUEMA UNIFILAR SERVICIOS GENERALES		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala:	TAMAÑO A3	PLANO Nº 10



ESQUEMA UNIFILAR GARAJE		DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
Autor: ISMAEL ARRIBAS GONZÁLEZ		Fecha: AGOSTO 2022	Escala:	TAMAÑO A3	PLANO Nº 11

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

5.1.1 Ámbito de aplicación

Este pliego de condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

5.1.2 Disposiciones generales

El instalador está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Instalador deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

5.1.3 Condiciones facultativas legales

Las instalaciones del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- **R.D. N.º 8442/2002**, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- **R.D. 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.
- **Decreto 363/2004**, de 24 de Agosto por el cual se regula el procedimiento administrativo para la aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión.

- **Normas particulares y normalización** de la Empresa Suministradora de Energía Eléctrica.
- **Normas tecnológicas de la edificación**, instalaciones: IEB: Baja Tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puestas a tierra.
- **R.D 1942/1993**, Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- **R.D. 314/2006**, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE N.º 74, de 28 de marzo.
- **Ley 31/1995**, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- **R.D.1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- **R.D. 485/1997** de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **R.D.1215/1997** de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **R.D. 773/1997** de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

5.1.4 Seguridad en el trabajo

El Instalador está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el

Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesta a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Instalador, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Instalador en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

5.1.5 Seguridad pública

El Instalador deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Instalador mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Instalador o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

5.1.6 Organización del trabajo

El Instalador ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

5.1.6.1 Datos de obra

Se entregará al instalador una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra. Éste no podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

Además, se hará responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

No se harán por el Instalador alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

5.1.6.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Instalador esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Instalador las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Instalador.

Los gastos de replanteo serán cometido del Instalador.

5.1.6.3 Condiciones generales

El instalador deberá suministrar los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones y, eventualmente, en los cuadros de características de los Planos.

En caso de discrepancias de cantidades entre Planos y Presupuesto, prevalecerá lo que esté indicado en los Planos. En caso de discrepancias de calidades, este documento tendrá preferencia sobre cualquier otro.

En caso de dudas sobre la interpretación técnica de cualquier documento del Proyecto, la Dirección de obra hará prevalecer su criterio. Materiales complementarios de la instalación, usualmente omitidos en Planos y Presupuesto, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, como oxígeno, acetileno, electrodos, minio, pinturas, patillas, estribos, manguitos pasamuros, lubricantes, bridas, tornillos, tuercas, toda clase de soportes, etc., Deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar.

Todos los materiales y equipos suministrados por el Instalador deberán ser nuevos y de la calidad exigida por este pliego de condiciones, salvo cuando en otra parte del

Proyecto, por ejemplo, el Pliego de Condiciones Particulares, se especifique la utilización de material usado.

La oferta incluirá el transporte de los materiales a pie de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.

El Instalador suministrará también los servicios de un Técnico competente que estará a cargo de la instalación y será el responsable ante la Dirección Facultativa o Dirección de Obra, o la persona delegada, de la actuación de los técnicos y operarios que llevarán a cabo la labor de instalar, conectar, ajustar arrancar y probar cada equipo, subsistema y el sistema en su totalidad hasta la recepción.

La Dirección facultativa se reserva el derecho de pedir al Instalador, en cualquier momento, la sustitución del Técnico responsable, sin alegar justificaciones.

En cualquier caso, los trabajos objeto del presente Proyecto alcanzarán el objetivo de realizar una instalación completamente terminada, probada y lista para funcionar.

5.1.7 Planificación y coordinación

A los quince días de la adjudicación de la obra y en primera aproximación, el Instalador deberá presentar los plazos de ejecución de al menos las siguientes partidas principales de la obra:

- Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.
- Montaje y pruebas parciales de las redes de alimentación de, electricidad y protección contra incendios.
- Montaje de cuadros eléctricos, equipos de control, elementos de alumbrado y fuerza, sistemas contra incendios y de gestión de energía eléctrica.
- Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

Sucesivamente y antes del comienzo de la instalación, el Instalador, previo estudio detallado de los plazos de entrega de equipos, aparatos y materiales, colaborará con la Dirección facultativa para asignar fechas exactas a las distintas fases de la obra.

La coordinación con otros instaladores correrá a cargo de la Dirección facultativa, o persona o entidad delegada por la misma.

5.1.8 Acopio de materiales

De acuerdo con el plan de obra, el Instalador irá almacenando en lugar preestablecido todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales quedarán protegidos contra golpes, malos tratos y elementos climatológicos, en la medida que su constitución o valor económico lo exijan.

El Instalador quedará responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.

La Dirección facultativa tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y estado, siempre que la calidad no cumpla con los requisitos marcados por este pliego de condiciones y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún equipo, aparato o material ofrezca dudas respecto a su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección facultativa tendrá el derecho de recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, para realizar los ensayos pertinentes con gastos a cargo del Instalador. Si el certificado obtenido es negativo, todo el material no idóneo será rechazado y sustituido, a expensas del Instalador, por material de la calidad exigida.

Igualmente, la Dirección facultativa podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos en la instalación, siendo por cuenta del instalador todos los gastos ocasionados.

5.1.9 Inspección y medidas previas al montaje

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Instalador deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones. En caso de discrepancias entre las medidas realizadas en obra y las que aparecen en Planos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el instalador deberá notificar las anomalías a la dirección facultativa para las oportunas rectificaciones.

5.1.10 Planos, catálogos y muestras

Los Planos de Proyecto en ningún caso deben considerarse de carácter ejecutivo, sino solamente indicativo de la disposición general del sistema mecánico y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de aparatos, equipos y conducciones el instalador deberá examinar atentamente los planos y detalles del Proyecto técnico de instalaciones.

El instalador deberá comprobar que la situación de los equipos y el trazado de las conducciones no interfieran con los elementos de otros instaladores. En caso de conflicto, la decisión de la Dirección facultativa será inapelable.

El Instalador deberá someter a la Dirección facultativa, para su aprobación, dibujos detallados, a escala no inferior a 1:20, de equipos, aparatos, etc, que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para su correcta evaluación.

Los planos de detalle pueden ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del aparato, siempre que la información sea suficientemente clara.

Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la Dirección facultativa.

En algunos casos y a petición de la Dirección facultativa, el Instalador deberá entregar una muestra del material que pretende instalar antes de obtener la correspondiente aprobación.

El Instalador deberá someter los planos de detalle, catálogos y muestras a la aprobación de la Dirección facultativa con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o de los otros Instaladores.

La aprobación por parte de la Dirección facultativa de planos, catálogos y muestras no exime al Instalador de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

5.1.11 Variaciones de proyecto y cambio de materiales

El Instalador podrá proponer, al momento de presentar la oferta, cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados, debidamente justificada.

La aprobación de tales variantes queda a criterio de la Dirección facultativa, que las aprobará solamente si redundan en un beneficio económico de inversión y/o explotación para la Propiedad, sin merma para la calidad de la instalación.

La Dirección facultativa evaluará, para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la consideración de la totalidad o parte del proyecto técnico de instalaciones, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridos por cualquiera de las otras instalaciones.

Variaciones sobre el proyecto pedidas, por cualquier causa, por la Dirección facultativa durante el curso del montaje, que impliquen cambios de cantidades o calidades e, incluso, el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por el Instalador después de haber pasado una oferta adicional, que estará basada sobre los precios unitarios de la oferta y, en su caso, nuevos precios a negociar.

5.1.12 Cooperación con otros instaladores

El Instalador deberá cooperar plenamente con otras empresas, bajo la supervisión de la Dirección facultativa, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

Si el Instalador pone en obra cualquier material o equipo antes de coordinar con otros oficios, en caso de surgir conflictos deberá corregir su trabajo, sin cargo alguno para la Propiedad.

5.1.13 Protección

El Instalador deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instaladas. En particular, deberá evitar que los materiales aislantes puedan mojarse o, incluso, humedecerse.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, el almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc. Igualmente, si es de temer la oxidación de las superficies

mencionadas, éstas deberán recubrirse con pintura anti-oxidante, que deberá ser eliminada al momento del acoplamiento.

Especial cuidado se tendrá hacia materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, equipos de control, medida, etc, que deberán quedar especialmente protegidos.

El Instalador será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la obra.

5.1.14 Limpieza de la obra

Durante el curso del montaje de sus instalaciones, el Instalador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de tuberías, conductos y materiales aislantes, embalajes, etc.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales (aparatos sanitarios, griferías...).

5.1.15 Andamios y aparejos

El Instalador deberá suministrar la mano de obra y aparatos, como andamios y aparejos, necesarios para el movimiento horizontal y vertical de los materiales ligeros en la obra desde el lugar de almacenamiento al de emplazamiento. El movimiento del material pesado y/o voluminoso, desde el camión hasta el lugar de emplazamiento definitivo, se realizará con los medios de la empresa instaladora, bajo la supervisión y responsabilidad del Instalador, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Instalador.

5.1.16 Obras de albañilería

La realización de todas las obras de albañilería necesarias para la instalación de materiales y equipos estará a cargo de la empresa contratista, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Instalador.

Tales obras incluyen aperturas y cierres de rozas y pasos de muros, recibido a fábricas de soportes, cajas, rejillas, etc, perforación y cierres de elementos estructurales

horizontales y verticales, ejecución y cierres de zanjas, ejecución de galerías, fosos, bancadas, forjados flotantes, pinturas, alicatados, etc.

En cualquier caso, estos trabajos deberán realizarse bajo la responsabilidad del contratista que suministrará, cuando sea necesario, los planos de detalles.

La fijación de los soportes, por medios mecánicos o por soldadura, a elementos de albañilería o de estructura del edificio, será efectuada por el Instalador siguiendo estrictamente las instrucciones que, al respecto, imparta la Dirección facultativa.

5.1.17 Energía eléctrica y agua

Todos los gastos relativos al consumo de energía eléctrica y agua por parte del Instalador para la realización de los trabajos de montaje y para las pruebas parciales y totales correrán a cuenta de la Actividad interesada (el cliente), salvo cuando en otro Documento se indique lo contrario.

El contratista dará a conocer sus necesidades de potencia eléctrica al cliente antes de tomar posesión de la obra.

5.1.18 Ruidos y vibraciones

Toda la maquinaria deberá funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que, en opinión de la Dirección facultativa, puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos exigidos por las Ordenanzas Municipales.

Las correcciones que, eventualmente, se introduzcan para reducir ruidos y vibraciones deben ser aprobadas por la Dirección facultativa y conformarse a las recomendaciones del fabricante del equipo (atenuadores de vibraciones, silenciadores acústicos, etc).

Las conexiones entre canalizaciones y equipos con partes en movimiento deberán realizarse siempre por medio de elementos flexibles, que impidan eficazmente la propagación de las vibraciones.

5.1.19 Accesibilidad

El Instalador hará conocer a la Dirección facultativa, con suficiente antelación, las necesidades de espacio y tiempo para la realización del montaje de sus materiales y equipos.

A este respecto, el contratista deberá cooperar con la empresa instaladora y los otros Instaladores, particularmente cuando los trabajos a realizar estén en el mismo emplazamiento.

Los gastos ocasionados por los trabajos de volver a abrir falsos techos, patinillos, etc, debidos a la omisión de dar a conocer a tiempo sus necesidades, correrán a cargo del Instalador.

Los elementos de medida, control, protección y maniobra deberán ser desmontables e instalarse en lugares visibles y accesibles, en particular cuando cumplan funciones de seguridad.

El Instalador deberá situar todos los equipos que necesitan operaciones periódicas de mantenimiento en un emplazamiento que permita la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la Reglamentación vigente y los recomendados por el fabricante.

El Instalador deberá suministrar a la empresa constructora la información necesaria para el exacto emplazamiento de puertas o paneles de acceso a elementos ocultos de la instalación, como válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc.

5.1.20 Canalizaciones

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de dirección o sección y derivaciones se realizará con los correspondientes accesorios o piezas especiales, centrandos los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

Para las tuberías, en particular, se tomarán las precauciones necesarias a fin de que conserven, una vez instaladas, su sección de forma circular.

Las tuberías deberán soportarse de tal manera que en ningún caso quede interrumpido el aislamiento térmico.

Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos deberá interponerse un material flexible no metálico.

En cualquier caso, el soporte no podrá impedir la libre dilatación de la tubería, salvo cuando se trate de un punto fijo.

Las tuberías enterradas llevarán la protección adecuada al medio en que están inmersas, que en ningún caso impedirá el libre juego de dilatación.

5.1.21 Manguitos pasamuros

El Instalador deberá suministrar y colocar todos los manguitos a instalar en la obra de albañilería o estructural antes de que estas obras estén construidas. El Instalador será responsable de los daños provocados por no expresar a tiempo sus necesidades o indicar una situación incorrecta de los manguitos.

El espacio entre el manguito y la conducción deberá rellenarse con una masilla plástica, aprobada por la Dirección facultativa, que selle completamente el paso y permita la libre dilatación de la conducción. Además, cuando el manguito pase a través de un elemento cortafuego, la resistencia al fuego del material de relleno deberá ser al menos igual a la del elemento estructural. En algunos casos, se podrá exigir que el material de relleno sea impermeable al paso de vapor de agua.

Los manguitos deberán acabar a ras del elemento de obra; sin embargo, cuando pasen a través de forjados, sobresaldrán 15 mm por la parte superior.

Los manguitos serán construidos con chapa de acero galvanizado de 6/10 mm de espesor o con tubería de acero galvanizado, con dimensiones suficientes para que pueda pasar con holgura la conducción con su aislamiento térmico. De otra parte, la holgura no podrá ser superior a 3 cm a lo largo del perímetro de la conducción.

No podrá existir ninguna unión de tuberías en el interior de manguitos pasamuros.

5.1.22 Protección de partes en movimientos

El contratista deberá suministrar protecciones a todo tipo de maquinaria en movimiento, como transmisiones de potencia, rodetes de ventiladores, etc, con las que pueda tener lugar un contacto accidental. Las protecciones deben ser de tipo desmontable para facilitar las operaciones de mantenimiento.

5.1.23 Protección de los elementos a temperatura elevada

Toda superficie a temperatura elevada, con la que pueda tener lugar un contacto accidental, deberá protegerse mediante un aislamiento térmico calculado de tal manera que su temperatura superficial no sea superior a 60 grados centígrados.

5.1.24 Cuadros y líneas eléctricas

El Instalador suministrará e instalará los cuadros eléctricos de protección, maniobra y control de todos los equipos de la instalación mecánica, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.

El Instalador suministrará e instalará también las líneas de potencia entre los cuadros antes mencionados y los motores de la instalación mecánica, completos de tubos de protección, bandejas, cajas de derivación, empalmes, etc, así como el cableado para control, mandos a distancia e interconexiones, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.

La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias marcadas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La Empresa Instaladora Eléctrica será responsable de la alimentación eléctrica a todos los cuadros arriba mencionados, que estará constituida por 3 fases, neutro y tierra.

Salvo cuando se exprese lo contrario en la Memoria del Proyecto, las características de la alimentación eléctrica serán las siguientes: tensión trifásica a 400V entre fases y 230V entre fases y neutro, frecuencia 50 Hz.

5.1.25 Pinturas y colores

Todas las conducciones de una instalación estarán señalizadas de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, con franjas, anillos y flechas dispuestos sobre la superficie exterior de la misma o, en su caso, de su aislamiento térmico.

Los equipos y aparatos mantendrán los mismos colores de fábrica. Los desperfectos, debidos a golpes, raspaduras, etc, serán arreglados en obra satisfactoriamente a juicio de la Dirección facultativa.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores enmarcado bajo cristal, junto al esquema de principio de la instalación.

5.1.26 Identificación

Al final de la obra, todos los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deberán marcarse con una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán nombre y número del aparato. La escritura deberá ser de tipo indeleble, pudiendo sustituirse por un grabado. Los caracteres tendrán una altura no menor de 50 mm.

En los cuadros eléctricos todos los bornes de salida deberán tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

Todos los equipos y aparatos importantes de la instalación, en particular aquellos que consumen energía, deberán venir equipados de fábrica, en cumplimiento de la normativa vigente, con una placa de identificación, en la que se indicarán sus características principales, así como nombre del fabricante, modelo y tipo. En las especificaciones de cada aparato o equipo se indicarán las características que, como mínimo, deberán figurar en la placa de identificación.

Las placas se fijarán mediante remaches o soldadura o con material adhesivo, de manera que se asegure su inamovilidad, se situarán en un lugar visible y estarán escritas con caracteres claros y en la lengua o lenguas oficiales españolas.

5.1.27 Pruebas

El Instalador pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se

indicará a continuación para las pruebas finales y, para las pruebas parciales, en otros capítulos de este pliego de condiciones.

Las pruebas parciales estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción en obra.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Instalador, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor, nacional o extranjera, su recepción se realizará comprobando, únicamente sus características aparentes.

Cuando el material o equipo esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones hidráulicas y eléctricas, fijación a la estructura del edificio, accesibilidad, accesorios de seguridad y funcionamiento, etc).

Sucesivamente, cada material o equipo participará también de las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (estanquidad, funcionamiento, puesta a tierra, aislamiento, ruidos y vibraciones, etc).

5.1.28 Pruebas finales

Una vez la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y que haya sido ajustada y equilibrada de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, se deberán realizar las pruebas finales del conjunto de la instalación y según indicaciones de la Dirección facultativa cuando así se requiera.

5.1.29 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras a petición del Instalador se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia de la Dirección facultativa y del representante del Instalador, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por la Dirección facultativa y el representante del Instalador, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

Al momento de la Recepción Provisional, el Instalador deberá entregar a la Dirección facultativa la siguiente documentación:

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día, comprendiendo como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de ubicación de los cuadros de control y eléctricos, y los planos de plantas donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones de distribución de las instalaciones.
- Una Memoria de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Los Manuales de Instrucciones.
- El certificado de la instalación presentado ante la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma.
- El Libro de Mantenimiento.
- Lista de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.

La Dirección facultativa entregará los mencionados documentos al Titular de la instalación, junto con las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales y el Acta de Recepción, firmada por la Dirección facultativa y el Instalador.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Instalador las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Instalador.

Si el Instalador no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

5.1.30 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Instalador es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Instalador garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

5.1.31 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Instalador levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Instalador y ratificada por el Contratante y el Instalador.

5.1.32 Permisos

El Instalador junto con la Dirección facultativa, deberá gestionar con todos los Organismos Oficiales competentes (nacionales, autonómico, provinciales y municipales) la obtención de los permisos relativos a las instalaciones objeto del presente proyecto, incluyendo redacción de los documentos necesarios, visado por el Colegio Oficial correspondiente y presencia durante las inspecciones.

5.1.33 Entrenamiento

El Instalador deberá adiestrar adecuadamente, tanto en la explotación como en el mantenimiento de las instalaciones, al personal que en número y calificación designe la Propiedad.

Para ello, por un periodo no inferior a lo que se indique en otro Documento y antes de abandonar la obra, el Instalador asignará específicamente el personal adecuado de su plantilla para llevar a cabo el entrenamiento, de acuerdo con el programa que presente y que deberá ser aprobado por la Dirección facultativa.

5.1.34 Repuestos, herramientas y útiles específicos

El Instalador incorporará a los equipos los repuestos recomendados por el fabricante para el periodo de funcionamiento que se indica en otro Documento, de acuerdo con la lista de materiales entregada con la oferta.

5.1.35 Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra (construcción y montaje de conductos, montaje de tuberías, montaje de equipos especiales, construcción y montaje de cuadros eléctricos y tendido de líneas eléctricas, puesta a punto de equipos y materiales de control, etc).

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito a la Dirección facultativa del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

5.1.36 Riesgos

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y arte, a riesgo y ventura del Instalador, sin que esta tenga, por tanto, derecho a indemnización por causa de pérdidas, perjuicios o averías. El Instalador no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

El Instalador será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofes atmosféricas, etc, debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.

Asimismo, el Instalador deberá disponer también de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

5.1.37 Rescisión del contrato

Serán causas de rescisión del contrato la disolución, suspensión de pagos o quiebra del Instalador, así como embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma.

Serán asimismo causas de rescisión el incumplimiento repetido de las condiciones técnicas, la demora en la entrega de la obra por un plazo superior a tres meses y la manifiesta desobediencia en la ejecución de la obra.

La apreciación de la existencia de las circunstancias enumeradas en los párrafos anteriores corresponderá a la Dirección facultativa.

En los supuestos previstos en los párrafos anteriores, la Propiedad podrá unilateralmente rescindir el contrato sin pago de indemnización alguna y solicitar indemnización por daños y perjuicios, que se fijará en el arbitraje que se practique.

El Instalador tendrá derecho a rescindir el contrato cuando la obra se suspenda totalmente y por un plazo de tiempo superior a tres meses. En este caso, el Instalador tendrá derecho a exigir una indemnización del cinco por ciento del importe de la obra pendiente de realización, aparte del pago íntegro de toda la obra realizada y de los materiales situados a pie de obra.

5.1.38 Pago de obra

El pago de obras realizadas se hará a término de las mismas debido a la duración estimada de estas (unos 7 días). En caso de prolongarse estas por un periodo superior a 30 días, se abonarán las certificaciones mensuales de las mismas.

Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Instalador las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

5.1.39 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Instalador será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Instalador se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

5.1.40 Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

5.2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

5.2.1 Generalidades

El contratista se comprometerá a utilizar los materiales con las características y marcas que se especifican en el proyecto, si por alguna circunstancia el Contratista quisiera utilizar materiales o aparatos distintos a los especificados en el proyecto, éstos deberán de ser de características similares y necesitará tener la pertinente autorización del Ingeniero Director de obra para poder utilizar estos nuevos materiales.

Una vez iniciadas las obras, deberán continuar sin interrupción, salvo indicación expresa del Director de la obra.

El Contratista dispondrá de los medios técnicos y humanos adecuados para la ejecución rápida y correcta de la misma.

5.2.2 Instalaciones eléctricas

5.2.2.1 Dispositivos generales e individuales

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m. Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNEEN 60.439 - 3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

5.2.2.2 Instalación interior

La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

Las intensidades máximas admisibles de los conductores, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional. En zonas con riesgo de incendio, la intensidad admisible deberá disminuirse en un 15%.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

5.2.2.3 Aparatos de protección

El interruptor automático general, será de accionamiento manual o mediante bobina de disparo, el resto de interruptores magnetotérmicos serán de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados, sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, abriendo y cerrando circuitos, sin posibilidad de tomar posición intermedia.

Su capacidad de corte para la protección del cortocircuito, estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que se pueda presentar en el punto donde se encuentran instalados, y para la protección contra el calentamiento de las líneas se regulará para una temperatura inferior a los 60°C.

Se instalará un interruptor magnetotérmico por cada circuito y en el mismo aparecerán marcadas su intensidad y tensión nominal de funcionamiento.

Los fusibles empleados para proteger los circuitos secundarios, serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen, se colocarán sobre material aislante e incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Se podrán cambiar en tensión sin peligro alguno y llevarán marcada la intensidad y tensión de servicio.

Los interruptores diferenciales podrán proteger a uno o varios circuitos a la vez, provocando la apertura del circuito o circuitos que protegen cuando en alguno de ellos se produzcan corrientes de defecto.

5.2.2.4 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección.

Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde- amarillo.

Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

5.2.2.5 Subdivisiones de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo, a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda la instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, por ejemplo, si solo hubiera un circuito de alumbrado.

5.2.2.6 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000 \text{ V}$ a frecuencia instalador, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

5.2.2.7 Conexiones eléctricas

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

5.2.3 Sistemas de instalación

5.2.3.1 Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables. Los tubos serán metálicos, rígidos o flexibles, con las siguientes características:

- Resistencia a la compresión: fuerte.
- Resistencia al impacto: fuerte.
- Temperatura mínima de instalación y servicio: -5°C .
- Temperatura máxima de instalación y servicio: $+60^{\circ}\text{C}$.
- Resistencia al curvado: rígido/ curvable.
- Propiedades eléctricas: continuidad eléctrica/ aislante.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: contra objetos de un milímetro.

- Resistencia a la penetración del agua: contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: protección interior y exterior media.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC -BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación. Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos cúvales en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a las normas UNE.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo

será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutiva de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro. Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
 - Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre estas será, como máximo, de medio metro. Se dispondrán fijaciones en ambas partes en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
 - Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
 - En alineaciones rectas, las derivaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos, no serán superiores al 2 %.
 - Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 metros sobre el suelo, para protegerlos de eventuales daños mecánicos.

5.2.3.2 Conductores aislados bajo canales protectores

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V, aislados con mezclas termoplásticos o termoestables. Las canales serán metálicas, con las siguientes características:

- Resistencia al impacto: fuerte.
- Temperatura mínima de instalación y servicio: +15°C canales L < 16 mm y -5°C canales L > 16 mm.
- Temperatura máxima de instalación y servicio: +60°C.
- Propiedades eléctricas: Aislante canales L < 16 mm y Continuidad eléctrica/aislante canales L > 16 mm.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Grado 4 canales L < 16 mm y no inferior a 2 canales L > 16 mm.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

5.2.4 Red de tierra

5.2.4.1 Conductores de equipotencialidad

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm² si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

5.2.4.2 Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

5.2.5 Cuadro de distribución de baja tensión

Tendrá como mínimo, las dimensiones calculadas en el presente proyecto, para que pueda albergar toda la paramenta y los dispositivos de mando y protección necesarios de la instalación eléctrica del edificio.

5.2.6 Alumbrado de emergencia

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación a la instalación de alumbrado normal, entendiéndose por fallo el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70 % de su valor nominal.
- Mantendrá las condiciones de servicio que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- Proporcionará una iluminancia de 1 lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- La iluminancia será, como mínimo, de 5 lx en los espacios definidos anteriormente.
- La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.

Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad.

6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

6.1 INTRODUCCIÓN

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud, en aquellos proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en los apartados siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 €.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Que se trate de obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Si en algún momento se no se cumpliera alguno de los supuestos, se elaboraría un estudio de seguridad y salud.

Dicho estudio establece las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como información útil para efectuar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos de mantenimiento.

Además, este documento servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora sobre sus obligaciones en el terreno de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, en el que se especifican las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Nos fijamos en el artículo 7 de dicho Real Decreto, que indica que hay que elaborar un plan de seguridad y salud en el trabajo en el cual se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente documento. Dicho plan deberá ser aprobado antes del inicio de las obras por el coordinador de seguridad.

El artículo 10 de dicho Real Decreto establece que se aplicarán todos los principios de acción preventiva recogidos en el artículo 15 de la "Ley de Prevención de Riesgos Laborales" (Ley 31/1995, de 8 de noviembre) durante la ejecución de la obra. Como ley, establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, siendo la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidad para

establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Estas normas complementarias pueden ser resumidas de la siguiente manera:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección colectiva e individual.

En sucesivos apartados se irán comentando los contenidos más relevantes de las anteriores normas complementarias.

6.2 FASES DE LA OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

6.2.1 Identificación de riesgos en instalaciones eléctricas

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulvigeno.
- Animales y/o parásitos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos y/o colisiones.
- Caída de objetos y/o maquinas.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos directos.
- Cuerpos extraños en ojos.

- Desprendimientos.
- Exposición a fuentes luminosas peligrosas.
- Golpe por rotura de cable.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos.
- Ruido.
- Caída de personas de altura.

Se van a aportar medidas de protección colectiva e individual, pero siempre va a prevalecer la protección colectiva por encima de la individual.

6.3 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO

6.3.1 Introducción

En esta primera norma complementaria se fijan los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, en cuanto a garantizar la seguridad y la salud en los diferentes puestos de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

En el Real Decreto 486/1997 vienen señaladas las disposiciones mínimas que han de tener los lugares de trabajo, sean edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder por su trabajo, sin incluir obras de construcción temporales o móviles.

6.3.2 Obligaciones del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que no se originen riesgos perjudiciales para la seguridad y salud de los trabajadores.

Estas disposiciones mínimas se agrupan en seis divisiones, dependiendo al tema que van referidas:

- Condiciones constructivas.
- Orden, limpieza y mantenimiento.
- Condiciones ambientales.

- Condiciones de iluminación mínima.
- Servicios higiénicos y locales de descanso.
- Material y locales de primeros auxilios.

En los siguientes subapartados se van a detallar cada una de estas seis divisiones.

6.3.2.1 Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones, caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamiento de materiales sobre los trabajadores. Asimismo, todos los lugares de trabajo tendrán la obligación de facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Para el cumplimiento de todo lo anterior y para la previsión de los riesgos, se puntualizan una serie de medidas a ejecutar:

- El pavimento se elaborará de material consistente, no resbaladizo y siendo un conjunto homogéneo, llano y liso.
- Las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas.
- Los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.
- Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a las que sean sometidos.
- Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud, en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m^2 por trabajador, un volumen mayor a 10 m^3 por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m.
- Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos, de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

- Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.
- Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.
- Los pavimentos de las escaleras serán de materiales no resbaladizos con una pendiente que podrá variar entre un 8 y 12 % siendo la anchura mínima de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m para las de uso general.
- Todas las vías y salidas de evacuación deberán estar limpias y sin obstáculos, para facilitar una rápida evacuación hacia el exterior, estas salidas deberán estar dotadas de un alumbrado de emergencia.
- La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles con conductores y paramenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.
- Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por él.
- Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas y diferentes dispositivos de corte por intensidad de defecto.

6.3.2.2 Orden, limpieza y mantenimiento

Estas condiciones son esenciales en toda obra, para que esta se desarrolle con total normalidad, algunas de las medidas relacionadas con este apartado son:

- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.
- Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.
- Todos los lugares de trabajo, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

6.3.2.3 Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C.

En los locales donde se realicen trabajos ligeros la deberán cumplirse estas medidas:

- La temperatura estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa oscilará entre el 30 % y el 70 %, excepto en los locales en los que puedan existir riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 %.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.

6.3.2.4 Condiciones de iluminación mínima

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Además, los puestos de trabajo llevarán puntos de luz individuales, con el fin de obtener los siguientes niveles de iluminación:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux.
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux.
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.

- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1.000 lux.

Toda la iluminación deberá ser distribuida de forma uniforme para evitar los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia. Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

6.3.2.5 Servicios higiénicos y locales de descanso

Las instalaciones contarán con una serie de instalaciones que ofrecerán los servicios de descanso e higiénicos para todos los trabajadores, estos emplazamientos son:

- Se contará con un espacio definido como vestuarios, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado.
- Habrá aseos con retretes con descarga automática de agua y papel higiénico, lavabos con agua corriente, jabón y toallas individuales u otros sistemas de secado con garantías higiénicas. Estos habitáculos estarán alicatados hasta una altura de 2 m respecto al suelo. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.
- Todos los locales dispondrán de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

6.3.2.6 Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, así como a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá en un lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento agua oxigenada, alcohol de 96 °C, tintura de yodo, merbromina, gasas estériles, algodón hidrófilo, guantes esterilizados y jeringuillas.

6.4 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

6.4.1 Introducción

La segunda norma complementaria hace referencia a las medidas mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

En dicha ley se entiende como disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, a aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o a la salud en el trabajo, mediante:

- Una señal en forma de panel con color.
- Una señal luminosa o acústica.
- Una comunicación verbal.
- Una señal gestual.

6.4.2 Obligaciones del empresario

Para el cumplimiento de todas estas disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, el empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que no se originen riesgos perjudiciales para la seguridad y salud de los trabajadores.

La elección del tipo de señal, la cantidad y el emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

6.4.3 Condiciones de señalización

La señalización en seguridad se puede definir como el conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo frente a unas circunstancias que se resaltan y cuyo fin es llamar la atención.

Hay tres tipos de señales:

- Advertencia: Incluye peligro por riesgo de incendio, materias inflamables, de explosión, materias explosivas, eléctrico, cargas suspendidas, caída de objetos, caídas al mismo nivel, caídas de distinto nivel, maquinaria pesada.
- Prohibición: Incluye prohibición de fumar, encender fuego, paso a los peatones.
- Obligación: Incluye obligación de uso de casco, botas, guantes, gafas, pantalla protectora, mascarilla, protectores auditivos, cinturón de seguridad, arnés de seguridad.

Además, se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo, teniendo en cuenta el color del suelo.
- Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.
- La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.
- La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se podrá emplear una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

6.5 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

6.5.1 Introducción

Las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo van dedicadas a garantizar que la utilización o presencia de dichos equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no deriven en riesgos dañinos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 se entiende como equipos de trabajo cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el centro de trabajo.

6.5.2 Obligaciones del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Se deberán utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación. Para la elección de los mencionados equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar, los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores y en su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

En todos los elementos que conforman los equipos de trabajo, el empresario adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, dichos elementos se conserven en unas condiciones adecuadas. Todas estas operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, siendo realizadas por personal especialmente capacitado para ello. Estas medidas se exponen en apartados sucesivos.

Además, el empresario es el encargado de garantizar que todos los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada será preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las siguientes indicaciones relativas:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

6.5.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo

A continuación, se puntualizan las disposiciones mínimas que deberán cumplir los diversos equipos en los centros de trabajo:

- Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.
- Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.
- Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.
- Cualquier equipo de trabajo que tenga riesgo de emanación de gases, vapores o líquidos deberán estar provistos de extracción de la fuente emisora correspondiente.
- Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.
- Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.
- Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.
- Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

- Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.
- La utilización de todos los equipos en los centros de trabajo no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.
- Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar atrapamientos del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

6.5.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles

Las disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles se enumeran a continuación:

- Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo se incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.
- Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor con una estructura que impida que la carretilla vuelque o en caso de vuelco, que se garantice que queda espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y las determinadas partes de dicha carretilla, igualmente esa estructura deberá mantener al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y una señalización acústica de advertencia.

6.5.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Siguiendo con las disposiciones mínimas que deben cumplir los diferentes equipos de un centro de trabajo, citamos algunas de las medidas que se deben adoptar referente a la elevación de cargas:

- Los equipos estarán instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con un limitador del recorrido del carro y, los ganchos y motores eléctricos tendrán limitadores de altura y peso.
- En todos los equipos deberá figurar claramente la carga nominal.
- Se instalarán de modo que se reduzca el riesgo de que, si la carga cae en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa, que ningún trabajador este debajo de dicha carga.
- Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

6.5.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicable a los equipos de trabajo para movimientos de tierra y maquinaria pesada

La maquinaria a emplear deberá cumplir con una serie de disposiciones enumeradas a continuación:

- Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia delante y hacia atrás, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, extintor, retrovisores en ambos lados y jaula de seguridad antivuelco.
- Se prohibirá trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.
- Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.
- Si se produjese el contacto de una maquina con una línea eléctrica, el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

- Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.
- Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.
- Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.
- Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m del borde de la excavación.
- No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.
- Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.
- Los compresores serán de los llamados “silenciosos” que deberán disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras de esta máquina estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.
- Cada trabajo con martillos neumáticos será trabajado con dos cuadrillas que se turnarán cada hora para prevenir lesiones por estar recibiendo vibraciones de forma continuada.
- Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales.

6.5.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria de herramientas

Estas disposiciones que se deben cumplir son las siguientes:

- Estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

- Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa anti-proyecciones.
- Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes.
- Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.
- Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.
- En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.
- Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos.
- Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.
- Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará de no recalentar las brocas y discos.
- Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.
- En las tareas de soldadura por arco eléctrico se seguirán una serie de normas o pautas. Se utilizará pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán piezas recientemente soldadas, soldar en sitios ventilados, comprobar que no haya personas en el entorno vertical de nuestro trabajo, no se dejará a pinza en el suelo o en la perfilería, escoger adecuadamente el electrodo y no se trabajará con vientos superiores a 60 km/h ni a la intemperie con lluvia.

6.5.2.6 Disposiciones mínimas adicionales aplicables en medios auxiliares

En este apartado se hace referencia a todas las medidas mínimas que han de adoptar cuando se empleen en los centros de trabajo medios auxiliares tales como vallas

metálicas o de madera, escaleras de mano, andamios tubulares o contenedores de escombros.

Las disposiciones mínimas consideradas para estos medios son:

- El vallado perimetral de la obra debe cubrir el total del perímetro determinado. La altura debe pasar de 1,50 m, si bien se recomiendan los 2m fijándose al suelo con aglomeraciones o hincando sus soportes, asegurando el cierre de los accesos a la obra fuera de horarios de trabajo.
- El vallado de señalización para acotar lugares de trabajo, de almacenamiento, de peligro, etc., se dispondrá de forma vertical e informará por medio de colores vivos, que no debe traspasarse su ubicación. Su longitud suele ser de 2,50 m y su altura de 1 m. Se disponen sin sujeción, por lo que no pueden sustituir a las barandillas en huecos con riesgo de caída.
- Cuando exista riesgo de caída a distinto nivel y se dispongan estas vallas, se deberán situar de forma que cierren el paso no dejando huecos y a distancia mínima del hueco de 1,50 m.
- Las barandillas para prevenir riesgos de caídas a distinto nivel tendrán una altura mínima de 90 cm, una resistencia de 150 kg/m y formarán unidad con el parámetro que lo sustenta.
- Las escaleras de mano no se utilizarán para alturas de más de 5 m.
- Las escaleras de tijera estarán dotadas de un mecanismo de limitación de apertura.
- Todas las escaleras de mano tendrán la resistencia, elementos de apoyo y de sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.
- Los andamios se arriostrarán siempre para evitar movimientos indeseables al equilibrio del operario, se harán sobre puntos fuertes que se preverán en los paramentos verticales.
- Los andamios deberán ser inspeccionados diariamente antes del inicio de los trabajos por la persona que se designe al comienzo de la obra con la empresa constructora.
- Desde los andamos nunca se tirarán escombros, ni se fabricarán morteros.
- La separación entre el andamio y paramento vertical será como mínimo de 0,30 m.
- Las plataformas de trabajo en los andamios tendrán un ancho mínimo de 60 cm y estarán perfectamente ancladas en los apoyos. Como mínimo la plataforma

estará constituida por tres tablones que deberán estar unidos entre sí. A partir de 2 m de altura, las plataformas habrán de poseer barandillas de 0,90 m de altura con un listón entre medio y un rodapié. Los tablones de la plataforma estarán limpios, sin nudos y no deberán tener defectos visibles.

- Se tenderán cables de seguridad anclados a puntos fuertes de la estructura para poder utilizarlos como amarre del fiador del cinturón de seguridad.
- Para posicionar el contenedor de escombros, el encargado controlará los movimientos de descarga para que se realicen según las instrucciones de operaciones del camión de transporte.
- El contenedor se subirá y se bajará del camión por los lugares establecidos por el fabricante para este fin, para evitar los accidentes por caída.
- El contenedor se cargará sin colmo, enrasando la carga y se cubrirá con una lona para evitar los vertidos accidentales de la carga durante la retirada.

6.6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

6.6.1 Introducción

La obra que proyecta en este documento hace referencia a la ejecución de una obra civil de uso industrial que se encuentra incluida en el Anexo I del Real Decreto 1627/1997, con la clasificación:

- Excavación.
- Movimiento de tierras.
- Construcción.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados.
- Acondicionamientos de instalaciones.
- Transformación.
- Rehabilitación.
- Reparación.
- Desmantelamiento.
- Derribo.
- Mantenimiento.
- Conservación.
- Saneamiento

Al tratarse de una obra civil tiene unas series de condiciones, que son:

- La duración estimada es superior a 30 días laborables, utilizándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del Proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

6.6.2 Estudio básico de seguridad y salud

Como algunas de las condiciones expuestas anteriormente, no se cumplen, debemos desarrollar un estudio básico de seguridad y salud para este Proyecto. Antes de confeccionar este estudio básico, vamos a indicar cuales son las principales actividades que se van a desarrollar en la realización de la instalación eléctrica del edificio:

- Desbroce, movimiento de tierras, excavación de pozos y zanjas.
- Trabajos con la ferralla, las actividades de soldadura, los encofrados y el vertido del hormigón.
- Trabajos de construcción en el interior del edificio principal y marquesina.
- Realización de la instalación mecánica.
- Montaje de la instalación eléctrica provisional de obra y la realización de la instalación eléctrica final del establecimiento.
- Realización de las redes de saneamiento, abastecimiento de agua y contra incendios.
- Construcción de la línea subterránea de Media Tensión.

6.6.2.1 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Algunos de los riesgos más comunes en las obras de construcción son:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc.).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramientas y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.

- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc.).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directa e indirecta), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

6.6.2.2 Medidas preventivas de carácter general

Para hacer frente a los riesgos comunes indicados en el apartado anterior, disponemos de una serie de medidas preventivas de carácter general que las enumeramos a continuación:

- Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc.), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, de las botas de seguridad, de guantes, de cinturón de seguridad, etc.). –

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico y tuberías, etc.).
- Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.
- El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.
- El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc.) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.
- Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.
- Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.
- La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajos será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.
- El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.
- Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.
- Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizarlas tareas, se guardarán en lugar seguro.
- La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.
- El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.
- Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el

trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

- Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
- En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.
- Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

6.6.2.3 Medidas preventivas de carácter general para el montaje de la instalación eléctrica provisional de obra y para la realización de la instalación eléctrica final del establecimiento

En este apartado vamos a relatar todas las medidas preventivas relacionadas tanto con la instalación eléctrica provisional que se realizará para dar suministro a los diferentes aparatos o máquinas que son necesarios para desarrollar las tareas de construcción, así como las diversas consideraciones en el ámbito de seguridad en la instalación eléctrica definitiva del edificio, sin más se procede a enumerar cada una de estas medidas preventivas:

Instalación eléctrica provisional de obra:

- El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.
- El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales.
- Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subida a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.
- La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.
- Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades: a) Alimentación a la maquinaria de 300 mA. b) Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad de 30 mA. c) Para las instalaciones eléctricas de alumbrado de 30 mA.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
- La iluminación se realizará mediante portalámparas estancos de seguridad portátiles con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m, medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
- No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

Instalación eléctrica definitiva:

- El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado siempre por personal especialista al objeto de evitar riesgos derivados de montajes incorrectos.

Instalación eléctrica de un edificio de viviendas

- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores estarán protegidas con material aislante normalizado contra riesgos de contacto eléctrico, debiendo ser revisadas periódicamente y retiradas aquellas cuyo aislante se encuentre deteriorado.
- Las conexiones eléctricas deberán realizarse siempre sin tensión, señalizando los mandos desconectados para evitar la puesta en tensión involuntaria.
- En los trabajos de ayudas de albañilería se velará porque se desarrollen con la máxima limpieza y orden en las zonas de tránsito y trabajo para evitar riesgos de pisadas, caídas, etc...
- Siempre que un elemento de Media Tensión intervenga, el contratista queda obligado a enterarse oficial y exactamente de la tensión. Se dirigirá para ello a la compañía distribuidora de electricidad o a la entidad propietaria del elemento con tensión.
- Con carácter general todos los enclavamientos, soportes y equipos a emplear, deberán estar puestos a tierra.
- En las líneas de dos o más circuitos no se realizarán trabajos en uno de ellos estando en tensión otro, si para su ejecución es necesario mover los conductores de forma que puedan entrar en contacto.
- En las redes generales de tierras de las instalaciones eléctricas, se suspenderá el trabajo, al probar las líneas y en caso de tormenta.
- No se hará uso de material eléctrico, especialmente en días de lluvia, sin la debida protección.
- Toda herramienta portátil a más de 50 V deberá disponer de doble aislamiento. En cualquier caso, no podrá exceder de 250 V con relación a tierra.

6.7 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA E INDIVIDUAL

6.7.1 Introducción

En esta última norma complementaria se fijan las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a la utilización en el trabajo de equipos de protección individual, que protejan adecuadamente a los empleados de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

6.7.2 Obligaciones del empresario

El empresario tiene la obligación de suministrar y explicar la manera de utilizar los distintos equipos de protección a todas las personas que están bajo su mando o que están relacionadas con la obra a realizar.

En los apartados siguientes se define cada uno de los equipos de protección individual.

6.7.2.1 Protectores de cabeza

- Cascos de seguridad homologados para las tareas de construcción (con barbuquejo y agujeros de ventilación).
- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para Baja Tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.

6.7.2.2 Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para Baja Tensión.

6.7.2.3 Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para Baja tensión.
- Botas de protección impermeable.

6.7.2.4 Protectores de cuerpo

- Chalecos y chaquetas para protección de las agresiones mecánicas. –
- Traje impermeable de trabajo.
- Faja elástica de sujeción de cintura.
- Cinturón anti vibratorio.
- Cinturón portaherramientas.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Banqueta aislante de maniobra.
- Pértiga de Baja Tensión.

6.8 NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS

- 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.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Directiva 92/57/CEE de 24 de junio, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcciones temporales o móviles.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Ordenanza General de seguridad e higiene en el trabajo.

7. PRESUPUESTO

7.1 ESTADO DE MEDICIONES

Nº	Ud	Descripción	Cantidad
Fusibles			
1.1	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac	3
1.2	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3812, 0, 32A, gG 500V ac	12
1.3	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3130, 1, 100A, gG 500V ac	1
1.4	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3120, 1, 50A, gG 500V ac	1
1.5	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3805, 0, 16A, gG 500V ac	2
1.6	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3140, 1, 200A, gG 500V ac	1
Interruptores automáticos magnetotérmicos			
2.1	Ud	Interruptor automático 2P, 25A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA 5SL4225-7 Sentron	24
2.2	Ud	Interruptor automático 2P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	24
2.3	Ud	Interruptor automático 2P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	25
2.4	Ud	Interruptor automático 2P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	13
2.5	Ud	Interruptor automático 4P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	2
2.6	Ud	Interruptor automático 4P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1

2.7	Ud	Interruptor automático 2P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	6
2.8	Ud	Interruptor automático 4P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1
2.9	Ud	Interruptor automático 4P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1
Interruptores diferenciales			
3.1	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 2 Polos, 30mA	12
3.2	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 4 Polos, 30mA	2
3.3	Ud	Interruptor diferencial Eaton, 20A Tipo C, 2 Polos, 30mA PKNM	12
Conductores			
4.1	m	Cable H07V-K 1,5 mm ²	3.200
4.2	m	Cable H07V-K 2,5 mm ²	2.200
4.3	m	Cable H07V-K 4 mm ²	1.100
4.4	m	Cable H07V-K 6 mm ²	800
4.5	m	Manguera RZ1-K 0,6/1 kV 3 x 120 mm ² + 70 mm ²	30
4.6	m	Cable H07Z1-K 6 mm ²	700
4.7	m	Cable H07Z1-K 10 mm ²	1.200
4.8	m	Cable H07Z1-K 16 mm ²	1.100
4.9	m	Cable H07Z1-K 25 mm ²	200

4.10	m	Cable H07Z1-K 70 mm ²	20
Iluminación			
5.1	Ud	Tubo fluorescente Sylvania, 36 W, luz diurna, 865, T8, 6500K, 3250 lm, long. 1200mm	35
5.2	Ud	Pantalla Estanca LED 40W 120 cm Aluminio IP65	6
5.3	Ud	Lámparas LED GLS RS PRO, 4 W, 420 lm, Casquillo E14, GLS, 240 V, equiv. incandescente 36W	108
Armarios y cajas de protección			
6.1	Ud	Caja general de protección con base CPG-9-250/BUC	1
6.2	Ud	Armario poliéster PLM 747x536x300 IP66 7035 12 contadores monofásicos	1
6.3	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 3 contadores monofásicos	1
6.4	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 2 contadores trifásicos	1
6.5	Ud	Interruptor de corte en carga IDT-250A de 205 A	1
6.6	Ud	Caja Automáticos hasta 8 elementos + ICP solera - ref. 697	17
Contadores			
7.1	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 230V ac	15
7.2	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 400V ac	2

Instalación solar térmica			
8.1	Ud	Colector solar Escosol 2800 XBA 2.8 m2	11
8.2	Ud	Intercambiador de calor Maxi 80 con 40 placas 15.600W	1
8.3	Ud	Depósito acero inoxidable 1800 litros	1
8.4	Ud	Bomba de agua sumergible, Caudal máximo 225l/min, Alimentación 230V	2
8.5	Ud	Controlador de temperatura PID Panasonic serie AKT4B, 48 x 59.2mm, 24 V ac/dc	1
8.6	Ud	Sistema de tuberías y soportes metálicos	1
Estaciones de carga de vehículos eléctricos			
9.1	Ud	Estación de carga EVH2S3P04K Schneider Electric 3,7 kW	12

7.2 CUADRO DE PRECIOS DESGLOSADOS

Fusibles

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.1	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac	1	19,78	19,78

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.2	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3812, 0, 32A, gG 500V ac	1	7,68	7,68

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.3	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3130, 1, 100A, gG 500V ac	1	16,83	16,83

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.4	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22

	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3120, 1, 50A, gG 500V ac	1	16,83	16,83

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.5	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3805, 0, 16A, gG 500V ac	1	7,68	7,68

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
1.6	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3140, 1, 200A, gG 500V ac	1	19,78	19,78

Interruptores automáticos magnetotérmicos

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.1	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 2P, 25A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA 5SL4225-7 Sentron	1	57,83	57,83

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.2	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 2P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 15 kA, Sentron	1	89,04	89,04

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.3	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 2P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	72,82	72,82

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.4	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 2P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	72,86	72,86

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.5	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 4P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	146,62	146,62

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.6	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 4P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	177,95	177,95

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.7	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 2P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	78,80	78,80

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.8	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 4P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	165,43	165,43

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
2.9	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor automático 4P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	1	149,20	149,20

Interruptores diferenciales

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
3.1	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 2 Polos, 30mA	1	103,53	103,53

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
3.2	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 4 Polos, 30mA	1	82,50	82,50

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
3.3	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Interruptor Diferencial Eaton, 20A Tipo C, 2 Polos, 30mA PKNM	1	249,64	249,64

Conductores

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.1	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07V-K 1,5 mm ²	1	0,65	0,65

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.2	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07V-K 2,5 mm ²	1	0,77	0,77

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.3	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07V-K 4 mm ²	1	0,99	0,99

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.4	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07V-K 6 mm ²	1	1,05	1,05

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.5	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Manguera RZ1-K 0,6/1 kV 3 x 120 mm ² + 70 mm ²	1	42,26	42,26

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.6	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07Z1-K 6 mm ²	1	1,12	1,12

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.7	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07Z1-K 10 mm ²	1	1,52	1,52

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.8	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07Z1-K 16 mm ²	1	2,08	2,08

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.9	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07Z1-K 25 mm ²	1	2,99	2,99

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
4.10	h	Oficial de 1º electricista	0,012	21,10	0,25
	h	Ayudante electricista	0,012	16,88	0,21
	m	Cable H07Z1-K 70 mm ²	1	5,25	5,25

Iluminación

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
5.1	h	Oficial de 1º electricista	0,23	21,10	4,85
	h	Ayudante electricista	0,23	16,88	3,88
	Ud	Tubo fluorescente Sylvania, 36 W, luz diurna, 865, T8, 6500K, 3250 lm, long. 1200mm	1	12,90	12,90

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
5.2	h	Oficial de 1º electricista	0,23	21,10	4,85
	h	Ayudante electricista	0,23	16,88	3,88

	Ud	Pantalla Estanca LED 40W 120 cm Aluminio IP65	1	42,95	42,95
--	----	--	---	-------	-------

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
5.3	h	Oficial de 1º electricista	0,23	21,10	4,85
	h	Ayudante electricista	0,23	16,88	3,88
	Ud	Lámparas LED GLS RS PRO, 4 W, 420 lm, Casquillo E14, GLS, 240 V, equiv. incandescente 36W	1	4,58	4,58

Armarios y cajas de protección

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.1	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Caja general de protección con base CPG-9-250/BUC	1	165,71	165,71

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.2	h	Oficial de 1º electricista	0,7	21,10	14,77
	h	Ayudante electricista	0,7	16,88	11,82
	Ud	Armario poliéster PLM 747x536x300 IP66 7035 12 contadores monofásicos	1	303,05	303,05

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.3	h	Oficial de 1º electricista	0,7	21,10	14,77
	h	Ayudante electricista	0,7	16,88	11,82
	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 3 contadores monofásicos	1	110,00	110,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.4	h	Oficial de 1º electricista	0,7	21,10	14,77
	h	Ayudante electricista	0,7	16,88	11,82
	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 2 contadores trifásicos	1	110,00	110,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.5	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Interruptor seccionador de corte en carga ABB, 4P, 250A	1	879,78	879,78

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
6.6	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Caja Automáticos hasta 8 elementos + ICP solera - ref. 697	1	8,92	8,92

Contadores

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
7.1	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 230V ac	1	146,00	146,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
7.2	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 400V ac	1	157,35	157,35

Instalación solar térmica

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.1	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Colector solar Escosol 2800 XBA 2.8 m2	1	469,00	469,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.2	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33

	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Intercambiador de calor Maxi 80 con 40 placas 15.600W	1	1.500,00	1.500,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.3	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Depósito acero inoxidable 1800 litros	1	1.342,00	1.342,00

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.4	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Bomba de agua sumergible, Caudal máximo 225l/min, Alimentación 230V	1	109,19	109,19

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.5	h	Oficial de 1º electricista	0,2	21,10	4,22
	h	Ayudante electricista	0,2	16,88	3,38
	Ud	Controlador de temperatura PID Panasonic serie AKT4B, 48 x 59.2mm, 24 V ac/dc	1	464,36	464,36

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
8.6	h	Oficial de 1º electricista	14	21,10	295,40
	h	Ayudante electricista	14	16,88	236,32
	Ud	Sistema de tuberías y soportes metálicos	1	628,00	628,00

Estaciones de carga de vehículos eléctricos

Nº	Ud	Descripción	Cantidad	€/ud	Importe
9.1	h	Oficial de 1º electricista	0,3	21,10	6,33
	h	Ayudante electricista	0,3	16,88	5,06
	Ud	Estación de carga EVH2S3P04K Schneider Electric 3,7 kW	1	863,00	863,00

7.3 CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS TOTALES

Nº	Ud	Descripción	Precio unitario (€/ud)
Fusibles			
1.1	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3144, 1, 250A, gG 500V ac	27,38
1.2	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3812, 0, 32A, gG 500V ac	15,28
1.3	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3130, 1, 100A, gG 500V ac	24,43
1.4	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3120, 1, 50A, gG 500V ac	24,43
1.5	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3805, 0, 16A, gG 500V ac	15,28
1.6	Ud	Fusible NH Siemens, 3NA3140, 1, 200A, gG 500V ac	27,38
Interruptores automáticos magnetotérmicos			
2.1	Ud	Interruptor automático 2P, 25A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA 5SL4225-7 Sentron	65,43
2.2	Ud	Interruptor automático 2P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 15 kA, Sentron	96,64
2.3	Ud	Interruptor automático 2P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	80,42
2.4	Ud	Interruptor automático 2P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	80,46
2.5	Ud	Interruptor automático 4P, 20A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	154,22
2.6	Ud	Interruptor automático 4P, 10A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	185,55

2.7	Ud	Interruptor automático 2P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	86,4
2.8	Ud	Interruptor automático 4P, 6A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	173,03
2.9	Ud	Interruptor automático 4P, 16A, Curva Tipo C, Poder de corte 10 kA, Sentron	156,8
Interruptores diferenciales			
3.1	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 2 Polos, 30mA	111,13
3.2	Ud	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 4 Polos, 30mA	90,1
3.3	Ud	Interruptor Diferencial Eaton, 20A Tipo C, 2 Polos, 30mA PKNM	257,24
Conductores			
4.1	m	Cable H07V-K 1,5 mm ²	1,11
4.2	m	Cable H07V-K 2,5 mm ²	1,23
4.3	m	Cable H07V-K 4 mm ²	1,45
4.4	m	Cable H07V-K 6 mm ²	1,51
4.5	m	Manguera RZ1-K 0,6/1 kV 3 x 120 mm ² + 70 mm ²	42,72
4.6	m	Cable H07Z1-K 6 mm ²	1,58
4.7	m	Cable H07Z1-K 10 mm ²	1,98
4.8	m	Cable H07Z1-K 16 mm ²	2,54
4.9	m	Cable H07Z1-K 25 mm ²	3,45

4.10	m	Cable H07Z1-K 70 mm ²	5,71
Iluminación			
5.1	Ud	Tubo fluorescente Sylvania, 36 W, luz diurna, 865, T8, 6500K, 3250 lm, long. 1200mm	21,63
5.2	Ud	Pantalla Estanca LED 40W 120 cm Aluminio IP65	51,68
5.3	Ud	Lámparas LED GLS RS PRO, 4 W, 420 lm, Casquillo E14, GLS, 240 V, equiv. incandescente 36W	13,31
Armarios y cajas de protección			
6.1	Ud	Caja general de protección con base CPG-9-250/BUC	177,1
6.2	Ud	Armario poliéster PLM 747x536x300 IP66 7035 12 contadores monofásicos	329,64
6.3	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 3 contadores monofásicos	136,59
6.4	Ud	Armario poliéster PLM 308x250x160 IP66 7035 2 contadores trifásicos	136,59
6.5	Ud	Interruptor seccionador de corte en carga ABB, 4P, 250A	891,17
6.6	Ud	Caja Automáticos hasta 8 elementos + ICP solera - ref. 697	20,31
Contadores			
7.1	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 230V ac	157,39
7.2	Ud	Contador RS PRO de Impulsos, con display LED de 6 dígitos, 400V ac	168,74

Instalación solar térmica			
8.1	Ud	Colector solar Escosol 2800 XBA 2.8 m2	480,39
8.2	Ud	Intercambiador de calor Maxi 80 con 40 placas 15.600W	1.511,39
8.3	Ud	Depósito acero inoxidable 1800 litros	1.349,6
8.4	Ud	Bomba de agua sumergible, Caudal máximo 225l/min, Alimentación 230V	116,79
8.5	Ud	Controlador de temperatura PID Panasonic serie AKT4B, 48 x 59.2mm, 24 V ac/dc	471,96
8.6	Ud	Sistema de tuberías y soportes metálicos	1.159,72
Estaciones de carga de vehículos eléctricos			
9.1	Ud	Estación de carga EVH2S3P04K Schneider Electric 3,7 kW	874,39

7.4 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Para el cálculo del presupuesto de ejecución material se va a utilizar la siguiente fórmula y los datos extraídos de las tablas de los apartados anteriores:

$$\text{Importe grupo}(\text{€}) = \sum \text{Precio unitario} \left(\frac{\text{€}}{\text{ud}} \right) * \text{Cantidad}(\text{ud})$$

Grupo	Importe (€)
Fusibles	220,30
Interruptores automáticos magnetotérmicos	7.551,18
Interruptores diferenciales	4.403,04
Conductores	12.569,80
Iluminación	1.203,84
Armarios y cajas de protección	1.720,18
Contadores	2.504,70
Instalación solar térmica	9.311,74
Estaciones de carga de vehículos eléctricos	10.356,00
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	49.840,78

Tabla 52. Resumen del presupuesto de ejecución material

El presupuesto de ejecución material del proyecto es de **49.840,78€**.

7.5 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Partida	Importe (€)
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	49.840,78
GASTOS GENERALES (15%)	7.476,12
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	2.990,45
TOTAL PARCIAL	60.307,35
IVA (21%)	12.664,54
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	72.971,89

Tabla 53. Resumen del presupuesto de ejecución por contrata

El presupuesto de ejecución por contrata del proyecto es de **72.971,89€**.

7.5 PRESUPUESTO PARA LA ADMINISTRACIÓN

Partida	Importe (€)
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	72.971,89
INGENIERÍA (4%)	2.918,87
DIRECCIÓN DE OBRA (4%)	2.918,87
IVA (21%)	1.225,93
TRAMITACIÓN DE LICENCIAS	1.459,12
PRESUPUESTO TOTAL	81.494,68

Tabla 54. Resumen del presupuesto para la administración

El presupuesto total del proyecto es de **81.494,68€**.

8. BIBLIOGRAFÍA

Libros

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN: REBT y sus instrucciones técnicas complementarias [9ª Edición, 2015, PLC Madrid].
- PROYECTOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN [2ª Edición, 2021, Asunción León Blasco].
- INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS [2ª Edición, 2008, Emilio Carrasco Sánchez].
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS [2009, Miguel Ángel Rodríguez Pozueta, Universidad de Cantabria].
- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN [8ª Edición, 2020, José García Trasancos].
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA [3ª Edición, 2011, Javier María Méndez Muñiz].
- ESTUDIOS DE VIABILIDAD EN INSTALACIONES SOLARES [1ª Edición, 2011, eduforma FPE].
- VEHÍCULOS ELÉCTRICOS [1ª Edición, 2019, Jesús Trashorras Montecelos].

Páginas web

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Guías Técnicas de aplicación.
<https://industria.gob.es/CalidadIndustrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/guia-tecnica-aplicacion.aspx>
https://BOE-326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC.pdf
- Normas Particulares Iberdrola.
<http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Normativa-Iberdrola-02.htm>
- Código Técnico de Edificación – Ahorro de Energía.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- Plan General de Ordenación Urbana de Aranda de Duero.
<https://transparencia.arandadeduero.es/obras-publicas-y-urbanismo/mapa-y-planos-del-pgou/>
- Caja Generales de Protección (CGP) – Iberdrola.
https://industria.gob.es/CalidadIndustrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/tablas/iberdrola/NI_76.50.01_6_jul10-.pdf

- Instalación de Puesta a Tierra.
<https://baubiologers.wordpress.com/2015/09/07/equipotencial-y-toma-de-tierra-parte-2-de-2/>
- Cálculo de las secciones de los cables.
<https://www.tecnicaindustrial.es/nuevo-metodo-de-calculo-de-secciones-de-cable/>
- Instalaciones solares térmicas.
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>
<https://acontermica.es/energia-solar-termica/>
<http://www2.asit-solar.com/uploads/event/21/1425033304.pdf>
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf
- Análisis de la radiación e incidencia solar.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
https://salidaypuestadelsol.com/sun/aranda_de_duero
- Instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos.
<https://www.smartwallboxes.com/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos/>
<https://www.lugenergy.com/3-esquemas-instalacion-la-recarga-vehiculos-electricos/>
<https://www.plcmadrid.es/8-pasos-para-saberlo-todo-sobre-el-vehiculo-electrico-paso-ii/>
- Selectividad de curvas de disparo magnetotérmico.
<https://www.aulamoisan.com/software-moisan/curvas-de-disparo>

Normas y reglamentos

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) [2002, Ministerio de Ciencia y Tecnología].
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC-BT-52), "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos" [2014, BOE].
- Guías Técnicas de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para BT [Ministerio de Ciencia y Tecnología].
- Código Técnico de Edificación (CTE) [2006].

- Normas Técnicas de Edificación (NTE): Baja Tensión y Puestas a Tierra [1974 y 1973].
- Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Aranda de Duero [2020, Ayuntamiento de Aranda de Duero].
- Iberdrola - Normas particulares de distribución eléctrica, para alta tensión y baja tensión [2004].
- Normas UNE.
- Real Decreto 614/2001, disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 [1995].
- Normas referentes a la comunidad autónoma de Castilla y León.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Aranda de Duero.

Catálogos

- Catálogo RS Components.
<https://es.rs-online.com/web/>
- Catálogo ELECTROsumi.
<https://www.electrosumi.com/>
- Catálogo TME Electronic Components.
<https://www.tme.eu/es/>
- Catálogo TodoenSolar.
https://www.todoensolar.com/epages/61987244.sf/es_ES/?ObjectPath=Categories
- Catálogo Word Industrial Automation.
<https://es.wiautomation.com/>
- Catálogo efectoLED.
<https://www.efectoled.com/es/>

Programas informáticos

- AutoCAD 2023
- Revit 2022
- Microsoft Word 2022
- Microsoft Excel 2022
- Microsoft PowerPoint 2022
- Selectividad – Curvas de disparo (Moisan)