Capítulo F
La distribución en BT



La distribución en BT

La red de distribución se estudia en función de la situación de las cargas y sus prioridades. Así, el número y las características de las fuentes de seguridad y de las alimentaciones de emergencia se pueden definir.

El esquema de unión a la tierra o régimen de neutro se elige en función de la reglamentación vigente, de las necesidades propias de la explotación y la naturaleza de los receptores.

La distribución, cuadros y canalizaciones, se determinan a partir de los planos del edificio, de la situación de las cargas y de su necesidad de agrupamiento.

La naturaleza de los locales y de su actividad condicionan el nivel de protección a los agentes externos.

Indice

La distribución en BT

1. Generalidades

1.1. Las principales estructuras de la distribución en BT F/35
La división en circuitos F/35
De una forma general podemos establecer los siguientes circuitos diferentes F/35
Distribución radial arborescente F/35
Con conductores F/36
Con canalizaciones prefabricadas a nivel divisionario F/36
Con canalizaciones prefabricadas a nivel terminal F/37
Distribución radial pura (llamada de peine) F/37

1.2. El cuadro eléctrico F/38

1.3. El neutro F/38

2. La calidad de la energía eléctrica

2.1. La continuidad de la energía eléctrica F/39
La división de las instalaciones y la utilización de varias fuentes F/39
La instalación de alimentaciones de socorro F/39
La subdivisión de los circuitos F/40
El doblaje de suministros F/40
La adecuada elección del régimen de neutro F/40
La selectividad de las protecciones F/40

2.2. La calidad de la energía eléctrica F/41
Compatibilidad electromagnética “CEM” F/41
Campo de aplicación F/41
Nivel de perturbación F/41
Definición de una perturbación electromagnética F/42
Origen de las emisiones electromagnéticas F/43
Tipo de perturbaciones F/43
Perturbaciones de la red pública de BT F/45
Armónicos F/46
Perturbaciones de alta frecuencia F/49
Descargas electroestáticas F/52
Conclusiones F/54
La energía de alta calidad F/55

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

3.1. Las instalaciones de seguridad F/57
Afecta generalmente a... ..... F/57
Mínimos de seguridad para garantizar el tránsito y la evacuación del personal F/57
Suministros de sustitución F/58
Suministros de emergencia F/58

F

3.2. Las alimentaciones de sustitución o emergencia F/59

3.3. Generalidades de las fuentes de sustitución o emergencia F/59

3.4. Elección de las características de las fuentes de sustitución o emergencia F/60
Especificaciones principales F/60
Cortes F/60
Tiempo de salvaguarda de los datos en los procesos informáticos F/60
Autonomía deseada de la fuente de sustitución o emergencia F/60
Especificaciones propias a las instalaciones de seguridad F/61
Tiempos de corte admisibles en función de la aplicación F/61
Autonomía exigida de la fuente de sustitución o emergencia F/61

3.5. Elección y características de las fuentes F/61
Características de las fuentes F/62

3.6. Los grupos electrógenos F/62

3.7. Alumbrado de emergencia F/64
Alumbrado de seguridad F/64
Alumbrado de evacuación F/64
Alumbrado de ambiente o antipánico F/65
Alumbrado de zonas de alto riesgo F/65
Cómo realizar las instalaciones de alumbrado de seguridad F/65
Tipo A. F/65
Tipo B F/66
Tipo C F/67
Tipo D F/70
Tipo E F/70
Alumbrado de reemplazamiento F/70

4. Los regímenes de neutro

4.1. Definiciones F/71
Toma de tierra (1) F/71
Tierra F/71
Tomas de tierra eléctricamente distintas F/71
Resistencia de tierra o resistencia global de la puesta a tierra F/71
Conductor de tierra (2) F/71
Masa F/71
Conductor de protección (3) F/71
Elemento conductor (4) externo a la conducción eléctrica F/71
Conductor de equipotencialidad (5) F/71
Borne principal de tierra (6) F/71
Las conexiones equipotenciales F/71
La unión equipotencial principal F/71
La conexión de fundas metálicas F/72
La unión equipotencial suplementaria F/72

Conexión de las masas a la puesta a tierra F/72
Los componentes F/72
Elementos a considerar como masas F/72
Componentes a considerar como elementos conductores F/73
Elementos no considerados como masas F/73
Componentes no considerados conductores F/73

4.2. Definición de los diferentes esquemas de régimen de neutro ... F/73
Esquema TT (neutro a tierra) F/73
Esquema TN (puesta a neutro) F/74
Esquema TN-C F/74
Esquema TN-S F/75
Esquema TN-C/S F/75
Esquema IT (neutro aislado) F/76
Esquema IT (neutro impedante) F/77

4.3. Características de los esquemas TT, TN e IT F/77
Esquema TT F/77
Principales características F/77
Esquema TN F/78
Principales características F/78
Esquema IT F/80
Principales características F/80
4.4. Criterios de elección de los esquemas TT, TN e IT F/81
La elección se realiza por el análisis de los siguientes factores F/81
Adecuación a los textos reglamentarios F/81
Por decisión del propietario F/81
Ello comporta... ..... F/81
Elementos que influyen en la elección de un régimen de neutro .. F/81
Reglamentarios, en función del reglamento de BT, de las recomendaciones normativas internacionales y decretos específicos F/81
En función de los imperativos de la explotación F/82
En función de las características de la red de alimentación F/82
En función de las características de los receptores F/83
En función de las características diversas F/83

4.5. Elección del método de puesta a tierra. Implantación F/84
Fraccionamiento de las fuentes de alimentación F/84
Redes aisladas F/84
Conclusión F/85

5. La realización y medida de las puestas a tierra

5.1. Conceptos básicos F/87
Definición de las puestas a tierra según la ITC-BT-18 ..... F/87
Símbolo F/87
Criterios de utilización F/87
Puestas a tierra por razones de protección F/87
Tomas de tierra y conductores de protección dispositivos de control de tensión. F/88

Puestas a tierra por razones funcionales. F/88
Puestas a tierra por razones combinadas de protección y funcionales F/88
Aplicaciones F/88
Conexiones eléctricas a tierra F/88
Conexión a tierra de una instalación de un edificio. F/89
Partes de una toma de tierra. F/89
Electrodos F/90
Conductores de tierra F/90
Bornes de puesta a tierra F/91
Conductores de protección F/91
Masas F/92
Símbolo F/92
Definición general F/92
Definición específica para instalaciones eléctricas F/92
Masas y seguridad de personas y bienes F/93

5.2. Ejecución y cálculo F/93
Métodos de realización F/93
Cálculo F/94
Método Howe adaptado por UNESA F/95
Ejemplos F/97
Valores de la resistividad de los terrenos F/98
Especificación del tipo de terreno F/98
Valores a considerar en los anteproyectos de la resistividad de los terrenos F/99
La resistencia de las tomas de tierra varía en el tiempo F/99
Medición de la toma de tierra F/100
Utilización de un amperímetro F/100
Conductores CPN (también denominados PEN) F/100
Circuitos de equipotencialidad F/101
Tomas de tierra independientes F/101
Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra F/101

5.3. Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética F/103
Tierra y compatibilidad electromagnética F/103
Masas y compatibilidad electromagnética F/104
Comportamiento en “BF” F/105
Comportamiento en alta frecuencia “AF” F/105
Corriente de fuga de la instalación F/105
Bucles entre masas F/106
Bucles de masa F/106
Evitar la conexión estrella de las masas a la tierra F/107
Comportamiento del cable de conexión de protección (hilo amarillo-verde) PE-PEN F/108
Interconexión de las masas F/108

6. Los cuadros eléctricos

6.1. Los tipos de cuadros F/109
Los tipos de cuadros en función de su aplicación F/109

6.2. Las formas de realización de los cuadros F/110
Los cuadros tradicionales F/110
Los cuadros funcionales F/110

6.3. Programa informático de concepción y valoración de cuadros funcionales hasta 3.200 A F/112
Los módulos son... ..... F/112
Gestión de los proyectos F/112
Lista de referencias F/112
Esquema unifilar F/112
Configuración de la envolvente F/112
Valoración F/113

6.4. La normativa vigente UNE-EN 60439.1 ..... F/113
El objeto de la norma F/113
Conjunto de aparamenta de baja tensión de serie (CS) ... F/113
Conjunto de aparamenta de baja tensión derivados de serie (CDS) F/114
El cuadro tradicional F/114

6.5. Las tecnologías de los cuadros funcionales F/114
Existen 3 tecnologías principales para realizar los cuadros funcionales F/114
El cuadro de unidades funcionales fijas F/114
El cuadro con unidades funcionales seccionables o desconectables F/114
Los cuadros de cajones F/114
La compartimentación según UNE-EN 60439.1 ..... F/114
Las diferentes formas son... ..... F/116

6.6. Diseño de cuadros F/116
Características generales para el diseño de un cuadro eléctrico F/116
Según la UNE-EN 60439.1, en la ejecución de cuadros F/117
Por el método tradicional F/117
Por el sistema funcional F/117
Calentamiento F/117
Propiedades dieléctricas F/119
Resistencia a los cortocircuitos/esfuerzos electrodinámicos F/120
Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos de un cuadro F/121
Ensayos del grado de protección a los agentes externos (IP-IK) F/121
Ensayos de rigidez dieléctrica, líneas de fuga F/121

6.7. Sistema modular Pragma, sistema estanco Kaedra y sistema funcional Prisma F/121
Sistema modular Pragma F/122
Mini Pragma EK9 ..... F/122
Pragma C F/122
Pragma D F/123
Pragma F F/123
Pragma Basic F/124
Cuadros de electrificación doméstica “vivienda” F/124
Electrificación básica F/124
Electrificación elevada F/128
Sistema estanco Kaedra F/128
Gama de microcofrets estancos F/131
Gama de cofrets estancos F/131

Sistema funcional Prisma G F/132
Los cofrets Prisma G F/132
Los armarios Prisma GX F/133
Características generales F/133
Material F/133
Accesorios F/133
Realización del equipamiento F/133
Composición sistema funcional Prisma G F/133
Cofret Prisma G F/133
Armario Prisma GX F/135
Componentes F/136
Accesorios F/136
Fijación de los cables F/137
Placas para instalación de un aparato de cabecera en pasillo lateral F/137
Fijación mural del cuadro F/138
Fijación de aparamenta F/139
Borneros F/139
Bornero Polybloc 160/250 A F/140
Bornero escalado 160/250/400 A F/141
Juego de barras verticales 160, 250, 400 A F/142
Fleje de cobre aislado F/143
Accesorios del juego de barras colector tierra/neutro F/143
Juego de barras en el pasillo lateral, juego de barras escalado F/145
Conexiones prefabricadas F/146
Soportes conexiones/brazaletes F/146
Escalas de cables F/148
Accesorios de fijación para placas perforadas F/149
Soporte de canaletas F/149
Conexión de los bornes arriba o abajo del cofret o del armario F/150
En carril multifix F/150
En soporte F/150
En un cofret adicional F/151
En los pasillos laterales de Prisma G y Prisma GX F/151

6.8. Los cuadros eléctricos y la CEM F/152
Análisis F/152
Componentes F/152
Configuración F/153
Plano de masa de referencia F/153
Entradas de cables F/153
Canalización para cables F/153
Alumbrado F/153
Implantación de los componentes F/153
Conexión de las conducciones metálicas con los cuadros F/155
Conexión de bandejas y cuadros F/155
Instalación de los filtros en los cuadros F/155
Instalación en el armario F/155
Situación de la entrada y la salida de los bornes en el cuadro ... F/156
Fijación de los filtros F/156
Situación de las conexiones de los filtros F/157
Red de masas en los cuadros F/157
Interconexiones “mallado” de las masas F/157

7. Las conducciones

Descripción F/159
Podemos considerar dos tipos de distribuciones F/159
Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas F/159
Temperatura ambiente (AA) F/159
Fuentes externas de calor F/159
Presencia de agua (AD) F/160
Presencia de cuerpos sólidos (AE) F/161
Impactos por efectos mecánicos (AG) F/161
Vibración (AH) F/162
Otros esfuerzos mecánicos (AJ) F/162
Presencia de vegetación o moho (AK) F/167
Presencia de fauna (AL) F/167
Radiación solar (AN) F/167
Riesgos sísmicos (AP) F/167
Viento (AR) F/167
Estructura de los edificios (CB) F/168
Corrientes admisibles F/168
Dimensiones de los cables F/168
Temperatura ambiente F/169
Radiación solar F/169

7.1. Las redes de distribución de energía F/169
7.1.1. Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados . F/169
Los conductores F/169
Conductores aislados F/170
Intensidades máximas de utilización en régimen permanente F/170
Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-silicio (AMELEC) para instalaciones de tensados F/170
Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero F/170
Factores de corrección F/171
Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores F/171
Conductores desnudos de cobre y aluminio F/172
Intensidades máximas de utilización régimen permanente .. F/172
Aisladores F/172
Los accesorios F/172
Los apoyos F/172
Los tirantes y tornapuntas F/173
Forma de cálculo mecánico F/173
Elementos constituyentes de la red F/173
Los conductores F/173
Los apoyos F/174
Instalación de líneas aéreas F/174
Conductores aislados F/174
Cables posados F/175
Cables tensados F/175
Conductores desnudos F/176
Distancias con respecto al suelo y a las edificaciones de las redes con conductores desnudos F/176

F

Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones F/178
Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos F/178
Conductor neutro F/182
Sección del conductor neutro F/180
Identificación del conductor neutro F/180
Continuidad del conductor neutro F/180
Puesta a tierra del neutro F/180
Instalación de apoyos F/181
Cruces de líneas aéreas con otras alineaciones F/181
Cruces con líneas eléctricas aéreas de AT o MT F/181
Cruces con otras líneas eléctricas aéreas de BT F/182
Cruces con líneas aéreas de telecomunicación. F/183
Cruces con carreteras y ferrocarriles sin electrificar F/184
Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses F/184
Cruces con teleféricos y cables transportadores F/184
Cruces con ríos o canales navegables F/185
Cruces con antenas receptoras de radio y televisión F/185
Cruces de conducciones de agua y gas F/186
Paralelismos y proximidades de líneas aéreas con otras alineaciones F/186
Con líneas eléctricas de AT o MT F/186
Con otras líneas eléctricas de BT o telecomunicación F/187
Con calles y carreteras F/187
Con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/188
Con zonas de arbolado F/188
Con canalizaciones de agua F/188
Con canalizaciones de gas F/189
7.1.2. Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías F/189
Los conductores F/189
Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas F/190
Temperaturas admisibles F/190
Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas F/190
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre en instalaciones enterradas (servicio permanente) F/190
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterradas (servicio permanente) F/192
Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible F/192
Factores de corrección por una temperatura del terreno diferente a 25 °C F/193
Factores de corrección por una resistividad del terreno diferente a 1 k·m/W F/193
Factores de corrección por agrupación de conductores ... F/193

F

Factores de corrección por instalación a profundidad diferente de 0,7 m F/194
Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanjas bajo tubo, o similar F/194
Intensidades máximas admisibles, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables F/194
Condiciones de instalación en galerías F/194
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas F/195
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C) F/195
Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C) F/196
Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles F/196
Factores de corrección por una temperatura ambiente diferente a 25 °C F/196
Factores de corrección por agrupación de conductores ... F/197
Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores .. F/198
El conductor neutro F/199
Instalaciones subterráneas de cables aiskados F/199
Conducciones con conductores directamente enterrados F/200
Conducciones con conductores entubados y enterrados F/201
Conducciones en galerías subterráneas F/201
Galerías transitables F/202
Condiciones generales en galerías transitables F/202
Conducciones a instalar en galerías transitables F/204
Sujección de los cables en galerías transitables F/204
Equipotencialidad de masas metálicas accesibles en galerías transitables F/206
Galerías transitables de longitud superior a 400 m F/206
Galerías o zanjas no transitables (registrables) F/207
En atarjeas o canales registrables F/207
Instalaciones vistas en bandejas F/208
Cruzamientos F/208
Calles y carreteras F/208
Cruces de líneas de ferrocarriles F/209
Cruces con otros cables de energía eléctrica F/209
Cables de telecomunicación F/210
Canalizaciones de agua y gas F/210
Conducciones de alcantarillado F/211
Depósitos de carburante F/211
Paralelismos o proximidad F/211
Con otros cables de energía eléctrica F/211
Con cables de telecomunicación F/212
Con canalizaciones de agua F/212
Con canalizaciones de gas F/213
Con acometidas de BT F/213

7.2. Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras ... F/214
Sistemas aceptados de distribución de energía ... F/214
Distribución con conductores aislados ... F/214
Distribución con canalizaciones prefabricadas ... F/214
Ejemplos de realizaciones ... F/214
Criterios de elección ... F/214
Subdivisión de las instalaciones ... F/215
Equilibrio de las cargas ... F/216
Los armónicos y el neutro ... F/216
7.2.1. Instalaciones con conductores aislados y conducciones ... F/216
Instalaciones empotradas o vistas ... F/217
Designación de los conductores, cables y canalizaciones ... F/217
Identificación de los conductores ... F/217
Forma de designación de los conductores y cables según la CEI ... F/218
Ejemplo ... F/219
Conductores estandarizados por CENELEC ... F/219
Selección e instalación de las canalizaciones ... F/219
Tipos de canalizaciones ... F/219
Métodos de instalación ... F/220
Descripción de los métodos de referencia ... F/220
Configuración de los circuitos ... F/222
Número de conductores cargados ... F/222
Consideraciones de instalación ... F/222
Variación de las condiciones de instalación en un recorrido F/222
Métodos de referencia (52-B1) ... F/223
Métodos de instalación de las canalizaciones (52-B2) ... F/224
Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas ... F/227
Dimensiones de los cables ... F/227
Conducciones con cables aislados fijados directamente sobre paredes ... F/228
Cables aislados en huecos de la construcción ... F/229
Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras ... F/230
Conducciones en molduras y zócalos ... F/230
Tipos de molduras y zócalos ... F/231
Condiciones de empleo según los locales ... F/232
Condiciones específicas para molduras y zócalos de plástico ... F/232
Condiciones específicas para molduras y zócalos de madera ... F/233
Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras ... F/233
Generalidades ... F/233
Características de las canaletas ... F/233
Condiciones de instalación ... F/234
Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas ... F/234
Conducciones en tubos ... F/235
Denominación de las conducciones según la CEI ... F/236
Instalaciones de superficie (vistas) ... F/237
Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales ... F/237

Cruces con otras canalizaciones F/241
Instalaciones fijas empotradas F/241
Instalaciones enterradas F/244
Montaje al aire de instalaciones aéreas cortas para alimentaciones de máquinas F/246
Conductores flexibles para la alimentación de electrodomésticos F/248
Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles F/248
Temperaturas límite de aplicación para los conductores aislados con policloruro de vinilo PVC F/248
Electrodomésticos de Clase I F/248
Secciones de los conductores F/249
Conductores de protección. F/249
Temperatura ambiente F/251
Radiación solar F/251
Intensidades admisibles F/252
Presentación simplificada de las tablas de corrientes admisibles F/255
Factores de corrección F/257
En función de la temperatura ambiente (AA) F/257
Factores de corrección por agrupamiento F/257
Factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores F/248
Intensidades de cables subterráneos F/249
Factores de corrección F/260
Factores de corrección para temperaturas del suelo distintas de 25 °C F/260
Factores de corrección para agrupamiento de varios cables enterrados directamente en el suelo F/260
Factores de corrección por agrupamiento de varios cables instalados en tubos enterrados F/261
Paso a través de elementos de la construcción F/261
Las conexiones F/262
Temperaturas máximas de las conexiones en condiciones normales de servicio F/263
Temperaturas máximas de trabajo permanente de los conductores F/263

7.3. Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM .. F/264
Las redes de masas F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” local F/264
Conexiones F/264
La red equipotencial en un edificio F/264
Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio F/265
Equipotencialidad local F/265
Instalación F/265
Los cables F/266
Clases de señales conducidas F/266
Elección de los cables F/267
Rendimiento de los cables en relación con la CEM F/268
Las reglas de cableado frente a los fenómenos de la CEM ... F/269
Los 10 preceptos principales F/269
Las conexiones F/274

Tipo y longitud de las conexiones F/274
Realización de una conexión F/274
Interferencias que deben evitarse en las conexiones F/275
Conexiones de los blindajes F/276
Las conducciones F/276
Las canaletas F/276
Conexión de las canaletas y los cuadros F/277
Colocación de los cables en las canaletas y ángulos F/277
Forma de conducción de los cables perturbadores y los sensibles F/278
Conexión de los extremos de las canalizaciones F/279
Diferentes formas de colocación de los conductores F/280

7.4. Las canalizaciones prefabricadas F/282
Presentación de la gama F/283
Sistema de distribución Canalis para alumbrado F/283
Sistema de distribución Canalis para potencia F/283
Sistema de distribución Canalis para elementos móviles . F/284
Características de la gama Canalis F/285
Características eléctricas de la gama Canalis F/286
Tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas F/286
Columnas de distribución vertical Prefadis F/287
Montaje y fijación en función de una alimentación por falso suelo o por falso techo F/288
Cableado de las columnas F/289
Adaptaciones para corrientes débiles y fuertes F/290
Elementos y accesorios Prefadis C9000 ..... F/291
Accesorios para corrientes débiles y fuertes F/292
Respuestos para columnas Prefadis C9000 ..... F/293

7.5. Canalizaciones eléctricas para alumbrado F/294
Determinación de la canalización en función del peso de las luminarias F/294
Distancias máximas de fijación de las luminarias F/295
Canalizaciones Canalis KLE de 20 A F/295
Descripción F/295
Sujeción de la canalización F/296
Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria ... F/297
Suspensión de luminarias F/297
Conectores de derivación F/298
Conectores bipolares precableados F/298
Sistema de montaje F/299
Componentes de las líneas KLE F/300
Canalizaciones Canalis KBA de 25 y 40 A F/300
Descripción F/300
Sujeción de la canalización F/301
Elementos complementarios F/302
Suspensión de luminarias F/303
Conectores para derivaciones F/303
Sistemas de montaje F/305
Componentes de las líneas KBA F/307
Canalizaciones Canalis KBB de 25 y 40 A F/307
Descripción F/307
Sujeción de las canalizaciones F/308
Elementos complementarios F/309
Suspensión de luminarias F/310

F

Conectores para derivaciones F/310
Sistemas de montaje F/312
Componentes de las líneas KBB F/313
Alumbrado de seguridad con bloques autónomos (BAES) F/314
Alumbrado de seguridad a partir de una fuente central F/315
Canalizaciones Canalis KN de 40 a 100 A F/316
Descripción F/316
Cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico F/317
Sujeción de la canalización F/321
Codos y elementos flexibles F/322
Derivaciones con conectores y cofrets F/323
Distribución eléctrica para baja potencia Canalis KN 40, 63 y 100 A. Elementos F/326
Las canalizaciones prefabricadas y la Compatibilidad Electromagnética, CEM F/327
Seguridad incendiaria F/328

8. Las influencias externas

Influencias externas F/331

8.1. Clasificación F/331
La primera letra caracteriza la categoría F/331
La segunda letra caracteriza la naturaleza del riesgo F/332
La cifra indica el grado de severidad de la influencia externa F/332
La elección de los materiales se determina por F/332
Las indicaciones y los valores de ensayo de los constructores para otras influencias F/332

8.2. Protección proporcionada por las envolventes F/336
Selección e instalación de las envolventes en función de las influencias externas F/336
Temperatura ambiente (AA) F/336
Fuentes externas de calor F/337
Condiciones climáticas (AB) F/337
Presencia de agua (AD) F/337
Presencia de cuerpos sólidos (AE) F/337
Choques (mecánicos)AG) F/338
Vibración (AH) F/338
Otros esfuerzos mecánicos (AJ) F/338
Presencia de vegetación o moho (AK) F/339
Presencia de fauna (AL) F/339
Radiación solar (AN) F/339
Riesgos sísmicos (AP) F/339
Viento (AR) F/339
Estructura de los edificios (CB) F/339
La norma UNE 20.324 define un código (IP: Protección Internacional) que carateriza la protección que puede proporcionar una envolvente frente a las influencias externas siguientes F/339
Letras complementarias son aclaratorias y podemos distinguir dos grupos F/339
Indices de protección de las envolventes IP-IK F/340

8.3. Grado de protección de las envolventes de BT F/341

Tablas

2. La calidad de la energía eléctrica

F2-008: tabla de clasificación de las perturbaciones F/43
F2-010: tabla de las perturbaciones de las redes de distribución más comunes F/45
F2-014: tabla de los receptores sensibles de ser perturbados y tipo de perturbación F/48
F2-018: nivel presumible de sobretensiones transitorias a lo largo de una instalación F/51
F2-019: niveles de ensayo de las ondas de choque para interruptores automáticos marcados U_{imp} = 8 kV F/51
F2-024: niveles de compatibilidad electromagnética a aplicar a los materiales F/54

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

F3-002: tabla de elección del tipo de alimentación de sustitución en función de la semejanza de las fuentes, de la aplicación y de las condiciones admisibles de corte F/61
F3-003: tabla de características de diferentes fuentes de sustitución o emergencia F/63

4. Los regímenes de neutro

F4-014: sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase F/79
F4-016: ejemplos frecuentes donde el régimen de neutro está condicionado reglamentariamente F/81
F4-017 esquemas de unión a la tierra recomendados en función de los imperativos de la explotación F/82
F4-018: elección de un sistema de régimen de neutro en función de la red de suministro F/82
F4-019: elección de un sistema de régimen de neutro en función de las cargas F/83
F4-020: elección de un sistema de régimen de neutro en función de causas diversas F/83

5. La realización y medida de las puestas a tierra

F5-004: secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra F/90
F5-005: secciones mínimas de los conductores de protección (pág. F/252) F/91
F5-010: tabla de coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma de tierra, de la tensión de paso y de contacto según el método Howe (UNESA) F/96
F5-013: tabla de valores de la resistividad de diferentes terrenos . F/98
F5-014: tabla de valores de la resistividad de los terrenos a emplear en anteproyectos F/99
F5-016: tabla de distancias de separación de dos tomas de tierra en función de las corrientes de fuga posibles y la resistividad del terreno F/103

6. Los cuadros eléctricos

F6-003: ensayos a realizar en los cuadros en función del sistema de montaje F/115
F6-010: tabla de valores de las capacidades térmicas máximas de los cuadros Pragma F/118

F6-011: tabla de los coeficientes de simultaneidad de circuitos en los cuadros F/119
F6-013: tabla de valores de las corrientes de ensayo en cortocircuito F/120
F6-028: tabla de elección de elementos Kaedra F/131
F6-030: componentes cofrets Prisma G F/134
F6-032: componentes armarios Prisma GX F/136
F6-034: tabla de las fijaciones para aparamenta de protección F/138
F6-035: tabla de las fijaciones para aparamenta Multi 9 ..... F/137
F6-042: tabla de las dimensiones de los borneros Polybloc F/141
F6-062: tabla de elementos sensibles a la CEM y de elementos perturbadores en una instalación F/153

7. Las conducciones

F7-009: tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos ... F/163
F7-010: tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos F/163
F7-019: temperatura máxima de trabajo según el tipo de aislamiento F/168
F7-020: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C F/170
F7-021: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Al posados o tensados con fiador de acero F/170
F7-022: intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Cu posados o tensados con fiador de acero F/170
F7-023: factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente F/171
F7-024: factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire F/171
F7-025: intensidades máximas de cortocircuitos en kA F/171
F7-026: densidad de corriente máxima en A/mm^2 para conductores desnudos al aire F/172
F7-027: hipótesis de consideración de las cargas para el cálculo mecánico de los apoyos F/174
F7-028: coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos F/174
F7-051: cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor F/190
F7-052: intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
F7-053: intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente) F/191
F7-054: intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente) F/192
F7-055: factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C F/193
F7-056: factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k·m/W F/193

F7-057: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares F/193
F7-058: factores de corrección para diferentes profundidades de instalación F/194
F7-059: intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas F/195
F7-060: intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalaciones al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente de 40 °C) F/195
F7-061: intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de cobre en instalaciones al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente de 40 °C) F/196
F7-062: coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C F/196
F7-063: factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire F/197
F7-064: factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos F/198
F7-065: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de aluminio F/198
F7-066: densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2, para conductores de cobre F/199
F7-067: sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores F/199
F7-091: tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC F/218
F7-093: tabla de los principales conductores y cables estandarizados por CENELEC F/219
F7-094: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los conductores F/220
F7-095: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de su situación F/220
F7-096: métodos de referencia F/223
F7-097: métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1) F/226
F7-100: condiciones de empleo de las conducciones en molduras y zócalos en función de las condiciones ambientales del local F/232
F7-102: características de las canaletas F/234
F7-103: tabla de las denominaciones de los conductos de tubo conforme a la CEI - UNE F/236
F7-104: características de los tubos para instalaciones vistas .. F/237
F7-105. tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos ... F/238
F7-106: tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos F/238
F7-111: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores F/240
F7-114: características de los tubos para instalaciones emportradas F/241
F7-115: características de los tubos para instalaciones embebidas en hormigón F/242

F7-116: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores empotrados F/242
F7-118: recomendaciones de obra para instalaciones con tubos empotrados F/244
F7-119: características de los tubos para instalaciones subterráneas F/245
F7-120: tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores enterrados F/245
F7-121: características de los tubos para instalaciones al aire en alimentación de máquinas F/246
F7-122: diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores en alimentaciones de máquinas fijas F/247
F7-124 tabla de las secciones nominales de los cables flexibles para la alimentación de los electrodomésticos F/248
F7-127: secciones mínimas de los conductores F/249
F7-128: secciones mínimas de los conductores de protección . F/250
F7-131: corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento F/255
F7-132: intensidades admisibles en (A) en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 °C F/257
F7-133: factores de corrección de la temperatura ambiente F/257
F7-134: factores de reducción, sobre los valores de la tabla F7-133, para agrupamiento de varios circuitos F/257
F7-135: factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la tabla F7-133 (52-C20 de la CEI) al aire libre F/258
F7-136: factores de corrección para agrupamiento de varios cables monoconductores, instalados según el método E de la tabla F7-133 (52-C20 de la CEI) al aire libre F/259
F7-137: intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20-460-94/5-523 ..... F/260
F7-138: factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados F/260
F7-139: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente F/260
F7-140: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados F/261
F7-148: tabla de las clases de señales en función de los niveles de perturbación F/266
F7-149: tabla de elección de cables en función de las clases de señal conducidas F/267
F7-154: tabla de rendimientos de los diferentes tipos de cables, frente a los fenómenos de la CEM F/268
F7-182: tabla de referencias y utilidades de la gama Canalis F/286
F7-183: tabla de las características eléctricas de las canalizaciones Canalis F/286
F7-184: tabla de los tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas F/291
F7-188: tabla de referencias de accesorios y columnas Prefadis C9000 ..... F/291
F7-189: tabla de referencias de accesorios para corrientes débiles y fuertes, EUNEA MERLIN GERIN F/292
F7-190: tabla de repuestos de Prefadis C9000 ..... F/294

F7-192: tabla de elección de las canalizaciones en función de las cargas a soportar F/294
F7-193: tabla de distancias de fijación de las luminarias, en función de su naturaleza, de la estructura del edificio y de la canalización F/295
F7-254: tabla de referencias de los elementos componentes de la canalización prefabricada Canalis KN F/327

8. Las influencias externas
F8-001: características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas F/336
F8-002: grados de protección proporcionados por las envolventes F/340
F8-003: parámetros de los ensayos correspondientes a los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, agua y resistencia al impacto F/341

Figuras, esquemas y diagramas

1. Generalidades
F1-001: distribución radial arborescentes a 3 niveles con conductores F/36
F1-002: distribución radial arborescente con canalizaciones prefabricadas (Canalis KN) F/36
F1-003: distribución radial arborescente con sistemas prefabricados a nivel terminal F/37
F1-004: distribución radial pura (llamada de peine) F/37
F1-005: cuadro general de BT F/38
F1-006: utilización de transformadores BT/BT con bobinados separados monofásicos o trifásicos F/38

2. La calidad de la energía eléctrica
F2-001: ejemplo de asociación de alimentación de socorro y subdivisión de circuitos F/39
F2-002: ejemplo de alimentación por dos fuentes distintas y división de circuitos F/40
F2-003: principio de selectividad F/40
F2-004: principios de la “CEM” F/41
F2-005: niveles de perturbación F/41
F2-006: concepto de la perturbación y efecto F/42
F2-009: ejemplos de perturbaciones en la red de BT F/44
F2-011: representación temporal F/46
F2-012: representación espectral F/46
F2-013: corriente consumida por un tubo fluorescente F/47
F2-015: representación temporal de una perturbación transitoria . F/49
F2-016: representación espectral de una perturbación transitoria . F/49
F2-017: onda de choque normalizada para ensayos 1,2/5 µs F/50
F2-020: niveles ceráunicos de España F/52
F2-021: representación temporal de una descarga electrostática . F/53
F2-022: representación espectral. Espectro de banda ancha (0...1.000 MHz) F/53
F2-023: valores máximos de tensión electrostática con que pueden cargarse los operarios F/53
F2-025: ejemplo de distribución eléctrica de alta calidad F/55

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

F3-001: ejemplos de fuentes de sustitución o emergencia: batería central, grupo electrógeno F/59
F3-004: ejemplo de configuración de una instalación de asociación de un ondulador y un grupo electrógeno, extrraído de la guía práctica de Merlin Gerin F/64
F3-005: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo A F/66
F3-006: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo B F/67
F3-007: esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo C F/67

4. Los regímenes de neutro

F4-001: en este ejemplo, un edificio, el borne principal de tierra (6) asegura la unión equipotencial principal F/72
F4-002: esquema TT F/74
F4-003: esquema TN-C F/74
F4-004: esquema TN-S F/75
F4-005: esquema TN-C/S F/75
F4-006: forma de embornar el conductor PEN en un esquema TN-C F/75
F4-007: esquema IT (neutro aislado) F/76
F4-008: impedancia de fuga de un circuito con esquema IT F/76
F4-009: impedancia equivalente o impedancia de fuga en un esquema IT F/76
F4-010: esquema IT (neutro impedante) F/77
F4-011: esquema TT F/77
F4-012: esquema TN-C F/78
F4-013: esquema TN-S F/79
F4-015: esquema IT F/80
F4-021: en un taller donde la continuidad de servicio es imperativa (IT) comporta un horno de tratamientos galvánicos F/84
F4-022: una fábrica en que la soldadura es la parte principal necesita un esquema TN y en un taller de pintura su principal premisa. La continuidad de servicio es resuelta con un circuito aislado en régimen IT F/84

5. La realización y medida de las puestas a tierra

F5-001: situación y trazado del conductor de protección F/87
F5-002: esquema básico de una puesta a tierra F/89
F5-003: representación esquemática de un circuito de puesta a tierra F/89
F5-006: ejemplos de masas F/93
F5-007: bucle en el fondo de las cimentaciones F/94
F5-008: piquetas F/94
F5-009: placas verticales F/95
F5-011: posible solución con configuraciones rectangulares F/97
F5-012: posible solución con configuraciones lineales F/98
F5-015: medida de la toma de tierra con un amperímetro F/100
F5-016: vista general de un sistema de puesta a tierra de un edificio F/104
F5-018: ejemplo de creación de capacidades parásitas, entre los circuitos activos y las masas F/105

F5-019: esquema indicativo de los bucles de masa F/106
F5-020: trazado de red de interconexión de masas no correcto .. F/107
F5-021: trazado de red de interconexión de masas correcto F/107
F5-022: cómo conseguir una buena equipotencialidad para las perturbaciones de “AF” F/108

6. Los cuadros eléctricos

F6-001: perspectiva de un cuadro funcional F/111
F6-002: facilidad de montaje de un cuadro funcional F/111
F6-004: forma compartimentación 1 ..... F/112
F6-005: forma compartimentación 2 ..... F/112
F6-006: forma compartimentación 3 ..... F/112
F6-007: forma compartimentación 4 ..... F/112
F6-008: exponencial del ensayo térmico de un cuadro F/113
F6-009: ventanas de ventilación F/118
F6-012: diagrama de aplicación de la tensión de ensayo en el tiempo F/119
F6-014: mini Pragma EK9, superficie F/122
F6-015: mini Pragma EK9, empotrable F/122
F6-016: Pragma C, superficie F/122
F6-017: Pragma C, empotrable F/122
F6-018: Pragma D, superficie F/123
F6-019: Pragma D, empotrable F/123
F6-020: Pragma F, superficie F/123
F6-021: Pragma F, empotrable F/123
F6-022: Pragma Basic F/124
F6-023: esquema de electrificación básica F/124
F6-024: cuadro y módulos electrificación básica F/125
F6-025: enclavamiento del interuptor general F/125
F6-026: esquema de electrificación elevada F/127
F6-027: cuadro y módulos electrificación elevada F/128
F6-029: cofret Prisma G F/133
F6-031: armarios Prisma GX con y sin pasillo lateral F/135
F6-033: escalas de cables en el armario y pasillo lateral de 300 mm F/136
F6-036: placas especiales de pasillo para la fijación de interruptores automáticos Compact NS F/137
F6-037: orejas de fijación mural F/138
F6-038: placas perforadas en el armario y en el pasillo lateral de 300 mm F/139
F6-039: Distribloc 125/160 A F/139
F6-040: bornero escalado de 125 A F/140
F6-041: bornero Polybloc de 160/250 A F/140
F6-043: bornero escalado de 160/250/400 A F/141
F6-044: juego de barras verticales 160, 250, 400 A F/142
F6-045: fleje de cobre aislado F/143
F6-046: tapa de protección F/144
F6-047: escuadras de enlace entre juegos de barras F/144
F6-048: bornes y conectores F/144
F6-049: colector tierra/neutro F/144
F6-050: colector tierra/neutro F/145
F6-051: juego de barras escalonado en el pasillo lateral F/145
F6-052: conexiones prefabricadas F/146
F6-053: brazaletes para soporte de guías, en posición horizontal . F/146
F6-054: brazalete sobre el soporte del perfil de multifix 07501 .. F/146

F6-055: brazalete vertical sujeto en el montante del cofret de Prisma G 07305 ..... F/148
F6-056: accesorios de fijación sobre placas perforadas F/148
F6-057: soporte de canaletas F/149
F6-058: conexión de los bornes en carril multifix F/150
F6-059: conexión de los bornes en soporte F/150
F6-060: bornes compartimentados en un cofret adicional F/151
F6-061: bornes compartimentados en un pasillo lateral F/152
F6-063: forma de compartimentación en un cuadro pequeño ... F/154
F6-064: forma no adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro F/154
F6-065: forma adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro F/154
F6-066: conexión correcta de las canaletas metálicas y los cuadros eléctricos F/155
F6-067: formas correctas de instalación de los filtros en un armario F/155
F6-068: situación de los cables de entrada y salida de los filtros ... F/156
F6-069: formas de sujeción de los filtros F/156
F6-070: forma de sujeción de las conexiones F/157
F6-071: conexiones del circuito de masas en los cuadros, para atender la CEM F/158

7. Las conducciones.

F7-001: temperatura máxima admisible en una conducción con conductores de diferente naturaleza de aislantes F/159
F7-002: protección de las canalizaciones de las fuentes externas de calor F/160
F7-003: protecciones a la posible generación de condensación. F/160
F7-004: evacuación de la condensación no evitable F/160
F7-005: mantenimiento de limpieza para facilitar la disipación de calor F/161
F7-006: protección de los conductores o conducciones en zona con peligro de impactos F/161
F7-007: arandelas antivibratorias, conexiones flexibles F/162
F7-008: radios de curvatura mínimos de los tubos F/162
F7-011: radios de curvatura de los cables F/163
F7-012: colocación de conductores en tubos o directos sobre paredes F/164
F7-013: carga de rotura mínima a la tracción de los conductores aéreos y de los tirantes F/164
F7-014: sobrecargas de los conductores por efectos de la deposición de hielo F/165
F7-015: Situación de conductores enterrados directamente bajo aceras o calzadas F/166
F7-016: situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas F/166
F7-017: situación de conductores entubados enterrados bajo vías férreas F/166
F7-018: sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros F/167
F7-029: situación de conductores aislados en fachadas F/175
F7-030: situación de conductores aislados al aire F/176
F7-031: ejemplo de fijación de conductores a los aisladores F/176

F7-032: zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos F/177
F7-033: distancias entre conductores F/167
F7-034: empalmes, derivaciones y fijaciones de los conductores . F/180
F7-035: puestas a tierra del conductor neutro F/182
F7-036: colocación de los apoyos (fundaciones) F/181
F7-037: cruces de líneas de AT o MT con líneas de BT F/182
F7-038: cruces con otras líneas aéreas de BT F/183
F7-039: cruces con líneas aéreas de telecomunicación F/183
F7-040: cruces de carreteras y líneas férreas sin electrificar F/184
F7-041: cruces de líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/184
F7-042: cruces de teleféricos y cables transportadores F/185
F7-043: cruces de ríos o canales navegables F/185
F7-044: cruces de antenas receptoras de radio y televisión F/186
F7-045: cruces de conducciones de agua y gas F/186
F7-046: paralelismos con líneas de AT o MT F/187
F7-047: paralelismos con calles y carreteras F/188
F7-048: paralelismos con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses F/188
F7-049: paralelismos con conductos de agua F/189
F7-050: paralelismos con conductos de gas F/189
F7-068: colocación de conductores directamente enterrados ... F/201
F7-069: situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas F/201
F7-070: sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros F/201
F7-071: galerías transitables F/202
F7-072: galerías no transitables F/202
F7-073: características generales de las galerías F/203
F7-074: galerías para el servicio eléctrico F/204
F7-075: situación de los cables y amarre para la compensación de los esfuerzos electrodinámicos F/205
F7-076: galerías transitables de más de 400 m F/206
F7-077: galerías o zanjas no transitables (registrables) F/207
F7-078: instalaciones en canales a ras de suelo registrables. ... F/208
F7-079: instalaciones subterráneas en el cruce de carreteras y caminos F/209
F7-080: instalaciones subterráneas en el cruce de líneas férreas .. F/209
F7-081: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de AT o MT F/210
F7-082: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de telecomunicación F/210
F7-083: instalaciones subterráneas BT en el cruce con conducciones de agua o gas F/210
F7-084: instalaciones subterráneas de BT en el cruce de depósitos de combustible F/211
F7-085: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y otras tensiones F/212
F7-086: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y líneas de telecomunicación F/212
F7-087: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de agua F/212

F7-088: paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de gas F/213
F7-089: ejemplo de distribución radial en un hotel con cables .. F/214
F7-090: ejemplo de distribución radial en una industria con canalizaciones prefabricadas F/215
F7-092: conductor del ejemplo F/219
F7-098: instalaciones en huecos de la construcción F/230
F7-099: instalaciones en conducciones en molduras y zócalos .. F/231
F7-101: instalaciones con canaletas F/233
F7-107: colocación de conductores en tubos sobre paredes F/238
F7-108: distancias máximas de colocación de las cajas de registro o empalme, en tramos rectos F/239
F7-109: distancias máximas de colocación de las cajas de de registro de tramos curvos F/239
F7-110: colocación de evacuadores de condensaciones F/239
F7-112: protección de las conducciones de puntos de emisión de calor F/240
F7-113: cruces con otras conducciones F/241
F7-117: fijación de los tubos en huecos de la construcción F/243
F7-123: alimentación de una máquina desde una canalización prefabricada F/247
F7-125: conductores no adecuados en función de la temperatura de utilización del electrodoméstico F/248
F7-126: conductores y clavijas para loselectrodomésticos de Clase I F/248
F7-129: trazado del conductor de protección F/250
F7-130: utilización del apantallado de los conductores como conductor de protección F/251
F7-141: paso de un local húmedo a uno no húmedo o al exterior .. F/262
F7-142: cajas de empalme F/263
F7-143: conexiones no autorizadas F/263
F7-144: esquema de un circuito de masas en un edificio F/264
F7-145: malla de equipotencialidad para hormigón F/265
F7-146: interconexión de las canalizaciones metálicas F/265
F7-147: interconexión de máquinas, conducciones y estructura . F/266
F7-150: cables apropiados para señales sensibles F/267
F7-151: cables apropiados para señales poco sensibles F/267
F7-152: cables apropiados para señales poco perturbadoras .. F/267
F7-153: cables apropiados para señales perturbadoras F/268
F7-155: tipos de cables adecuados a la 2.ª regla F/269
F7-156: longitudes máximas y distancias entre conductores para cumplir la 4.ª regla F/269
F7-157: comparación relativa de las distancias y las longitudes F/270
F7-158: ejemplo de reducción de los planos de masa entre dos cuadros, máquinas, equipos F/270
F7-159: ejemplos de situación de los cables de masa para reducir el espacio del campo de interferencia F/270
F7-160: trazado adecuado de dos conductores. La solución ideal son los conductores bifilares F/271
F7-161: situación adecuada de los cables en las conducciones metálicas F/271
F7-162: tomas de contacto con las masas y las puestas a tierra en función de la longitud del cable F/272
F7-163: conexión de una pantalla a masa por su extremo, poco eficiente F/272

F7-164: pantallas no conectadas a masa, no aceptado por CEI 364 ... F/273
F7-165: forma de conexión de los conductores no utilizados ... F/273
F7-166: forma de cruzar las conducciones ... F/274
F7-167: tipo de conexiones ... F/275
F7-168: dificultades genéricas a superar para obtener unas buenas conexiones ... F/275
F7-169: formas adecuadas y no adecuadas de conexión de las masas y los blindajes de los cables ... F/276
F7-170: formas y materiales de canaletas eficaces ... F/276
F7-171: zonas protegidas para la colocación de cables en una canaleta ... F/277
F7-172: forma de colocación de los cables en las canaletas y los ángulos ... F/277
F7-173: forma de colocación de los cables en las bandejas ... F/278
F7-174: forma de corrección de la instalación de los cables en una instalación existente ... F/278
F7-175: ejemplo de canaleta sin continuidad al paso por un muro ... F/279
F7-176: ejemplo de canaleta con conexión lateral por cable, al paso de un muro ... F/279
F7-177: ejemplo de una canaleta con solape en el plano principal, al cruzar un muro ... F/279
F7-178: ejemplo de unión de canaleta por el plano principal ... F/280
F7-179: ejemplos de colocación de forma correcta ... F/281
F7-180: ejemplos de colocación de forma incorrecta ... F/281
F7-182: sistema de distribución prefabricado Canalis ... F/282
F7-185: ejemplo de estructura de una canalización vertical ... F/287
F7-186: forma de montaje y fijación de las columnas C9000 multiconducto ... F/288
F7-187: cableado de las columnas C9000 ... F/289
F7-191: fijación de las luminarias ... F/294
F7-194: tramos rectos de KLE ... F/296
F7-195: cajas de alimentación y cajas de unión KLE ... F/296
F7-196: formas de efectuar los cambios de dirección y salvar obstáculos ... F/296
F7-197: formas de fijación de la canalización KLE ... F/297
F7-198: canaleta suplementaria para la ubicación de posibles líneas ... F/297
F7-199: forma de sujeción de las luminarias ... F/294
F7-200: conectores de derivación monofásicos ... F/298
F7-201: conectores bipolares precableados ... F/298
F7-202: forma de montaje de los elementos rectos ... F/299
F7-203: forma de fijación de los elementos rectos ... F/299
F7-204: forma de colocación de las cajas de alimentación ... F/299
F7-205: forma de colocación de los conectores de derivaciones ... F/299
F7-206: componentes de la línea KLE ... F/300
F7-207: tramos rectos de KBA ... F/300
F7-208: cajas de alimentación y cajas de unión KBA ... F/301
F7-209: formas de fijación de la canaleta KBA ... F/302
F7-210: elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud ... F/302
F7-211: forma de sujeción de las luminarias por bridas con trinquete ... F/303
F7-212: tipos de conectores para Canalis KBA ... F/303

F7-213: conectores de 10 A para Canalis KBA F/304
F7-214: tomas de 16 A F/304
F7-215: dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada F/304
F7-216: forma de montaje de los elementos rectos F/305
F7-217: forma de fijación de los elementos rectos F/305
F7-218: forma de colocación de las cajas de alimentación F/306
F7-209: forma de colocación de los conectores de derivación .. F/306
F7-220: componentes de la línea KBA F/307
F7-221: tramos rectos de KBB F/307
F7-222: cajas de alimentación KBB F/308
F7-223: formas de fijación de la canalización KBB F/309
F7-224: elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud F/309
F7-225: forma de sujeción de las luminarias F/310
F7-226: tipos de conectores para Canalis KBA F/310
F7-227: conectores de 10 A para Canalis KBA F/311
F7-228: conectores de 10 A para Canalis KBA F/311
F7-229: dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada F/311
F7-230: forma de montaje de los elementos rectos F/312
F7-231: forma de fijación de los elementos rectos F/312
F7-232: forma de fijación de las cajas de alimentación F/313
F7-233: forma de fijación de los conectores de salida F/313
F7-234: elementos de la línea KBB F/313
F7-235: alumbrado de seguridad con bloques autónomos BAES . F/314
F7-236: alumbrado de seguridad con fuente centralizada F/315
F7-237: tramos rectos línea para baja potencia KN F/316
F7-238: cajas de alimentación conexión izquierda KN F/317
F7-239: cajas de alimentación conexión derecha F/317
F7-240: cajas de alimentación conexión central, posición d1 .... F/317
F7-241: cajas de alimentación conexión central, posición d2 .... F/318
F7-242: cajas de alimentación central entrada superior o inferior .. F/318
F7-243: cajas de alimentación colocación centro entrada superior F/319
F7-244: cajas de alimentación colocación centro entrada inferior .. F/319
F7-245: prensaestopas para cajas de alimentación F/320
F7-246: cajas final de línea, cierre mecánico KN F/321
F7-247: formas de fijación líneas KN F/321
F7-248: formas de fijación líneas KN (continuación)... ..... F/322
F7-249: tramos flexibles para cambios de dirección F/322
F7-250: cofrets equipados con bases fusibles Neozed F/323
F7-251: cofrets para tomas de corriente, con interruptores diferenciales F/324
F7-252: cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 ..... F/324
F7-253: cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 (continuación)... ..... F/325
F7-255: densidad de flujo magnético, en gauss, de una canalización tipo KHF-28 ..... F/327
F7-256: canalización prefabricada Canalis de 3.000 A F/328
F7-257: comparaciones de las cargas incendiarias de las acometidas de transformador a cuadro general F/328

Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

2. La calidad de la energía eléctrica

La ITC-BT-51 recoge términos que coinciden con este capítulo, pero su contenido coincide plenamente con el capítulo K. "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", del 4.º Volumen. Por tanto, la situaremos en el 4.º Volumen F/343

4. Los regímenes de neutro

SISTEMAS DE CONEXION DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA. ITC-BT-08

1. Esquemas de distribución F/343
   1.1. Esquema TN F/343
   1.2. Esquema TT F/344
   1.3. Esquema IT F/345
   1.4. Aplicación de los tres tipos de esquemas F/345
2. Prescripciones especiales en las redes de distribución para la aplicación del esquema TN F/346

5. La realización y medida de las puestas a tierra

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. Objeto F/347
2. Puesta o conexión a tierra. Definición F/347
3. Uniones a tierra F/347
   3.1. Tomas de tierra F/348
   3.2. Conductores de tierra F/349
   3.3. Bornes de puesta a tierra F/349
   3.4. Conductores de protección F/350
4. Puesta a tierra por razones de protección F/351
   4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto F/351
5. Puesta a tierra por razones funcionales F/352
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales F/352
7. Conductores CPN (también denominados PEN) F/352
8. Conductores de equipotencialidad F/352
9. Resistencia de las tomas de tierra F/353
10. Tomas de tierra independientes F/354
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación F/354
12. Revisión de las tomas de tierra F/355

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

6. Los cuadros eléctricos

INSTALACIONES DE ENLACE DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCION. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17

1. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia F/357
   - 1.1. Situación F/357
   - 1.2. Composición y características de los cuadros F/358
   - 1.3. Características principales de los dispositivos de protección F/358

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NUMERO DE CIRCUITOS CARACTERISTICAS. ITC-BT-25

La ITC-BT-25 corresponde en su totalidad al apartado B y en él queda incluida, pero el número de circuitos también afecta a los cuadros del capítulo F6 ..... F/359

7. Las conducciones

REDES AEREAS PARA DISTRIBUCION EN BAJA TENSION. ITC-BT-06

1. Materiales F/360
   - 1.1. Conductores F/360
   - 1.1.1. Conductores aislados F/360
   - 1.1.2. Conductores desnudos F/360
   - 1.2. Aisladores F/360
   - 1.3. Accesorios de sujeción F/361
   - 1.4. Apoyos F/361
   - 1.5. Tirantes y tornapuntas F/361
2. Cálculo mecánico F/361
   - 2.1. Acciones a considerar en el cálculo F/361
   - 2.2. Conductores F/362
   - 2.2.1. Tracción máxima admisible F/362
   - 2.2.2. Flecha máxima F/362
   - 2.3. Apoyos F/362
3. Ejecución de las instalaciones F/363
   - 3.1. Instalación de conductores aislados F/363
   - 3.1.1. Cables posados F/363
   - 3.1.2. Cables tensados F/364
   - 3.2. Instalaciones de conductores desnudos F/364
   - 3.2.1. Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones F/365
   - 3.2.2. Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones F/366
   - 3.3. Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos F/367
   - 3.4. Sección mínima del conductor neutro F/367
   - 3.5. Identificación del conductor neutro F/367
   - 3.6. Continuidad del conductor neutro F/365
   - 3.7. Puesta de tierra del neutro F/367
   - 3.8. Instalación de apoyos F/368

3.9. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos ... F/368
3.9.1. Cruzamientos ... F/368
3.9.2. Proximidades y paralelismos ... F/371
4. Intensidades admisibles por los conductores ... F/373
4.1. Generalidades ... F/373
4.2. Cables formados por conductores aislados con polietile no reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible ... F/373
4.2.1. Intensidades máximas admisibles ... F/373
4.2.2. Factores de corrección ... F/374
4.2.3. Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables ... F/375
4.3. Conductores desnudos de cobre y aluminio ... F/375
4.4. Otros cables u otros sistemas de instalación ... F/375

REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCION EN BAJA TENSION

1. Cables ... F/376
2. Ejecución de las instalaciones ... F/376
2.1. Instalación de cables aislados ... F/376
2.1.1. Directamente enterrados ... F/377
2.1.2. En canalizaciones entubadas ... F/377
2.1.3. En galerías ... F/378
2.1.4. En atarjeas o canales revisables ... F/380
2.1.5. En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared ... F/381
2.1.6. Circuitos con cable en paralelo ... F/381
2.2. Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismos ... F/381
2.2.1. Cruzamiento ... F/381
2.2.2. Proximidades y paralelismos ... F/383
2.2.3. Acometidas (conexiones de servicio) ... F/384
2.3. Puesta a tierra y continuidad del neutro ... F/384
3. Intensidades máximas admisibles ... F/385
3.1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables ... F/385
3.1.1. Temperatura máxima admisible ... F/385
3.1.2. Condiciones de instalación enterrada ... F/386
3.1.3. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares ... F/389
3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales registables) ... F/390
3.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores ... F/395
3.3. Otros cables o sistemas de instalación ... F/396

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

1. Campo de aplicación ... F/397
2. Prescripciones de carácter general ... F/397
2.1 Regla general ... F/397
2.2 Conductores activos ... F/397
2.2.1 Naturaleza de los conductores ... F/397

F

2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión F/397
2.2.3. Intensidades máximas admisibles F/400
2.2.4. Identificación de conductores F/400
2.3. Conductores de protección F/400
2.4. Subdivisión de las instalaciones F/400
2.5. Equilibrado de cargas F/400
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación. F/401
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga. F/401
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos F/401
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica F/401
2.10. Bases de toma de corriente F/401

En esta instrucción existen unos apartados que quedan desarrollados en otros capítulos y por tanto el texto del reglamento los incorporamos a dichos capítulos:

2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 “Instalaciones eléctricas para viviendas” del quinto volumen

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. SISTEMAS DE INSTALACION ITC-BT-20

1. Generalidades F/401
2. Sistemas de instalación F/401
2.1. Prescripciones generales F/401
2.1.1. Disposiciones F/402
2.1.2. Accesibilidad F/402
2.1.3. Identificación F/403
2.2. Condiciones particulares F/403
2.2.1. Cables aislados bajo tubos protectores F/404
2.2.2. Cables aislados fijados directamente sobre las paredes F/405
2.2.3. Cables aislados enterrados F/405
2.2.4. Cables aislados directamente empotrados en estructuras F/405
2.2.5. Cables aéreos F/405
2.2.6. Cables aislados en el interior de huecos de la construcción F/405
2.2.7. Cables aislados bajo canales protectoras F/406
2.2.8. Cables aislados bajo molduras F/407
2.2.9. Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas .. F/407
2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas F/408
3. Paso a través de elementos de la construcción F/408

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21

1. Tubos protectores F/409
   - 1.1. Generalidades F/409
   - 1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación F/410
   - 1.2.1. Tubos en canalizaciones fijas en superficie F/410
   - 1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas F/411
   - 1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire F/413
   - 1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas F/414
2. Instalación y colocación de los tubos F/416
   - 2.1. Prescripciones generales F/416
   - 2.2. Montaje fijo en superficie F/417
   - 2.3. Montaje fijo empotrado F/418
   - 2.4. Montaje al aire F/419
3. Canales protectoras F/420
   - 3.1. Generalidades F/420
   - 3.2. Características de las canales F/420
4. Instalación y colocación de las canales F/421
   - 4.1. Prescripciones generales F/421

1. Generalidades

1.1. Las principales estructuras de la distribución en BT

La distribución BT empieza después del C.G.D., incluyendo las líneas y los cuadros de distribución.
La canalización reagrupa los conductores aislados y sus medios de fijación y protección mecánica; o sea, la realización concreta de los circuitos eléctricos.

La división en circuitos

Es la disponibilidad de la energía eléctrica, que condiciona la división en circuitos. Ello permite:
- Limitar las consecuencias de un defecto al circuito que concierne.
- Facilitar la localización de un defecto.
- Permite las operaciones de mantenimiento de un circuito, manteniendo el resto de la instalación en tensión.

De una forma general podemos establecer los siguientes circuitos diferentes:
- Para alumbrado (fuente de la mayoría de defectos de aislamiento).
- Para las tomas de corriente.
- Para los equipos de calefacción y climatización.
- Para la fuerza motriz.
- Para la alimentación de elementos auxiliares (circuitos de control, mando...).
- Para los elementos de seguridad (alumbrado de seguridad, circuitos de servicio de incendios, etc.).

Las principales configuraciones de distribución de BT se describen en el transcurso del capítulo.

La distribución radial arborescente es la más utilizada. Se puede realizar con conducciones tradicionales o con canalizaciones prefabricadas.

Distribución radial arborescente

De uso general, es la más empleada.
Se puede realizar tal como se indica en los esquemas adjuntos.
Ventajas:
Sólo el circuito en defecto queda fuera de servicio.
La localización de los defectos es fácil.
Las operaciones de mantenimiento no necesitan el corte general del suministro.
Inconvenientes:
Un defecto en el origen implica toda la instalación.

Con conductores

En edificios destinados a una aplicación concreta (doméstico, agricultura...).
Ventajas:
Pocas dificultades de paso (de los tubos, canaletas...).

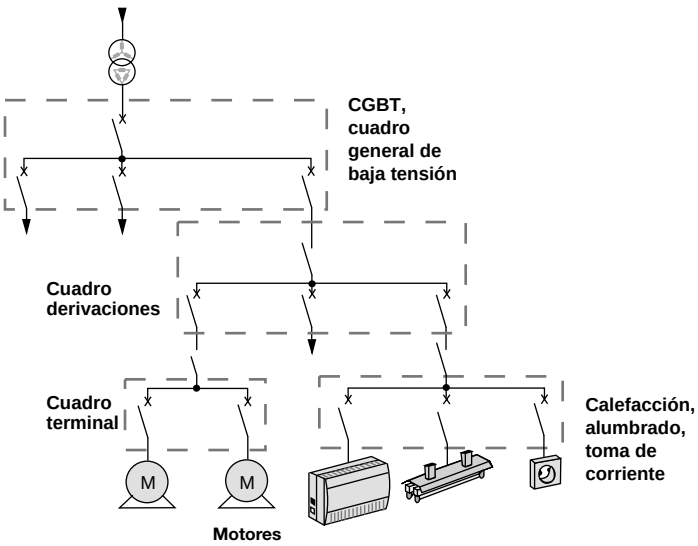


Fig. F1-001: *distribución radial arborescente a 3 niveles con conductores.*

Con canalizaciones prefabricadas a nivel divisionario (industrias y sector terciario)
Ventajas:
Flexibilidad de instalación, facilidad de puesta en servicio (reducción muy importante de la carga incendiaria...).

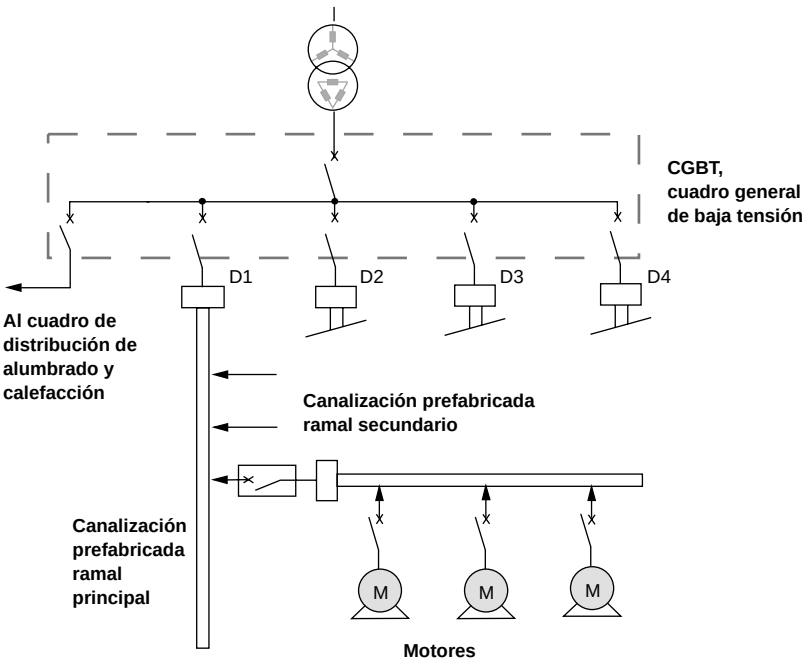


Fig. F1-002: *distribución radial arborescente con canalizaciones prefabricadas (Canalis KN).*

Con canalizaciones prefabricadas a nivel terminal (oficinas, laboratorios...)
Ventajas:
Flexibilidad y estética de circuitos terminales, en los locales con necesidades evolutivas, facilidad de puesta en servicio.

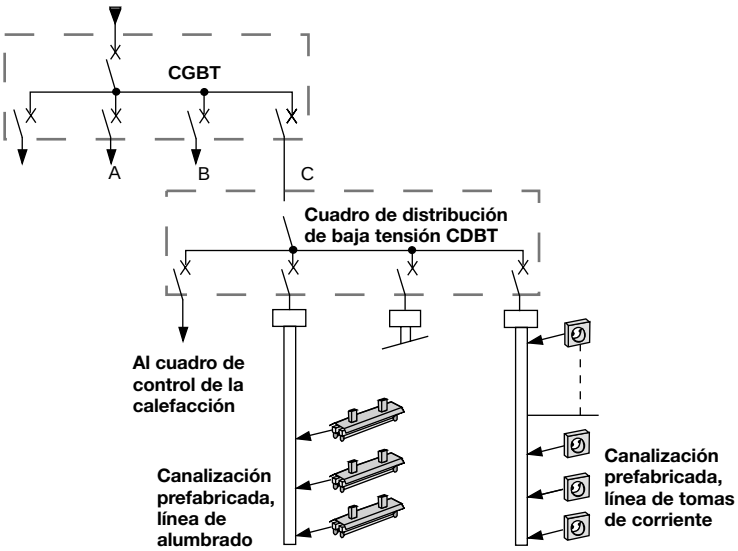


Fig. F1-003: *distribución radial arborescente con sistemas prefabricados a nivel terminal.*

Distribución radial pura (llamada de peine)
Se utiliza para el mando centralizado de procesos industriales, conjuntos de motores de grandes máquinas o procesos.
Ventajas:
En caso de defecto implica un solo circuito.
Inconvenientes:
Multiplicidad de circuitos.
Las características de la aparamenta de protección y maniobra de los circuitos debe ser de gran prestación mecánica y eléctrica por su proximidad a la fuente de suministro.

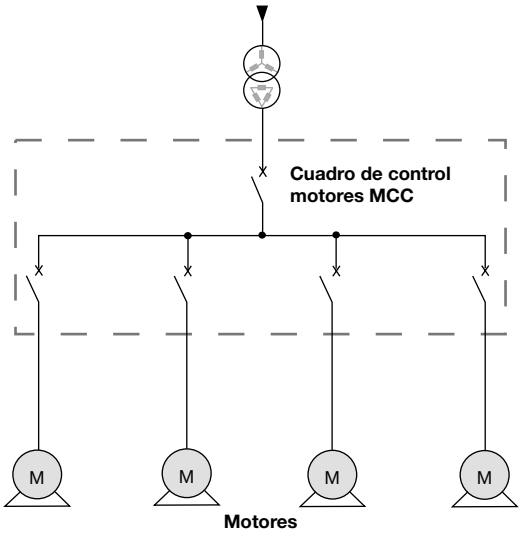


Fig. F1-004: *distribución radial pura (llamada de peine).*

1.2. El cuadro eléctrico

El punto de partida del estudio de una instalación eléctrica y de la implantación geográfica del cuadro general de BT, es función del reparto geográfico de las cargas en el edificio.
La fuente de alimentación (acometida o centro de transformación), es conveniente que se sitúe, si es posible, en el centro de las cargas, y en su defecto, como mínimo, en el cuadro general de BT.



Fig. F1-005: *cuadro general de BT.*

1.3. El neutro

En las instalaciones importantes son necesarias dos tensiones en función de los receptores:
■ 400 V para la alimentación de circuitos de potencia.
■ 230 V para la alimentación de circuitos de alumbrado y tomas de corriente.
Si el neutro está distribuido (forma general de distribución en España), no hay problema.
Si el neutro no está distribuido, la utilización de transformadores BT/BT permite disponer de un neutro.
Estos transformadores presentan la ventaja de separar galvánicamente los circuitos, autorizando un cambio de régimen de neutro y mejorando el aislamiento general.

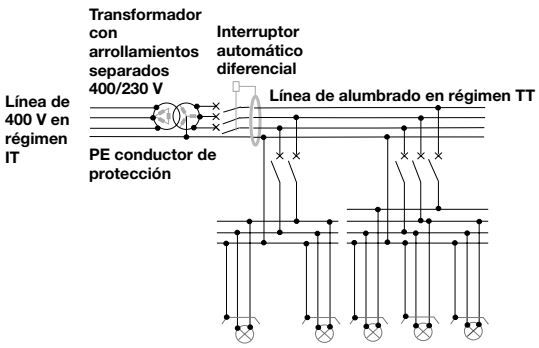


Fig. F1-006: *utilización de transformadores BT/BT con bobinados separados monofásicos o trifásicos.*

2. La calidad de la energía eléctrica

Se deben dar los medios necesarios para asegurar la continuidad de suministro y la calidad de la energía suministrada a los bornes de un receptor.
Ver el 4.º Volumen “Gestión Técnica de edificios, el control energético y la seguridad”.

2.1. La continuidad de la energía eléctrica

La continuidad de servicio de la energía eléctrica se obtiene, generalmente, con la división de los circuitos y la utilización de varias fuentes de alimentación, puestas, total o parcialmente, al mismo servicio.
En realidad disponemos de alternativas tales como:
- Las fuentes de socorro en los puntos críticos.
- Doblaje del suministro.
- La elección del régimen de neutro.
- Un correcto estudio de selectividad.

La división de las instalaciones y la utilización de varias fuentes

Si la potencia es importante, la instalación de diferentes centros de transformación permite aislar los receptores de dificultades y características particulares:
- Del nivel de aislamiento susceptible de variación.
- De la sensibilidad a los armónicos (informática).
- De las bajadas o fallos de tensión de los generadores (arranque de motores de fuerte potencia).
- De los generadores de armónicos.

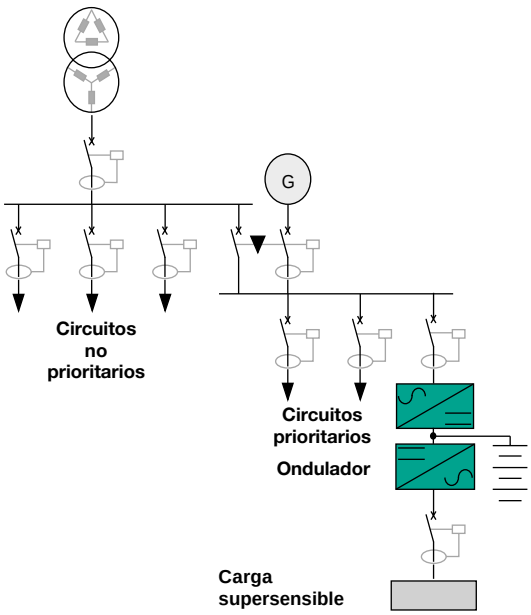


Fig. F2-001: *ejemplo de asociación de alimentación de socorro y subdivisión de circuitos.*

La instalación de alimentaciones de socorro

Dos centros de transformación CT, los grupos electrógenos, las centrales particulares, las alimentaciones estáticas ininterrumpidas (SAI), los bloques autónomos de alumbrado de emergencia, son ejemplos válidos.

La subdivisión de los circuitos

De esta forma un defecto que afecte un circuito de importancia secundaria no impide la alimentación de un circuito prioritario.
La separación de circuitos, en función de las reglamentaciones y las características de la explotación, es una subdivisión necesaria para una buena fiabilidad de producción.

El doblaje de suministros

En zonas con más de una compañía de suministro de energía eléctrica.

La adecuada elección del régimen de neutro

El esquema IT en particular evita la desconexión al primer defecto de aislamiento. Utilizado en un entorno adaptado, permite evitar toda interrupción de alimentación.
En los apartados 4 y 5 de este capítulo, se desarrolla el tema de la elección del régimen de neutro.

Nota: El esquema IT es de obligada instalación, según la normativa vigente, en quirófanos y salas de rehabilitación.

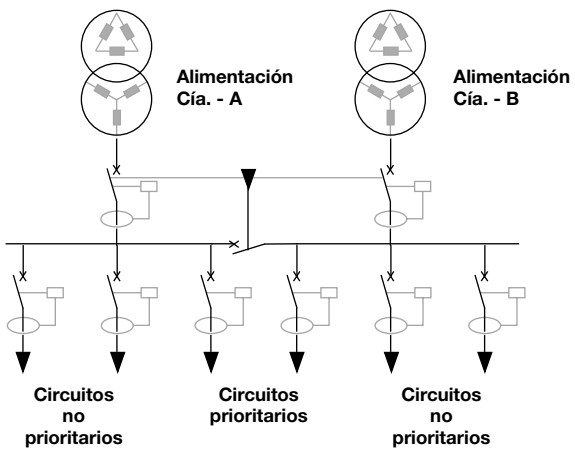


Fig. F2-002: *ejemplo de alimentación por dos fuentes distintas y división de circuitos.*

La selectividad de las protecciones

Contra las sobreintensidades o los defectos a tierra, evita la puesta fuera de tensión de toda o parte de la instalación en caso de defecto en un circuito determinado.
Circunscribe la apertura al aparato inmediatamente aguas arriba del defecto.

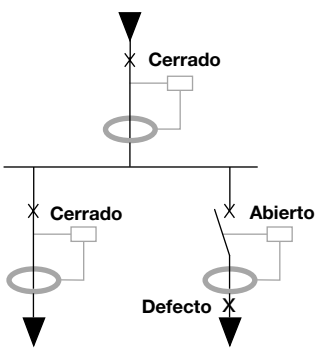


Fig. F2-003: *principio de selectividad.*

2.2. La calidad de la energía eléctrica

Las redes de distribución pública o privada son fuentes de perturbaciones de carácter continuo o simplemente transitorio. La convivencia con estas perturbaciones la denominamos compatibilidad electromagnética “CEM”.
Cuantas menos perturbaciones, o mejor controladas, mayor calidad.

Compatibilidad electromagnética “CEM”

Las normas definen la compatibilidad electromagnética “CEM” como: la aptitud de un dispositivo, aparato o sistema, para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier otro dispositivo situado en el mismo entorno.

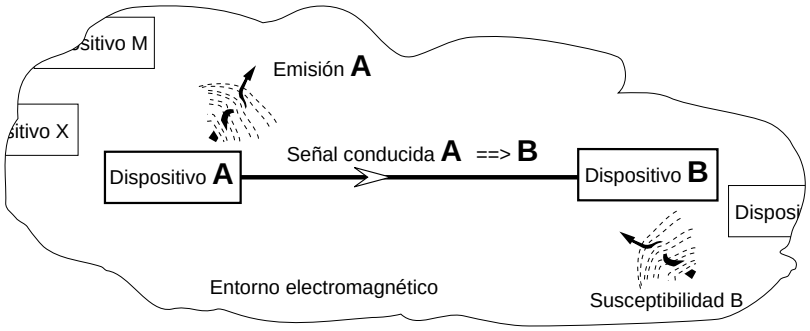
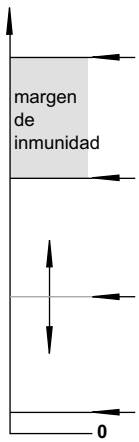


Fig. F2-004: *principios de la “CEM”.*

Campo de aplicación

Llamamos sistema a un conjunto de equipos (aparamenta, motores, captadores...) que contribuye a la realización de una función determinada.
Es necesario indicar que, desde un punto de vista electromagnético, el sistema comprende todos los elementos que interactúan, incluidos los dispositivos de desacoplamiento de la red.
Las alimentaciones eléctricas, las conexiones entre los diferentes equipos, los dispositivos asociados y sus alimentaciones eléctricas, forman parte del sistema.

Nivel de perturbación



nivel de susceptibilidad:
nivel de perturbación a partir del cual un dispositivo o un sistema empieza a funcionar mal.

nivel de inmunidad:
nivel normalizado de perturbación que puede soportar un dispositivo o un sistema.

nivel de compatibilidad electromagnética:
nivel máximo especificado de perturbaciones que cabe esperar en un entorno dado.

límite de emisión:
nivel normalizado de emisión que un dispositivo no debe superar.

Fig. F2-005: *niveles de perturbación.*

Esto significa que:
■ El nivel de inmunidad de cada aparato es tal que su entorno electromagnético no lo perturba.
■ Su nivel de emisión de perturbaciones debe ser lo suficientemente bajo como para no perturbar los aparatos situados en su entorno electromagnético.

Definición de una perturbación electromagnética
Cualquier fenómeno electromagnético que pueda degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema...
La perturbación electromagnética puede ser un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del propio medio de propagación.

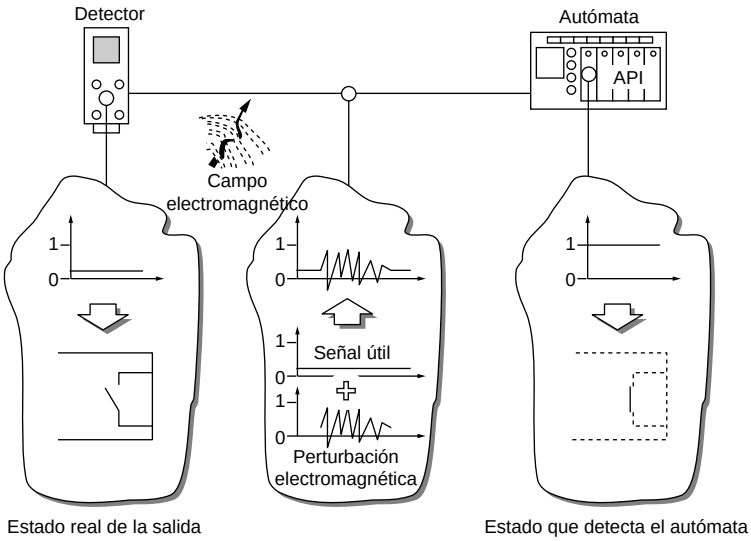
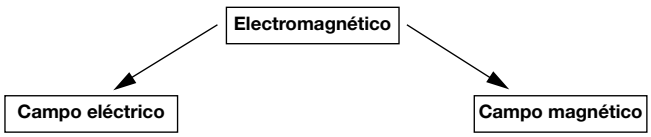


Fig. F2-006: *concepto de la perturbación y efecto.*

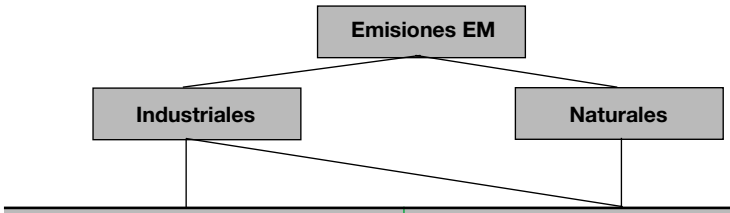
Como su nombre indica, la perturbación electromagnética se compone de un campo eléctrico $\vec{E}$ generador, producido por una diferencia de potencial, y de un campo magnético $\vec{H}$, que tiene su origen en la circulación de una corriente I por un conductor.



La perturbación electromagnética "parásita" no es más que una señal eléctrica no deseada que se suma a la señal útil.

Esta señal se propaga por conducción, a través de los conductores, y por radiación, a través del aire.

Origen de las emisiones electromagnéticas



Conscientes	No intencionadas
Emisiones de radiodifusión. Emisiones de televisión. Walkie Talkie. Teléfonos móviles. Radares. Etc.	**Accidentales** Cortocircuitos. Conexión a tierra imprevista. **Permanentes** Proceden de la explotación cotidiana. Todos los sistemas de activación y desactivación de una señal eléctrica (contacto seco, transistor de "potencia"...), tales como: Contacto, relé, onduladores, fuentes conmutadas, sistemas de encendido de motores de explosión, colectores de motores, reguladores electrónicos... Lámparas de descarga y fluorescentes. Equipos que utilizan relojes (PC, PLC). Etc.
Dispositivos para el tratamiento de materiales: – Fusión, soldadura con y sin aporte de materiales... – Hornos de inducción (secado de madera...). – Lámpara de plasma... Etc.	

Tipo de perturbaciones

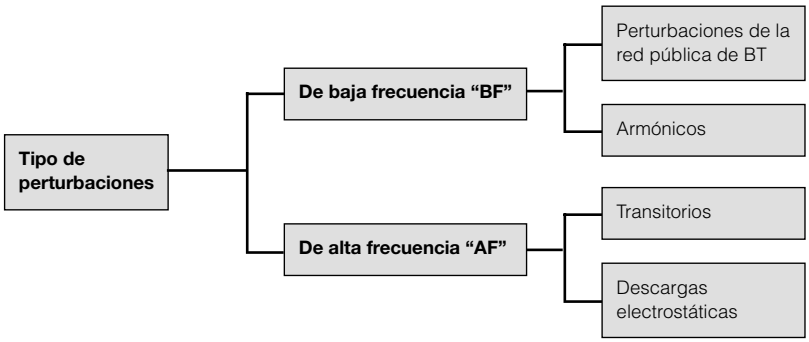


Tabla F2-008: *tabla de clasificación de las perturbaciones.*

■ **Perturbaciones de baja frecuencia "BF":**
□ **Zona de frecuencia:** 0 < frecuencia < 1 a 5 MHz.
Las perturbaciones de baja frecuencia "BF" se producen en la instalación principalmente por conducción (conductores).
□ **Duración:** generalmente prolongada (algunas decenas de ms).
En algunos casos, el fenómeno puede ser permanente (armónico).
□ **Energía:** la energía conducida puede ser elevada y, como resultado, los aparatos interconectados funcionan mal o se averían.
W (Julios) = **U** (V) · **I** (A) · **t** (seg)

■ **Perturbaciones de la red pública de alimentación “BT”:**
□ **Tensión:** variaciones, cortes, caídas, sobretensiones.
□ **Frecuencia:** variaciones.
□ **Forma de onda:** armónicos, transitorios, corrientes portadoras.
□ **Fases:** desequilibrio.
□ **Potencia:** cortocircuitos, sobrecargas (efectos sobre la tensión).

■ **Perturbaciones de alta frecuencia “AF”:**
□ **Zona de frecuencia:** frecuencia ⩾ 30 MHz.
Las perturbaciones de alta frecuencia “AF” se producen en la instalación principalmente por radiación (aire).
□ **Duración:** impulsos AF. Tiempo de subida del impulso ≤ 10 ns.
El fenómeno puede ser permanente (rectificadores, relojes...).
□ **Energía:** generalmente, la energía radial es baja y, como resultado, los dispositivos del entorno funcionan mal.

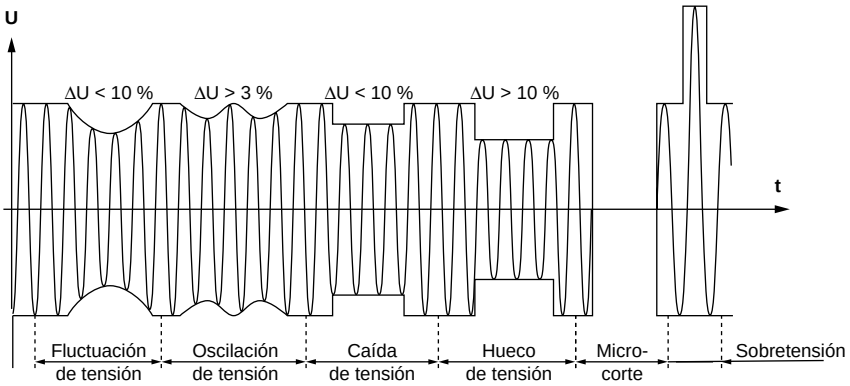


Fig. F2-009: *ejemplos de perturbaciones en la red de BT.*

F
2

Perturbaciones de la red pública de BT				
Designación	**Amplitud de la variación**	**Duración del fallo**	**Origen**	**Consecuencias**
Fluctuación de tensión Oscilación de tensión	ΔU < 10% (variación lenta) CEI 38 CEI 1000-3-3 CEI 1000-3-5 ΔU > 3 %		• Hornos de arco • Grupos de sondadura • Cargas importantes con arranques frecuentes... (compresores, ascensores)	• No tiene consecuencias en los equipos • Intermitencia del alumbrado
Caída de tensión	ΔU < 10 % (variación rápida)		• Conmutación de cargas importantes (arranque de motores grandes, calderas eléctricas, hornos eléctricos...)	
Hueco de tensión	10 % ⩽ ΔU o 100 CEI 1000-2-2	10...500 ms El corte y el hueco son **impulsionales:** < 10 ms **cortos:** 10 ms a 300 ms	Corriente de llamada a la conexión de: • Motores grandes y "arranques al vuelo" • Grandes transformadores. Baterías de condensadores • Cortocircuito en la red de suministro principal BT (viento, tormenta, fallo del abonado vecino) Corte provocado por un interruptor automático con reenganche automático	• Caída de relés rápidos que provocan graves problemas en los procesos • Fallo de la alimentación (si ΔU > 30 %) • Fallo en el frenado de los motores • Garantizar una buena inmunidad, sobre todo en los autómatas, los captadores... • Pérdida de par en motores asíncronos
Microcortes	ΔU = 100 %	**cortos:** 10 ms a 1 min. **largos:** 0,3 s a 1 min. **permanentes:** > 1 min.	Corriente de llamada a la conexión de: • Motores grandes y "arranque al vuelo" • Grandes transformadores • Baterías de condensadores si t ⩽ 10 ms = fenómeno transitorio	• Fallo de alimentación
Sobretensiones	ΔU > 10 %	**impulsionales**	• Accidental (errores de conexión) • Maniobra en la red de MT	• Fallo de los componentes electrónicos • Es imprescindible tenerlas en cuenta al diseñar e instalar aparatos electrónicos • Generalmente no tiene consecuencias para los componentes eléctricos tradicionales

Tabla F2-010: *tabla de las perturbaciones de las redes de distribución más comunes.*

■ **Consecuencias y soluciones**

Intentaremos citar algunas de las numerosas consecuencias y sus posibles soluciones:

Para la aparamenta: riesgo de una punta de intensidad al retorno de la tensión de la red y por tanto una desconexión general. La solución es un equipo de desconexión y conexión automática de otra fuente.

Para las aplicaciones: perturbaciones importantes, por ejemplo:

En la gestión: pérdidas de información o destrucción de programas informáticos. Pérdida del alumbrado específico (pistas de aeropuertos).

En los procesos: ruptura o pérdida de control, con riesgos físicos y económicos, según proceso.

La solución es la instalación de un ondulador, de tiempo de respuesta prácticamente cero, para los circuitos prioritarios definidos por un estudio profundo de causas y efectos.

Para los motores: riesgo de cortocircuito entre la tensión y la fuerza contra electromotriz generada por la inercia y excitación del motor, en un bajón o falta de tensión de red.

La solución: dimensionar el circuito para puntas de aportación de energía de tres veces la intensidad nominal del motor durante el período de máxima inercia y reducir al máximo la inercia.

Para las lámparas de descarga: el tiempo de reencendido, sobre todo para las de vapores metálicos, debe tenerse en cuenta en función de su utilización.

■ **Armónicos**

Con independencia de su forma, una señal periódica puede descomponerse matemáticamente en una suma de señales sinusoidales con amplitudes y fases diferentes, cuya frecuencia es un múltiplo entero de la fundamental.

□ **Fundamental:** frecuencia más baja y útil de la señal.

Procede de la descomposición de una señal en una serie de Fourier.

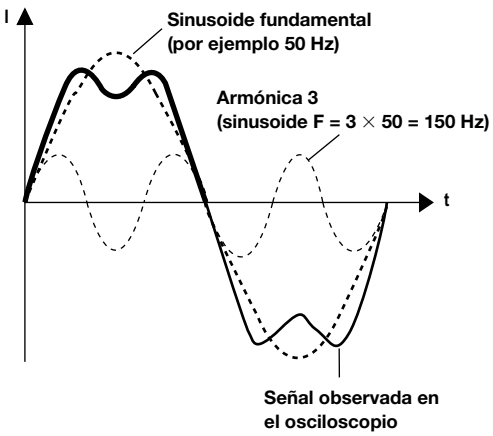


Fig. F2-011: *representación temporal.*

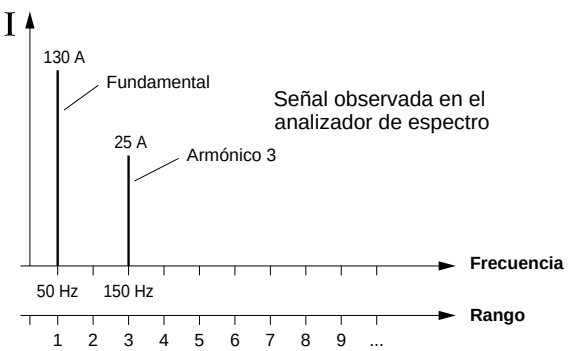


Fig. F2-012: *representación espectral.*

F
2

Las perturbaciones armónicas son de baja frecuencia "BF" y se transmiten principalmente por "conducción".

Indice de distorsión armónica (IDA)

El índice de distorsión armónica total permite calcular la deformación de una señal cualquiera respecto de la señal sinusoidal fundamental (rango 1):

$$IDA\ \% = \sqrt{\Sigma_2^n \left(\frac{A_i}{A_1}\right)^2}$$

Que puede simplificarse como sigue:

$$IDA \approx \frac{\Sigma \text{ Amplitudes de todos los armónicos} > 2}{\text{Amplitud de la fundamental o armónico de rango 1}}$$

El efecto de los armónicos de rango superior a 40 sobre índice de distorsión armónica es despreciable (pero su efecto sobre las instalaciones no es despreciable).

Todas las cargas (receptores) no lineales (alumbrado fluorescente, rectificador...) consumen una corriente no sinusoidal y, por tanto, generan corrientes armónicas.

■ **Origen**

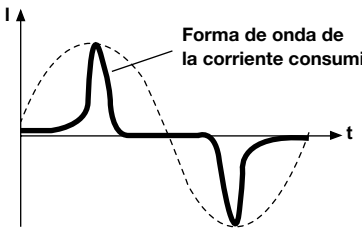


Fig. F2-013: *corriente consumida por un tubo fluorescente.*

La fuente de alimentación transforma estas corrientes armónicas en tensiones armónicas por medio de su impedancia "Z" interna:

$$U = Z \cdot I$$

Esta tensión armónica conducida por la red es la que genera perturbaciones en otros receptores.

■ **Principales generadores de armónicos:**

- Onduladores, convertidores directos de corriente continua.
- Puentes rectificadores (electrólisis, grupos de soldadura, etc.).
- Hornos de arco.
- Hornos de inducción.
- Arrancadores electrónicos.
- Variadores de velocidad.
- Convertidores de frecuencia para motores asíncronos y síncronos.
- Electrodomésticos tales como los televisores, lámparas de descarga, tubos fluorescentes, etc.
- Circuitos magnéticos saturados (transformadores).

Este tipo de receptores se utiliza cada vez más y la "potencia" que controlan es cada vez más alta, de ahí la importancia creciente de las perturbaciones.

■ **Principales receptores de armónicos**

■ **Consecuencias**

La no consideración de los armónicos conlleva, además de otras, las siguientes consecuencias:

- Subdimensionamiento de ciertas partes de la instalación.
- Subdimensionamiento de los conductores de alimentación.
- Subdimensionamiento del neutro, particularmente en los circuitos de alumbrado, con lámparas fluorescentes o de descarga.

Ejemplo: un valor del 33 % del armónico 3 sobre un circuito trifásico + neutro, produce una carga sobre el neutro de un 100 % (dimensionar el neutro con la misma sección de la fase).

□ Subdimensionamiento de los alternadores de grupos electrógenos, según la calidad del alternador (valor de la reactancia subtransitoria) y la naturaleza de las cargas. Si alimentan rectificadores u onduladores, consultar a los fabricantes.
□ Subdimensionamiento de baterías de condensadores.
□ Calentamientos localizados de los circuitos magnéticos de los motores.
□ Fenómenos de resonancia posibles con baterías de condensadores; el fabricante debe proponer los filtros adecuados (por ejemplo inductancias para 190 Hz).

Receptores	Resultado de la perturbación
Motores síncronos	Calentamientos suplementarios
Transformadores	Pérdidas y calentamientos suplementarios. Riesgos de saturación si se producen armónicos pares
Motores asíncronos	Calentamientos suplementarios, principalmente en motores de jaula y especialmente en los de aletas. Pares pulsatorios
Cables	Aumento de las pérdidas resistivas y dieléctricas
Ordenadores	Problemas de funcionamiento provocados, por ejemplo: por los pares pulsatorios de los motores
Electrónica de "potencia"	Problemas relacionados con la forma de onda (conmutación, sincronización, etc.)
Condensadores	Calentamiento, envejecimiento, resonancia del circuito, etc.
Reguladores, relés, contadores	Mediciones falseadas, funcionamiento intempestivo, pérdida de precisión, etc.

Tabla F2-014: *tabla de los receptores sensibles de ser perturbados y tipo de perturbación.*

■ Soluciones

De una forma general, una instalación no puede tolerar un porcentaje importante de armónicos; a título orientativo un 5 % es normal.
El control de los armónicos consiste en:
□ Utilización de transformadores BT/BT, para aislar los generadores de armónicos.
□ La instalación de filtros, que pueden ser de dos tipos:
– La resonancia shunt: muy eficaces, particularmente para armónicos particulares, por ejemplo el de rango 5.
– Filtros de amortiguamiento: menos eficaces pero para un número de rangos de armónicos mayor.
□ Los compensadores activos.
En el cuaderno técnico n.º 152 de Merlin Gerin y en el volumen 4.º del Manual teórico-práctico "K. Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad", encontrarán información completa o si no deberá consultar a los fabricantes del producto.
A lo largo de la extensión de este manual intentaremos exponer: el saber hacer, en función de las precauciones a tomar con respecto a los armónicos.

■ Perturbaciones de alta frecuencia:

□ Transitorios

Con el término “perturbaciones transitorias por sobretensión” englobamos las de carácter de maniobra y las atmosféricas. Nos referimos a las sobretensiones por impulsos acopladas a las redes eléctricas, que se encuentran de forma conducida en los cables de alimentación y en las entradas de control y señal de los equipos electrónicos.

□ Transitorios, sobretensiones de maniobra (maniobra)

Características de los transitorios normalizados por la CEI 61.000-4-4.
Los elementos significativos de estas perturbaciones son:
– El muy bajo tiempo de subida del impulso > 5 ms.
– La duración del impulso > 50 ms.
– La repetitividad del fenómeno: ráfagas de impulsos durante > 15 ms.
– La frecuencia de repetición: sucesión de ráfagas cada > 300 ms.
– La muy baja energía de los impulsos = $1 \cdot 10^{-3}$ Julios.
– La muy alta amplitud de la sobretensión < 4 kV.

Ejemplo:

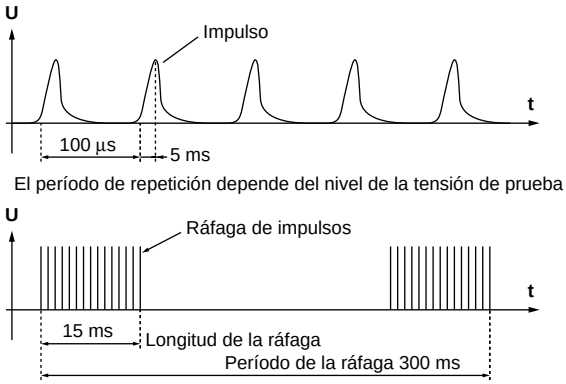


Fig. F2-015: *representación temporal de una perturbación transitoria.*

Según el tipo de la señal transitoria considerada, el espectro puede ser de banda ancha (0...100 MHz o más).

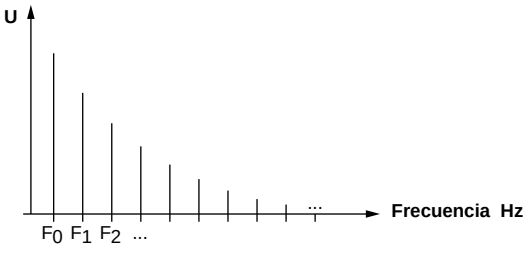


Fig. F2-016: *representación espectral de una perturbación transitoria.*

■ Origen

Proceden de la conmutación rápida de los “interruptores” mecánicos y sobre todo, electrónicos.
Cuando se conmuta un “interruptor”, la tensión en sus bornas pasa con mu-

cha rapidez de su valor nominal a cero y viceversa, generando variaciones bruscas y elevadas de la tensión (dv/dt) conductancia a través de los cables.
Las sobretensiones producidas por fugas de MT a BT.
Las puestas a tierra de las masas y el neutro en los CT, sirven para paliar este fenómeno limitando su valor.
Las sobretensiones producidas por rayos, llamadas sobretensiones atmosféricas afectan principalmente a las instalaciones conectadas directamente a la red pública (aérea).
Su nivel y su frecuencia de aparición son consecuencia del tipo de red (aérea o subterránea) y al nivel ceráunico de la zona.
Nivel ceráunico: Corresponde al número de días/año que hay tormenta en la zona considerada.
La fig. F2-020, expresa el nivel ceráunico en el territorio español.

■ Consecuencias y soluciones
Los receptores sensibles a las sobretensiones, instalados en industrias, en el sector terciario o en el doméstico, son capaces de soportar estas sobretensiones, hasta los límites de su propio nivel de aislamiento.

■ Elementos sensibles
Los motores (riesgos de defectos de aislamiento interno).
Equipos informáticos o electrónicos (riesgos de destrucción de los componentes electrónicos y pérdidas o alteración de la información), requieren una protección específica.

■ En las instalaciones industriales
La protección contra las sobretensiones se considera como realizada hasta un nivel determinado, puesto que los materiales deben superar un test para fenómenos transitorios.

■ Ensayo a frecuencia industrial
La tensión de ensayo es generalmente de 2 U+1000 voltios/1 min.
En los esquemas de régimen de neutro IT, la presencia obligatoria de limitadores descargadores de sobretensiones a frecuencia industrial, protegen la instalación.

■ Medidas contra las sobretensiones transitorias
Consisten en la instalación de materiales con aislamiento suficiente y la instalación complementaria de pararrayos y descargadores, en el origen de la instalación y en los cuadros de distribución, coordinados entre ellos.
La interposición de transformadores de aislamiento reduce los efectos.

■ Valores de aislamiento de los materiales
Deben soportar el ensayo de la onda de choque normalizada, tensión de impulso (U_{imp} de 1,25/50 µs).

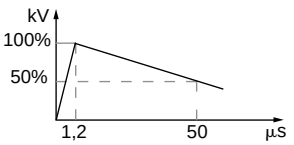


Fig. F2-017: *onda de choque normalizada para ensayos 1,2/50 µs.*

La tabla F2-018 indica los valores de riesgo propios de la instalación en función del punto considerado de la instalación.

Nota: los materiales instalados entre 0 y 2000 m de altitud, sus valores de aislamiento a las ondas de choque deben tener un valor superior en un 23% a los reseñados en la tabla F2-018.

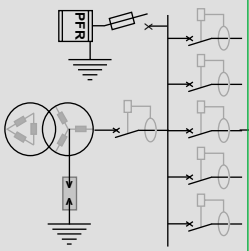
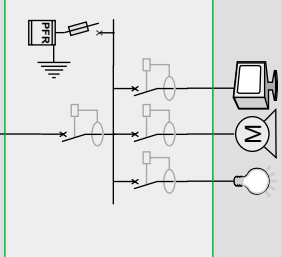
Niveles de penetración de las sobretensiones atmosféricas			
Tensión nominal de la instalación	Zonas		
	 al origen de la instalación CGBT	 en los circuitos de distribución CDBT	a nivel de receptores
230/400 V	6 kV	4 kV	2,5 kV
400/690 V	8 kV	6 kV	4 kV

Tabla F2-018: *nivel presumible de sobretensiones transitorias a lo largo de una instalación.*

■ El aparellaje industrial

Los niveles indicados en la tabla F2-019 corresponden a la norma CEI 947.
Durante los ensayos no se debe producir ningún cebado entre las fases, entre los contactos abiertos o entre las fases y la masa.
La tabla F2-019 prevé un ensayo para los aparatos con mando en la parte frontal (clase II) para la seguridad del operador.

Nota: todos los interruptores automáticos Compact y Masterpact cumplen los ensayos de clase II.

■ Utilización de pararrayos

La utilización de pararrayos es una obligatoriedad para toda alimentación con líneas aéreas largas de acuerdo con el nivel ceráunico de la zona.

Ensayo de aislamiento a la tensión de choque			
Aplicación de la tensión de choque	Valores de la tensión de choque		
	Interruptor automático	Interruptor automático seccionador	Interruptor automático seccionador + clase II carátula frontal
Entre fases	9,8 kV	9,8 kV	9,8 kV
Entre bornes de un interruptor automático abierto	9,8 kV	12,3 kV	12,3 kV
Entre fase y masa	9,8 kV	9,8 kV	14,7 kV

Tabla F2-019: *niveles de ensayo de las ondas de choque para interruptores automáticos marcados* U_{imp} *= 8 kV.*

Es recomendable su instalación siempre que alimente receptores sensibles a las sobretensiones independientemente del nivel ceráunico.
Esta utilización:
□ Puede crear situaciones peligrosas puesto que el pararrayos puede actuar hasta el fin de su vida. Podemos pues utilizar pararrayos con desconexión automática o protegerlos con un dispositivo diferencial que nos indique su estado.
□ Necesita una coordinación con los interruptores diferenciales de la instalación, principalmente con el de cabecera. Utilizaremos un diferencial tipo S o su equivalente en aparellaje industrial para evitar la desconexión general en caso de actuación normal del pararrayos (descarga de una corriente a la tierra, susceptible de provocar la desconexión del diferencial instantáneo).

■ Niveles ceráunicos del territorio español

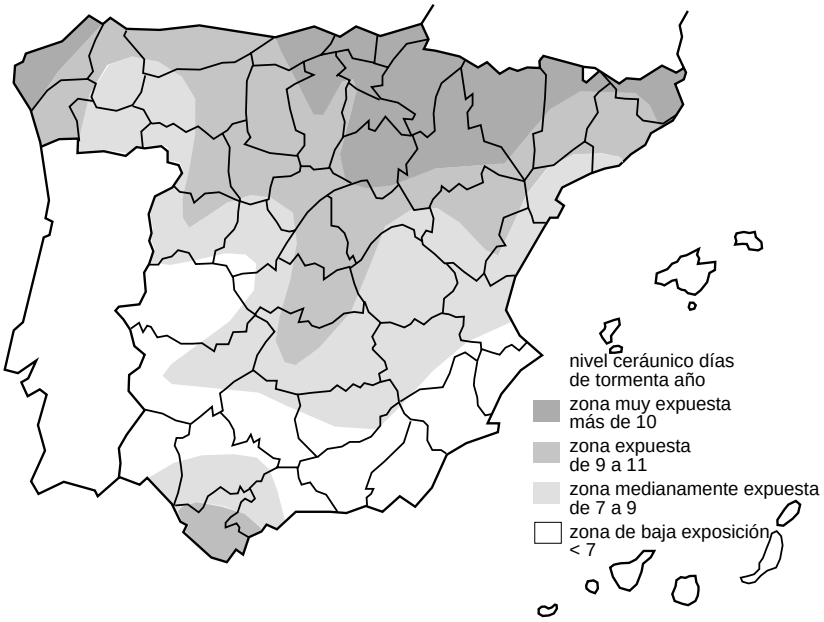


Fig. F2-020: *niveles ceráunicos de España.*

Descargas electrostáticas “DES”

Con el término “descarga electrostática”, nos referimos a los impulsos de corriente que recorre un objeto conectado a masa y que entra en contacto (directo o indirecto) con otro, cuyo potencial con respecto a la masa del anterior es elevada.

■ Características de las descargas electrostáticas normalizadas (tipo CEI 100-4-2)

Los elementos significativos de estas perturbaciones son:
El muy bajo tiempo de subida del impulso ≅ 1 ns.
La duración del impulso ≅ 60 ns.
El carácter aislado del fenómeno: 1 descarga.
La muy alta tensión que origina la descarga (2...15 kV).

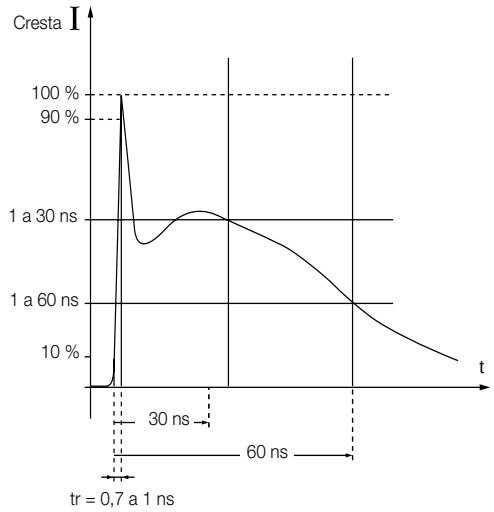


Fig. F2-021: *representación temporal de una descarga electrostática.*

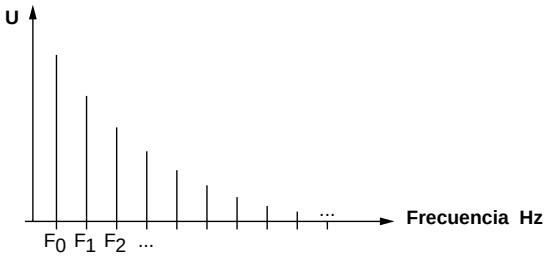


Fig. F2-022: *representación espectral. Espectro de banda ancha (0...1000 MHz).*

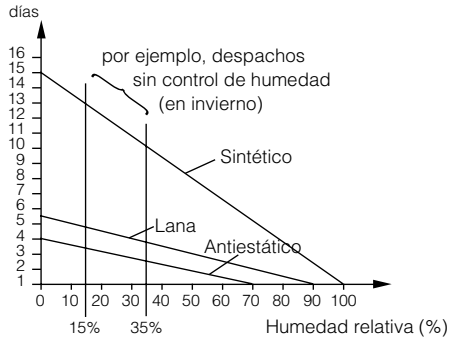


Fig. F2-023: *valores máximos de tensión electrostática con que pueden cargarse los operarios.*

■ Origen

Las cargas electrostáticas proceden del intercambio de electrones entre los materiales o entre el cuerpo humano y los materiales. La combinación de materiales sintéticos (plásticos, tela...) y un ambiente seco favorece este fenómeno.

■ Fuentes principales

El fenómeno se produce, por ejemplo, cuando una persona camina sobre suelo de moqueta (intercambio de electrones entre el cuerpo y el tejido), debido al frotamiento de la ropa con la silla en la que está sentado el operario.
Las descargas pueden producirse entre una persona y un objeto o entre dos objetos cargados.

■ **Efectos**

Cuando la tensión electrostática acumulada en un operario se descarga en un dispositivo, éste puede funcionar mal o incluso estropearse.
Las perturbaciones por descargas electrostáticas se transmiten por conducción, pero se acoplan fácilmente por radiación.

■ **Conclusiones**

La compatibilidad electromagnética concierne a las sobretensiones y a todos los fenómenos electromagnéticos conducidos o irradiados.
Los aparatos conectados a una instalación eléctrica pueden ser sensibles o generadores a/de perturbaciones electromagnéticas:
En forma de descargas electrostáticas.
En forma de irradiaciones electromagnéticas (ondas hercianas, talkie-walkies, etc.).
Por conducción en los conductores de la instalación.

Ejemplos: la apertura de electroimanes del aparellaje de maniobra (bobinas de contactores).

La Directiva Europea sobre la Compatibilidad Electromagnética del 3 de marzo de 1989, impone un nivel máximo de emisión electromagnética en las instalaciones eléctricas y en los aparatos.

Niveles de compatibilidad a aplicar a los materiales

Perturbación	Referencia	Nivel mínimo	Nivel aconsejado
descargas electrostáticas	CEI 801-2	nivel 3 (8 kV)	nivel 4 (15 kV)
campos radioeléctricos	CEI 801-3	nivel 2 (3 V/m)	nivel 3 (10 V/m)
transitorios cortos (rebote de contactos)	CEI 801-4	nivel 2	nivel 4
sobretensiones transitorias	CEI 60,2 al origen de la instalación 690 V 400 V otros casos 690 V 400 V	 10 kV 7,5 kV 7,5 kV 5 kV	
ondas de corriente (el rayo, sobretensiones de maniobra)	CEI 8/20 µS (en curso de elaboración)	80 A	200 A

Tabla F2-024: *niveles de compatibilidad electromagnética a aplicar a los materiales.*

F
2

Las aplicaciones prácticas están en estudio en el momento de la confección de esta publicación.
En la práctica está un poco en “el buen saber hacer”, consiste en realizar la instalación con la ayuda de equipos compatibles con el entorno:

(divide y vencerás)

(podemos cohabitar con valores débiles)

En las aplicaciones particulares, con grandes potencias electromagnéticas, consultar a especialistas.
Para las aplicaciones rutinarias, con ausencia de información precisa, utilizar preferentemente material que cumpla las condiciones expresadas en la tabla F2-024 e instalarlo atendiendo a las instrucciones de este manual y en su defecto al Manual didáctico de la Compatibilidad electromagnética "CEM" de Telemecanique.

La energía de alta calidad

Es posible organizar en el interior de una instalación eléctrica de baja tensión la distribución de la energía en alta calidad, con circuitos distintos a los de la distribución normal.
El objetivo es alimentar las aplicaciones sensibles (informática, automatización, cajas registradoras...) en energía exenta de polución, según lo mencionado a lo largo del capítulo, a un justo coste.
El esquema de la fig. F2-025, representa un cuadro general de BT, óptimo para una excelente distribución.
La energía de alta calidad es suministrada a la parte de instalación que la requiere por medio de un doble suministro, red pública o generador particular, y para compensar los tiempos muertos de la conmutación un ondulador con baterías de acumuladores.
El grupo electrógeno con su propia autonomía en reserva de gasóleo permite suministros de larga duración.
Si realizamos la instalación de conformidad a las instrucciones que impartiremos en este manual y las complementarias expresadas en el cuaderno técnico de Merlin Gerin n.º 148, dispondrá de una instalación de alta disponibilidad.

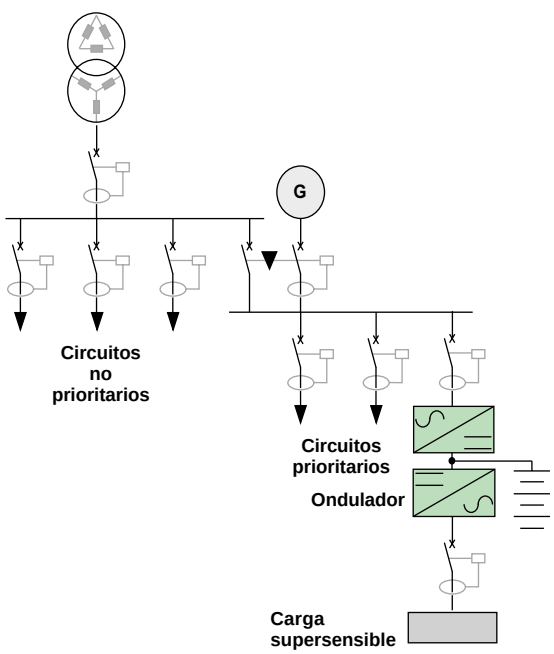


Fig. F2-025: *ejemplo de distribución eléctrica de alta calidad.*

Para cumplir la directiva de responsabilidad civil, 85|374|CEE de julio de 1985 y la Ley equivalente LEY 22|1994, de 6 de julio, que considera explícitamente la electricidad como un producto. La norma UNE - EN 50160. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, que indica los parámetros de calidad, y el Real decreto 1955|200 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 y las futuras especificaciones técnicas de la misma. El "Decret 329|2001, de 4 de desembre, pel qual s'aprova el Reglament del subministrament elèctric". Consideramos oportuno exponer de forma resumida los parámetros a controlar y los efectos que los generan, de una forma más amplia y concisa en el apartado K4. "Qué debemos controlar para determinar la calidad de la energía eléctrica", del 4.º Volumen del Manual teórico-práctico de Schneider, y en todo el volumen dedicado a la "Gestión Técnica de Edificios, el control energético y la seguridad".

3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución

Las instalaciones de seguridad están impuestas por la legislación.

3.1. Las instalaciones de seguridad

Las instalaciones de seguridad están regidas por las directivas y los reglamentos y el buen hacer de la normativa.

Afecta generalmente a:

■ **Locales de pública concurrencia:**
□ Los establecimientos para espectáculos y actividades recreativas:
– Cualquiera que sea su capacidad de ocupación, como por ejemplo cines, teatros, auditorios, estadios, pabellones deportivos, plazas de toros, hipódromos, parques de atracciones y ferias fijas, salas de fiesta, discotecas, salas de juegos de azar.
□ Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios:
– Cualquiera que sea su ocupación: templos, museos, salas de conferencias y congresos, casinos, hoteles, hostales, bares, cafeterías, restaurantes o similares, zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, hospitales, ambulatorios y sanatorios, asilos y guarderías.
– Si la ocupación prevista es de más de 50 personas: bibliotecas, centros de enseñanza, consultorios médicos, establecimientos comerciales, oficinas con presencia de público, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos.
■ **Los edificios de gran altura** (rascacielos).
■ **Los establecimientos con gran cantidad de personal** (tiene trato parecido a los edificios de pública concurrencia).

La ocupación prevista de los locales se calculará como 1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.
Para las instalaciones en quirófanos y salas de intervención se establecen requisitos particulares en el apartado L6-5. “Instalaciones eléctricas en función de la actividad - Locales de uso médico” en el 5.° Volumen, correspondiente a la ITC-BT-38.
Igualmente se aplican a aquellos locales clasificados en condiciones BD2, BD3 y BD4, según el apartafo F8. “Las influencias externas” de este volumen, correspondiente a la norma UNE 20.460-3 y a todos aquellos locales no contemplados en los apartados anteriores, cuando tengan una capacidad de ocupación de más de 100 personas.
Estas recomendaciones tienen por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad, en especial aquellas dedicadas a alumbrado que faciliten la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

Mínimos de seguridad para garantizar el tránsito y la evacuación del personal, tales como:

■ El alumbrado de seguridad:
□ Alumbrado de evacuación.

□ Alumbrado de ambiente o antipánico.
□ Alumbrado de zonas de alto riesgo.
■ Los sistemas de alarma y alerta.
■ La detección automática de incendios.
■ Las instalaciones de extinción de incendios.
■ Los equipos de extracción de humos.
■ Los compresores de aire de los sistemas de extinción.
■ Las bombas de realimentación de agua.

Nota: existen otros reglamentos generales para instalaciones específicas, tales como para instalaciones petroquímicas, centrales nucleares, cementeras, alumbrado de túneles, señalización y alumbrado de aeropuertos, etc., los cuales no describiremos en este tratado.
Las fuentes para alumbrados de seguridad las trataremos en el capítulo J14. Aparamenta para múltiples alimentaciones y las múltiples alimentaciones en el apartado J16. Aparamenta para múltiples alimentaciones.

Suministros de sustitución:
■ Fuente propia de energía es la que está constituida por baterías de acumuladores, aparatos autónomos o grupos electrógenos.
■ La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. El tiempo de conmutación es mínimo, del orden de algunos ms, en función del tiempo de respuesta de los mecanismos de conmutación. Para algunas aplicaciones existen SAI, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida que alimentan permanentemente desde el ondulador y no existe interrupción (microcorte) de la alimentación. La capacidad mínima de las fuentes será: la necesaria para alimentar los circuitos de alumbrado de seguridad.

Suministros de emergencia:
■ Todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia.
■ Deberán disponer de suministro de socorro los locales de espectáculos y actividades recreativas, cualquiera que sea su ocupación, y los locales de reunión, trabajo y usos sanitarios con una ocupación prevista de más de 300 personas.
■ Deberán disponer de suministro de reserva:
□ Hospitales, clínicas, sanatorios, ambulatorios y centros de salud.
□ Estaciones de viajeros y aeropuertos.
□ Estacionamientos subterráneos para más de 100 vehículos.
□ Establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie.
□ Estadios y pabellones deportivos.
■ Cuando un local se pueda considerar tanto en el grupo de locales que requieren suministro de socorro como en el grupo que requieren suministro de reserva, se instalarán suministros de reserva.
■ En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes hoteles de más de 300 habitaciones, locales de espectáculos con capacidad para mas de 1.000 espectadores, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas, aeropuertos y establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m^2 de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

3.2. Las alimentaciones de sustitución o emergencia

Las alimentaciones de emergencia son una necesidad económica en infinidad de sectores, a consecuencia de un paro de suministro de energía por la fuente normal y de seguridad en otros.

Se encuentran en las numerosas aplicaciones donde un paro de suministro es perjudicial, tales como:
- Las instalaciones para la informática de gestión (bancos, bases de datos, aseguradoras, etc.).
- Procesos industriales (procesos continuos).
- Agroalimentarias (cámaras frigoríficas).
- Telecomunicaciones.
- Investigación científica.
- Centros hospitalarios.
- Centros militares de defensa y control.
- Servicios de seguridad
- Servicios de incendios
- Servicios hospitalarios
- Alumbrados de emergencia
- Alumbrados de señalización
- Ascensores
- U otros servicios urgentes indispensables que están fijados por las reglamentaciones específicas de las diferentes autoridades competentes en materia de seguridad.

Existen diferentes fuentes de seguridad que pueden utilizarse como alimentaciones de sustitución o emergencia y más de una para una misma finalidad. Siempre que una de ellas pueda alimentar todos los servicios de emergencia y que un fallo de una de ellas no afecte al funcionamiento de las otras.
Ver apartado J16. “Aparamenta para múltiples alimentaciones”, del 3.er Volumen.



Fig. F3-001: *ejemplos de fuentes de sustitución o emergencia: batería central, grupo electrógeno.*

3.3. Generalidades de las fuentes de sustitución o emergencia

Para los servicios de seguridad la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.
Para los servicios de seguridad para incendio, los equipos y materiales utilizados deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.
Se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto, ver apartado G6. “Instalaciones en régimen IT”, del 2.° Volumen. En el esquema IT debe preverse un controla-

dor permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.
Los equipos y materiales deberán disponer de forma que faciliten su verificación periódica, ensayos y mantenimiento.
Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:
■ Baterías de acumuladores. Generalmente las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen las prescripciones de alimentación para los servicios de seguridad.
■ Generadores independientes.
■ Derivaciones separadas de la red de distribución, efectivamente independientes de la alimentación normal.
■ Las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:
■ Se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.
■ El emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
■ No se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.
■ Cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes, pueden utilizarse igualmente como fuentes de reemplazamiento, con la condición de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario generalmente el corte automático de los equipos no concernientes a la seguridad.

3.4. Elección de las características de las fuentes de sustitución o emergencia

Los cortes casi invisibles, aquellos que duran unos milisegundos pero son suficientes para perturbar un equipo (de rehabilitación, informático, caída de contactores, etc.). Las fuentes de sustitución o emergencia, asociadas a onduladores de trabajo permanente, son suficientes para paliar el fallo.

Especificaciones principales

Las fuentes de sustitución o emergencia, para atender a las necesidades económicas de explotación, han de responder a los siguientes imperativos:
■ **Cortes**
No se tolera ninguno:
□ En las instalaciones hospitalarias de quirófanos y sala de rehabilitación.
□ En los sistemas informáticos.
□ En los procesos continuos, a menos que el mismo proceso tolere cortes del orden de un segundo.
■ **Tiempo de salvaguarda de los datos en los procesos informáticos**
Mínimo 10 minutos.
■ **Autonomía deseada de la fuente de sustitución o emergencia**
En según qué aplicación dependerá:
□ Del tiempo de salvaguarda del proceso, en los procesos continuos.
□ Del tiempo de evacuación mínimo para la seguridad de las personas.

Especificaciones propias a las instalaciones de seguridad

Las reglamentaciones sobre las instalaciones de seguridad se traducen en un cierto número de prescripciones sobre las fuentes de reemplazamiento o seguridad:

■ **Tiempos de corte admisibles en función de la aplicación:**

□ Ningún corte.

□ Corte inferior a un segundo.

□ Corte inferior a 15 segundos.

■ **Autonomía exigida de la fuente de sustitución o emergencia**

Es función del tipo de instalación a que está aplicada, por ejemplo:

□ Locales de pública concurrencia 1 hora como mínimo.

□ En los grandes bloques de apartamentos la autonomía debe ser de 36 horas.

		Necesidades		
		Automatismos, Informática Telecomunicaciones	Proceso secuencial (ininterrumpible)	Proceso continuo
Aplicaciones				
Aplicaciones tipo		Bancos de datos Control de procesos	Procesos térmicos de transformaciones de materiales	Control y mando de parámetros de procesos
Ejemplo de instalaciones		Servicos informáticos de bancos, aseguradoras, administraciones Sistemas de gestión de producción de procesos	Fabricación de mecánica ligera Cadenas de montaje y embalaje	• Nuclear • Química • Biológica • Térmica • Mecánica (con gran inercia)
Condiciones				
Tiempo	nulo	■		■
de corte	⩽1 s			■
admisible	⩽15 s		■	
	⩽15 min		■	
Autonomía	10 min	■		
mínima o	20 min		■	■
deseada	1 h	■	■	■
			Permanente en función de la economía	
Soluciones				
Técnicas utilizadas		Onduladores con o sin grupo de arranque automático en el relevo	Grupo a tiempo cero o a arranque de relevo eventual de un ondulador	Grupo permanente

(1) En función del juego económico.
(2) Tiempo de salvaguarda.

Tabla F3-002: *tabla de elección del tipo de alimentación de sustitución en función de la semejanza de las fuentes, de la aplicación y de las condiciones admisibles de corte.*

3.5. Elección y características de las fuentes

Las diversas soluciones posibles se caracterizan por su disponibilidad más o menos rápida y su autonomía. Pero debemos tener en cuenta:

■ Las dificultades de instalación, en particular los locales especiales, según el tipo de fuente a utilizar.

■ Los materiales complementarios.
■ La explotación, los condicionantes que por sus propias características exigen del suministro.
■ El mantenimiento y la posibilidad de efectuarlo por partes para mantener el servicio.
El examen global de sus características y peculiaridades nos permite definir la solución más óptima.
En España, el poder disponer de más de una compañía generadora y suministradora de fluido nos permite tener soluciones con una simple conmutación de suministro. Mientras la compañía 1 alimenta la potencia, la compañía 2 alimenta los circuitos de sustitución y viceversa, y cualquiera de las dos debe poder alimentar la totalidad de la instalación prioritaria.
Para estos casos solamente debemos atender al tipo de detección y maniobra del cambio, en función del tiempo del proceso, y compensarlo para los circuitos de informática, control, medición y maniobra, con suministros de alimentación ininterrumpida SAI.
En estos casos, la alimentación del alumbrado de sustitución o emergencia puede soportar el paro de unos milisegundos, del tiempo de conmutación automático.

La solución de doble suministro por dos compañías y una SAI es la más óptima en España.

Características de las fuentes

En la Tabla F3-003 de la pág. F/63 podemos observar las fuentes y sus particularidades.

3.6. Los grupos electrógenos

La asociación ondulador y grupo electrógeno es una solución óptima, en algunos procesos con generación propia, para asegurar una larga autonomía.

En ciertas instalaciones, la autonomía necesaria es tal que es necesario un grupo electrógeno asociado a un ondulador.
En estos casos la autonomía del ondulador, es decir su batería, debe permitir el arranque y acoplamiento del grupo a la instalación de distribución del edificio.
El tiempo necesario para la conmutación de las fuentes depende de las características de cada instalación: secuencias de arranque, deslastrados, eventuales, etc.
El acoplamiento se efectúa, generalmente, a nivel de cuadro general de BT, por medio de un “inversor de fuentes automático”.
En el momento de la toma de la alimentación por el grupo, la solicitud de corriente de las cargas importantes puede causar dificultades o daños al grupo.
Para evitar este fenómeno el ondulador asociado puede equiparse de un sistema de arranque progresivo de las cargas. Este proceso es muy útil puesto que estamos adaptando las cargas a las posibilidades del grupo. Ademas el ondulador tambien puede alimentar de forma progresiva los circuitos prioritarios, los más prioritarios instantáneos y los demás con unos milisegundos de diferencia, en función de las características del propio circuito.
Los sistemas de recarga de las SAI crean una cantidad de armónicos que pueden afectar al grupo disminuyendo su capacidad.
Es conveniente asegurar el tema con el fabricante de la SAI.

Alimentaciones de seguridad y/o de sustitución o emergencia	Batería	Ondulador	Grupos Gira al arranque	Gira en vacío (tiempo cero) (1)	Gira siempre	Suministro por dos compañías
Tiempo de respuesta en servicio						
Nulo	■	■			■	Manual- Automático milisegudos
1 s				■		
1 a 10 min (s)			■			
Tiempo total de inversión de las fuentes						
Nulo	■	■			■	Manual- Automático milisegudos
En función del automatismo de gestión de las fuentes		■	■	■		
Dificultades para la instalación						
	Local específico (según el tipo de batería) Red especial en c/c	Ninguna (salvo con baterías abiertas)	Local especial (vibraciones, seguridad en el medio ambiente, acceso para mantenimiento, seguridad contra incendios). Reserva de carburante (s)			Contrato y equilibrio de consumos
Materiales complementarios (para la protección e inversión de fuentes)						
	Cargador Regulador Control del estado	Ninguna (salvo con baterías suplementarias)	Arrancador con baterías o por aire comprimido	Volante de inercia Embrague	Automatismos de sincronismo	Interruptores automáticos
Formas y dificultades de explotación						
	Red especial Pérdidas en línea Controles frecuentes	Automático	Manual o automático Arranques periódicos	Automático Carga definida y fija	Personal de explotación permanente	Equilibrio de consumos
Otros parámetros						
Mantenimiento	Paros periódicos para control	Ninguna (salvo con baterías abiertas)	Controles periódicos menos rígidos, ahorro en mantenimiento	Pequeñas dificultades mecánicas en el arbol y embrague	Controles periódicos menos rígidos, ahorro en mantenimiento	Control rutinario de aparamenta
Vida (3)	4 a 5 años (2)	4 a 5 años baterías abiertas)	5 a 10 años	1.000 a 10.000 h y de 5 a 10 años	10.000 h o un año	Según aparamenta
Doblaje de la instalación en función de la seguridad (4)	× 2 si son iguales y permanente-mente	Tipicamente 2 por 1 o 3 por 2	Baterías × 2	2 × si la seguridad es muy importante	× 2 si son iguales y permanente-mente	
Fiabilidad (4)	Necesidad de un control importante (numerosos errores humanos)	Control integrado	La de la mecánica y las baterías de arranque	La de la mecánica y en particular el eje y el embrague	La de la mecánica y el sistema de sincronismo	La de las dos compañías

Leyenda:
(1) Un grupo a tiempo cero, gira en vacío permanentemente alimentando un volante de inercia. Al requerimiento de la fuente, tarda menos de un segundo al dar la potencia y la tensión requerida.
(2) Desventajas si la batería es abierta.
(3) Reconsiderar la solución en función de la vida.
(4) Un estudio de seguridad permite definir la arquitectura óptima.
(5) En función de si el grupo está precalentado o no.

Tabla F3-003: *tabla de características de diferentes fuentes de sustitución o emergencia.*

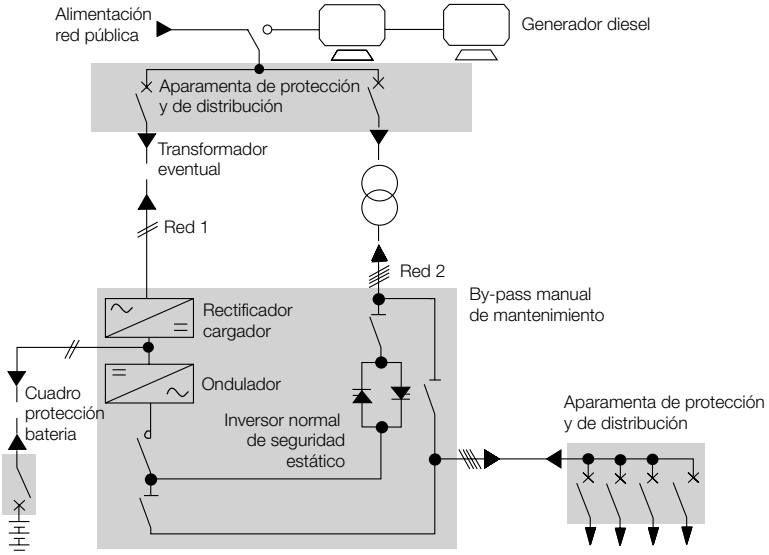


Fig. F3-004: *ejemplo de configuración de una instalación de asociación de un ondulador y un grupo electrógeno, extraído de la guía práctica de Merlin Gerin.*

3.7. Alumbrado de emergencia

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación de los locales y accesos hasta las salidas al exterior para una eventual evacuación del público.
La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.
Se incluye dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

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.
Está destinado a permitir, en caso de fallo del alumbrado normal o de reemplazamiento, a:

- La evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.
- Las maniobras de seguridad necesarias.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el desfallecimiento 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. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

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 en todo momento, ya sea si el alumbrado general funciona correctamente o si se produce un fallo del mismo y 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 mínima de 1 lux.
En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.
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.

En España la ITC-BT-28 obliga a la utilización del alumbrado de seguridad a partir de locales receptores de 100 personas. En Europa muchos países solicitan el alumbrado de evacuación a partir de locales receptores de público de 50 personas. El alumbrado de seguridad (alumbrado de evacuación y alumbrado de ambiente o antipánico) para locales receptores de público de más de 100 personas, como en España, pero a partir de 50 personas si son locales situados en los sótanos.

Alumbrado de ambiente o antipánico

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 antipánico debe proporcionar una iluminancia mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta la altura de 2 m.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.
El alumbrado ambiente o antipánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado de zonas de alto riesgo

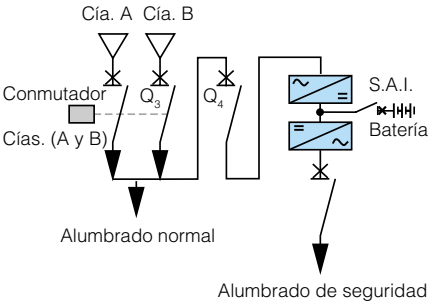
Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso.
Debe permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores.
La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.
El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

Cómo realizar las instalaciones de alumbrado de seguridad

Las instalaciones de los establecimientos receptores de público las podemos clasificar en cinco tipos de instalación de alumbrado de seguridad:
■ **Tipo A:** en el cual las lámparas son alimentadas por una fuente central y están alumbradas en permanencia durante la presencia de público. La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
Durante la presencia de público el interruptor Q_4 está conectado y la S.A.I. alimenta el circuito de emergencia mientras dura la carga de la batería. Hay

que dimensionar la batería para que pueda alimentar de un 10 a un 20% más del tiempo de actividad con presencia de público.
La recarga de las baterías de la S.A.I. es constante mientras el interruptor Q_3 está conectado durante el período en que no existe presencia de público.
b) Con grupo motor térmico-generador.
Durante la presencia de público el grupo se sitúa en la posición de alerta y en el momento que desfallecen las dos compañías se cierra el interruptor Q_3 y arranca el grupo.

a) Con batería de acumulación:



b) Con grupo motor térmico-generador:

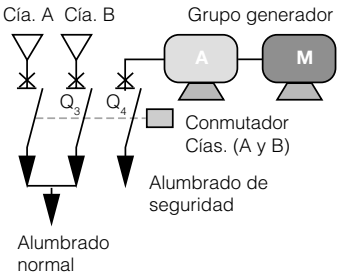


Fig. F3-005: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo A.*

■ **Tipo B:** en el cual las lámparas están alumbradas en permanencia durante la presencia de público, bien sea por baterías de acumuladores o por la fuente normal, el grupo motor térmico-generador, asegurando los circuitos de seguridad en menos de un segundo.
La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
Durante la presencia de público el interruptor Q_4 está conectado.
La recarga de las baterías de la S.A.I. es constante mientras el interruptor Q_3 está conectado.
La alimentación del circuito de emergencia se realiza permanentemente por medio de la función de la carga constante de la batería y el suministro permanente de la energía a través del ondulador.
La alimentación a través de una compañía u otra es casi permanente pero en el momento del desfallecimiento de las dos, la batería de la S.A.I. no se recarga pero sigue alimentando el circuito de alumbrado de seguridad hasta el agotamiento de la batería.
En este sistema no existe tiempo de corte de alimentación del circuito de emergencia por ninguna conmutación.
b) Con grupo motor térmico-generador.
Durante la presencia de público el grupo se sitúa en la posición de funcionamiento y el conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías. En el momento en que desfallecen las dos el conmutador Q_4 cambia de posición y queda conectado al lado del grupo generador.

a) Con batería de acumulación: **b)** Con grupo motor térmico-generador:

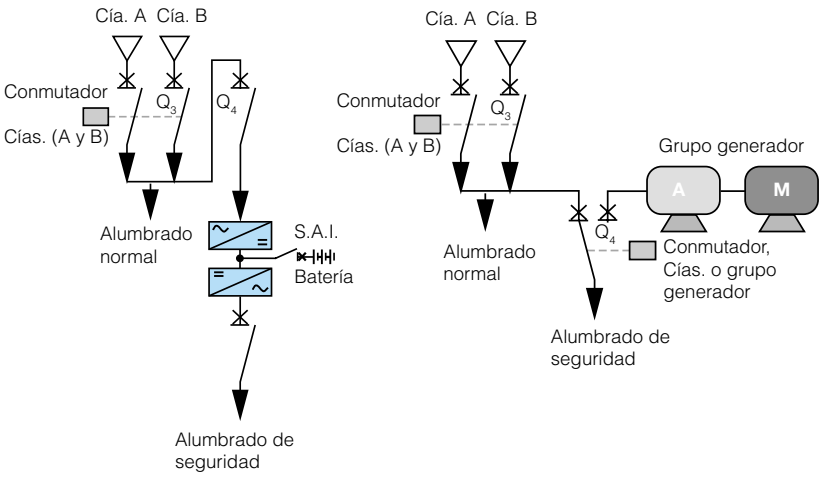


Fig. F3-006: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo B.*

■ **Tipo C:** en el cual las lámparas están alumbradas o no en permanencia durante la presencia de público por la fuente de alumbrado de seguridad preservando los circuitos en menos de quince segundos.
La alimentación puede ser realizada a través de una o dos compañías.
a) Con batería de acumulación.
En explotación normal el interruptor conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías si se desea que esté el alumbrado encendido en la presencia de público, o en posición cero si no desean encenderlo. En el momento en que desfallecen las dos Cías. el conmutador Q_4 se ha de cambiar de posición (de forma manual o automática) y queda conectado al lado del S.A.I.
b) Con grupo motor térmico-generador.
En explotación normal el interruptor conmutador Q_4 está cerrado en la posición de las compañías si se desea que esté el alumbrado encendido en la presencia de público o en posición cero si no desean encenderlo. En el momento en que desfallecen las dos Cías el conmutador Q_4 se ha de cambiar de posición (de forma manual o automática) y queda conectado al lado del grupo generador.

a) Con batería de acumulación: **b)** Con grupo motor térmico-generador:

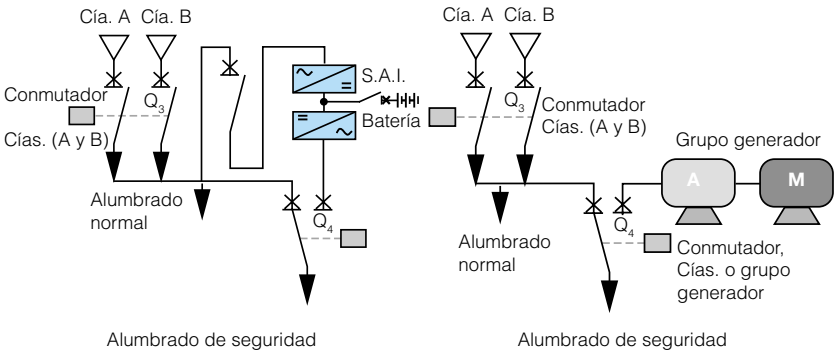
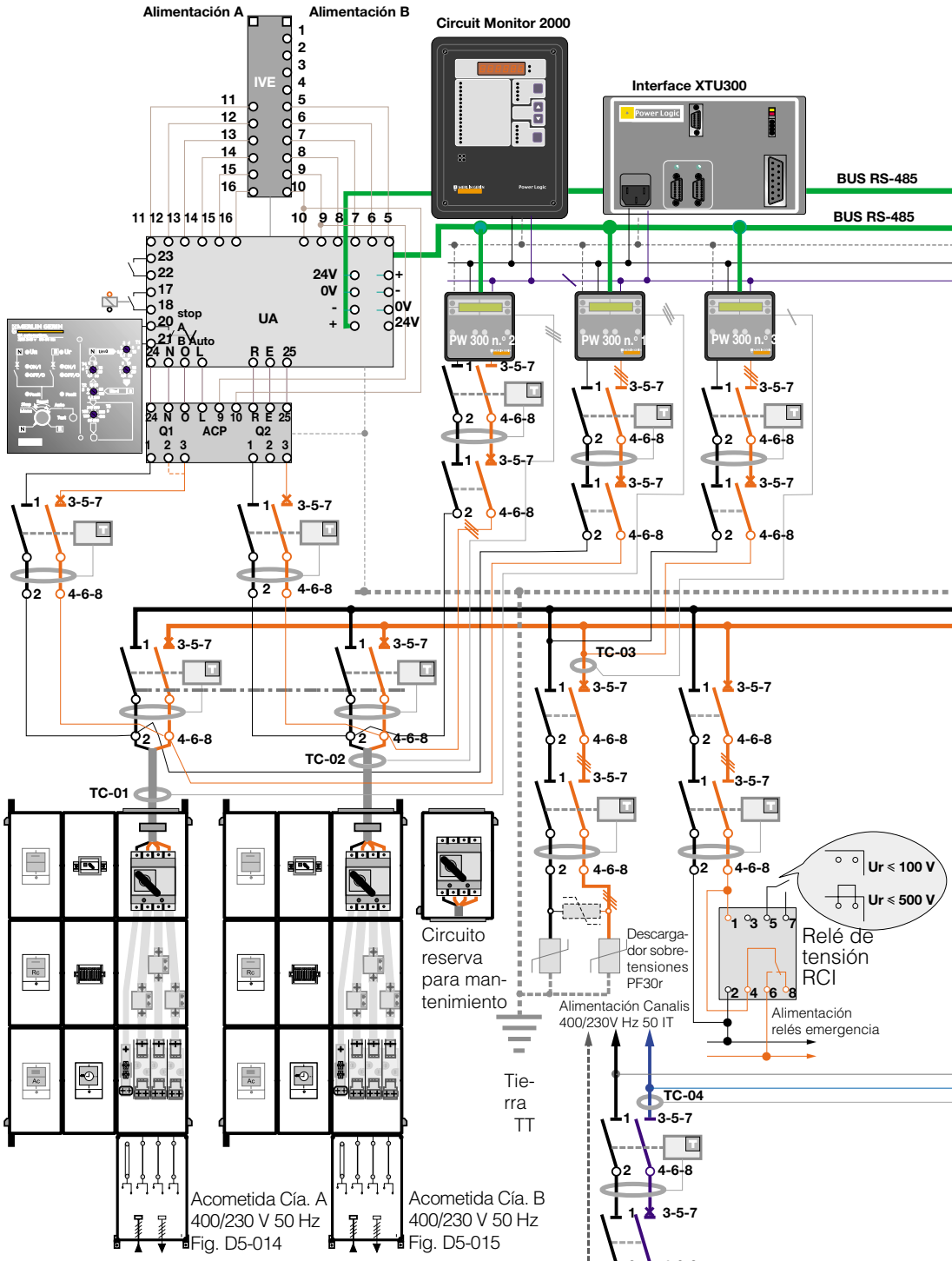


Fig. F3-007: *esquemas de principio de alumbrado de seguridad tipo C.*

Nota: los tipos B y C pueden ser realizados con grupos autónomos.

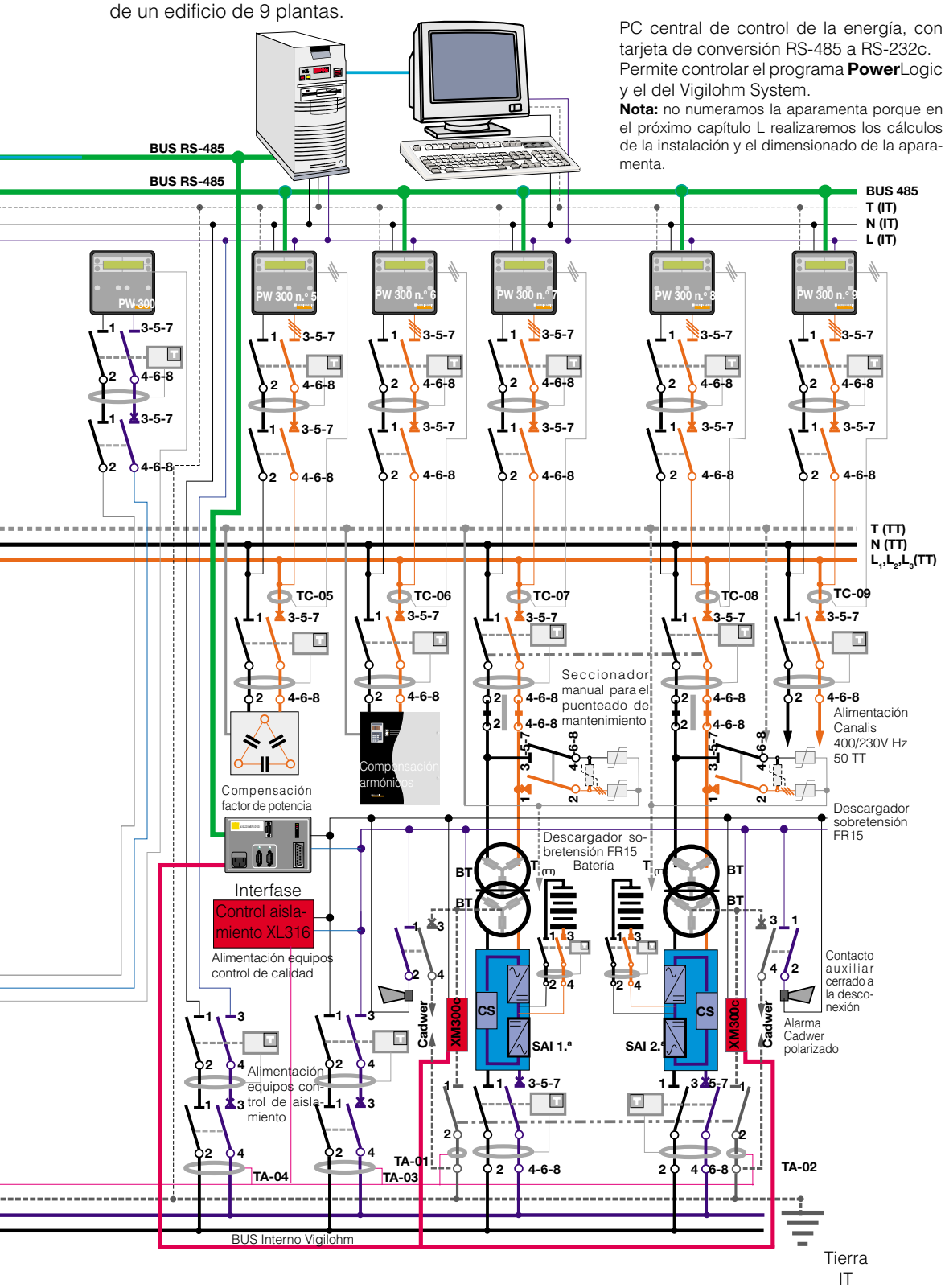


Esquema de una solución global con el Tipo E. Corresponde al esquema de los servicios generales de un bloque de pisos destinado a oficinas. Fig. K5-309 del 4.º volumen.

Esquema de alimentación múltiple y control de calidad de la energía, de los servicios generales de un edificio de 9 plantas.

PC central de control de la energía, con tarjeta de conversión RS-485 a RS-232c. Permite controlar el programa **Power**Logic y el del Vigilohm System.

Nota: no numeramos la aparamenta porque en el próximo capítulo L realizaremos los cálculos de la instalación y el dimensionado de la aparamenta.



■ **Tipo D:** en el que el alumbrado es asegurado por lámparas individuales. Generalmente está formado por grupos autónomos en cada sala en los que en el momento en que la tensión de alimentación del circuito de alumbrado a los bornes de su comando local desfallece se activan.
■ **Tipo E:** una solución global a la actividad y a los circuitos de seguridad. Existen instalaciones en que su continuidad de servicio es vital y la problemática no está concentrada en los circuitos de seguridad sino en los circuitos de explotación por la propia naturaleza de la misma; por ejemplo: un centro de cálculo, los servicios generales de un edificio alto (rascacielos), una industria de proceso continuo en los que un fallo de alimentación puede representar una destrucción del proceso de producción y un largo período de reactivación...

Hoy en día la seguridad de suministro y la calidad del mismo están regulados. En el volumen 4.º del Manual teórico-práctico Schneider encontraremos todas las soluciones de realización y control, conocidas hasta la fecha, para resolver los problemas de suministro con calidad.

Normalmente disponen de:
■ Dos alimentaciones procedentes de dos circuitos de MT diferentes que a su vez proceden de dos subestaciones distintas.
■ En algunos casos en función de la tasa de fallo de las líneas de MT de una tercera posible alimentación de generación propia.
■ De dos o tres S.A.I. en las que cada una de ellas dispone de la potencia suficiente para alimentar toda la potencia de seguridad solicitada (la de los circuitos prioritarios de producción y la de los circuitos de seguridad). Los S.A.I. trabajan en redundancia el desfallecimiento de uno de ellos por avería o por puesta fuera de servicio para mantenimiento preventivo, permitiendo al otro u otros mantener la alimentación de la totalidad de los servicios.
En el esquema de la figura K-309 que adjuntamos podemos ver una de las soluciones presentadas en el 4.º Volumen de esta colección.

Se entiende que el alumbrado de seguridad está en:
■ Reposo: cuando está apagado. Este estado solamente se comprende cuando el establecimiento está fuera de servicio o el alumbrado natural es suficiente.
■ Vigilancia: cuando las fuentes del alumbrado de seguridad están en predisposición por si falla el alumbrado normal.
■ Funcionamiento: cuando las fuentes de seguridad alimentan dicho alumbrado.
El servicio de mantenimiento del local debe disponer de un stock permanente de los modelos de lámparas utilizados en el alumbrado de seguridad y si es por bloques de uno o varios bloques en función de la cantidad y la tasa de fallo.

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 normal, se usará únicamente para terminar el trabajo de seguridad.

En este apartado F3. "Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución" solamente enfocamos los temas correspondientes a la función de suministro y su continuidad. En el apartado J16. "Aparamenta para múltiples alimentaciones" del 3.er volumen encontraremos las características de la aparamenta y cómo debemos utilizarla e instalarla. En el apartado J20. "Aparamenta para circuitos de alumbrado" del 3.er volumen, y en el apartado L6. "Instalaciones especiales", y en particular en el L6-4. "Instalaciones eléctricas en locales receptores de público" encontraremos las características propias de la función de alumbrado.

4. Los regímenes de neutro

La conexión a la toma de tierra de los elementos conductores de un edificio y de las masas de las cargas, contribuyen a evitar la presencia de toda la tensión peligrosa entre las partes simultáneamente accesibles.

4.1. Definiciones

La norma UNE 20.460 (CEI 60.364) y el Reglamento de BT (ITC-BT-08) definen los elementos de puesta a tierra en los diferentes regímenes de neutro. Intentaremos efectuar una extracción de los principales temas útiles.
Para una buena identificación de los mismos, los numeraremos de conformidad a la fig. F4-001.
Toma de tierra (1): conductor enterrado, o diversos conductores enterrados interconectados eléctricamente, asegurando un buen contacto con la tierra.
Tierra: masa conductora de la tierra, donde el potencial eléctrico en cada punto está considerado de valor cero (referencia teórica).
Tomas de tierra eléctricamente distintas: estas tomas de tierra deben estar suficientemente alejadas entre sí, para que el potencial de descarga de una no puedan tener influencia eléctrica en la otra (ver tabla F5-010 de la página F/96).
Resistencia de tierra o resistencia global de la puesta a tierra: resistencia entre el borne principal de la puesta a tierra (6) y tierra.
Conductor de tierra (2): conductor de proteción que une el borne principal de puesta a tierra y las tomas de tierra de las masas.
Masa: parte conductora de un material eléctrico susceptible de ser tocada por una persona, que normalmente no está en tensión pero que en caso de defecto de aislamiento puede estarlo.
Conductor de protección (3): conductor utilizado en ciertas medidas de protección contra los choques eléctricos y destinado a conectar eléctricamente ciertas partes de la instalación, tales como:
- Masas.
- Elementos conductores.
- Borne principal de tierra.
- Toma de tierra.
- Punto de puesta a tierra de la fuente de alimentación o punto neutro artificial.

Elemento conductor (4) externo a la conducción eléctrica (por abreviación, elemento conductor).
Son considerados como elementos conductores:
- El suelo o las paredes conductoras, los encofrados o armaduras metálicas de la construción.
- Las canalizaciones metálicas diversas (agua, gas, calefacción, aire comprimido, etc.), y los materiales metálicos no eléctricos que pueden ser conectados.

Conductor de equipotencialidad (5): conductor de protección que asegura una conexión equipotencial.
Borne principal de tierra (6): borne previsto para la conexión de los conductores de puesta a tierra, de protección, de las conducciones equipotenciales y de los conductores que aseguran una puesta a tierra funcional.

Las conexiones equipotenciales

La unión equipotencial principal

Se realiza con los conductores de protección y nos permiten evitar que, por causa de un defecto externo a un edificio, pueda aparecer una diferencia de potencial en los elementos conductores de éste.

Para tal motivo, los elementos conductores (metálicos) se unen a la puesta de tierra.

La conexión de fundas metálicas de conducciones necesitan la autorización de sus propietarios.

La unión equipotencial suplementaria. Se destina a unir, a una misma puesta a tierra, las masas y los elementos conductores (metálicos) susceptibles de ser tocados al unísono.

Conexión de las masas a la puesta a tierra. Los conductores de protección aseguran esta función y vierten a la tierra las corrientes de defecto.

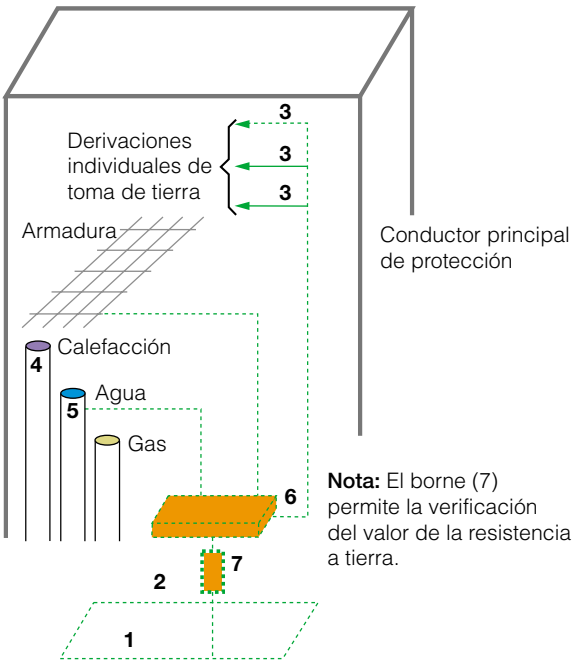


Fig. F4-001: *en este ejemplo, un edificio, el borne principal de tierra (6) asegura la unión equipotencial principal.*

La realización de las uniones a tierra de todas las partes metálicas accesibles es muy importante para las protecciones contra los choques eléctricos.

Los componentes

Elementos a considerar como masas:

■ Canalizaciones:
□ Conducciones metálicas.
□ Cables aislados de papel impregnado bajo plomo o con armadura de plomo sin ningún otro revestimiento.
□ Conductores blindados con aislamiento mineral.
■ Aparamenta:
□ Chasis seccionables.
■ Aparatos eléctricos:
□ Partes metálicas exteriores de los aparatos de clase I.
■ Elementos no eléctricos:
□ Carpintería metálica utilizada para las conducciones eléctricas.
□ Objetos metálicos:
– Próximos a los conductores aéreos o juegos de barras.
– En contacto con equipamientos eléctricos.

Componentes a considerar como elementos conductores:

■ Elementos utilizados en la construcción de edificios:
□ Metálicos o de hormigón armado:
– Encofrados.
– Armaduras.
– Paneles prefabricados armados.
□ Revestimientos:
– Para muros de hormigón armado.
– Embaldosados.
– Revestimientos metálicos.
– Tabiques metálicos.
■ Elementos del entorno de la construcción de edificios:
□ Conducciones metálicas de gas, agua y calefacción.
□ Los aparatos no eléctricos (hornos, depósitos, radiadores...):
– Carpintería metálica en zonas húmedas.
– Papeles metalizados.

Elementos no considerados como masas:

■ Canalizaciones:
□ Conductos no metálicos.
□ Molduras de madera o aislantes.
□ Conductores y cables que no llevan revestimientos metálicos.
■ Aparamenta:
□ Las envolturas aislantes exteriores de materiales eléctricos.
■ Equipos de utilización:
□ Todos los aparatos de Clase II que no poseen envolturas exteriores.

Componentes no considerados conductores:

■ Parquets de madera.
■ Revestimientos de caucho o linóleo.
■ Paredes enyesadas “secas”.
■ Muros de ladrillo.
■ Tapices y moquetas.

4.2. Definición de los diferentes esquemas de régimen de neutro

Los esquemas de régimen de neutro se caracterizan por la forma de conexión del neutro del secundario del transformador (MT\|BT) a la tierra y de las masas de la instalación.
La elección del sistema condiciona las medidas de protección de las personas contra los contactos indirectos.

Diversos tipos de régimen de neutro pueden coincidir en una instalación.

Esquema TT (neutro a tierra)



Un punto de la alimentación se une directamente a tierra. En los circuitos con neutro se conecta el punto de la estrella. Las masas de la instalación son unidas a una toma de tierra eléctricamente distinta o no de la toma de tierra del neutro. Ellas pueden ser confundidas, y de hecho sin consecuencias para las protecciones.

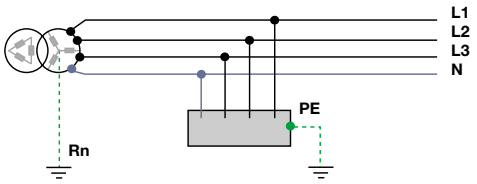


Fig. F4-002: *esquema TT.*

Esquema TN (puesta a neutro)

Neutro

Masas

Tierra

Conductor de protección PE o PEN

Un punto de la instalación, en general el neutro, es conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación son conectadas a este punto por el conductor de protección.
Se distinguen los siguientes esquemas:

Esquema TN-C

El conductor de protección y el conductor neutro, físicamente, son el mismo conductor denominado PEN.
Este esquema es incorrecto para las secciones de conductor inferiores a 10 mm^2 y para las canalizaciones móviles.
Los esquemas TN-C necesitan la creación de un sistema equipotencial para evitar la subida de tensión de las masas y los elementos conductores. Es como consecuencia necesario unir el conductor PEN a varias tomas de tierra repartidas en la instalación.

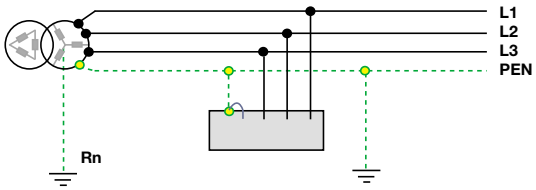


Fig. F4-003: *esquema TN-C.*

El esquema TN-S (5 hilos) es obligatorio para los circuitos de secciones inferiores a 10 mm^2 de Cu y 16 mm^2 de Al para las canalizaciones móviles.

Esquema TN-S

El conductor de protección y el conductor neutro son distintos.
Las masas se conectan al conductor de protección PE.
El esquema TN-S (5 hilos) es obligatorio para los circuitos de sección inferior a 10 mm² de Cu y 16 mm² de Al para las canalizaciones móviles.

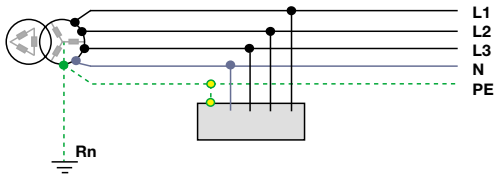


Fig. F4-004: *esquema TN-S.*

Atención: en los esquemas TN-C, la función "conductor de protección" es prioritaria a la función de conductor "neutro". En particular un conductor "PEN" debe estar siempre conectado al borne de "tierra" de una carga y un puente entre este borne y el neutro.

Esquema TN-C/S

Los esquemas TN-C y TN-S pueden ser utilizados en una misma instalación.
No debe utilizar nunca el esquema TN-C (4 hilos) aguas abajo de un esquema TN-S (5 hilos).

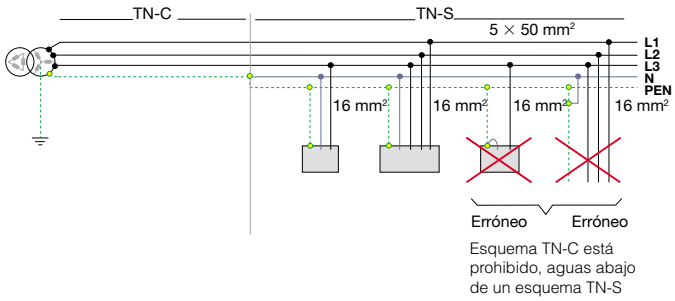


Fig. F4-005: *esquema TN-C/S.*

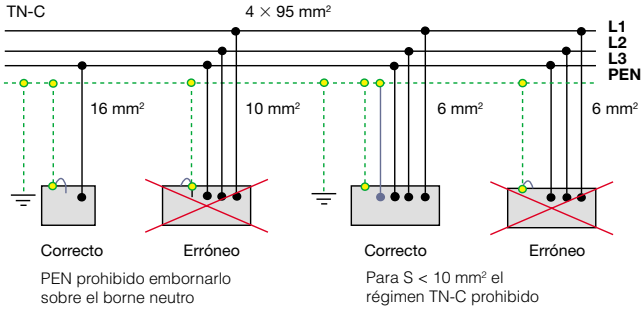


Fig. F4-006: *forma de embornar el conductor PEN en un esquema TN-C.*

Esquema IT (neutro aislado)

Neutro

Masas

Aislado o impedante

Tierra

Ninguna conexión eléctrica, voluntaria, se realiza entre el neutro y la tierra. Las masas de utilización de la instalación eléctrica están unidas a una toma de tierra.

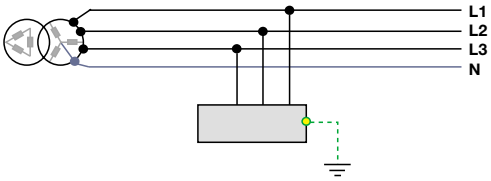


Fig. F4-007: *esquema IT (neutro aislado).*

De hecho todo circuito posee una impedancia de fuga con respecto a tierra, en función de la capacidad entre este circuito eléctrico y de su resistencia con respecto a tierra.

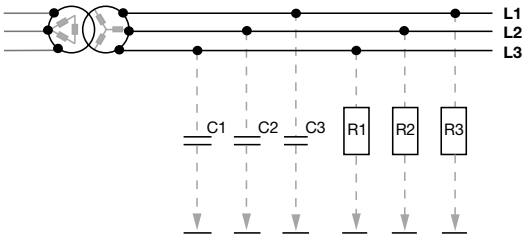


Fig. F4-008: *impedancia de fuga de un circuito con esquema IT.*

Ejemplo: en una red trifásica de 1 km la impedancia equivalente Zct de las capacidades C1, C2 y C3 y las resistencias R1, R2 y R3, es del orden de tres a cuatro mil V.

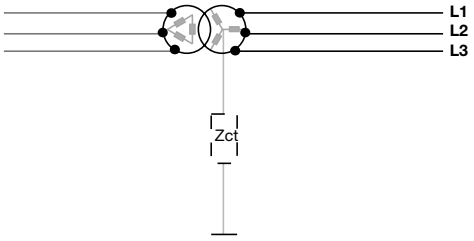


Fig. F4-009: *impedancia equivalente o impedancia de fuga en un esquema IT.*

Esquema IT (neutro impedante)

Una impedancia Zs (del orden de 1.000 a 2.000 V) se intercala entre el punto neutro del secundario del transformador y la tierra.
El interés de esta impedancia es el de limitar el potencial de una red con respecto a tierra (Zs es pequeña con respecto a la impedancia de la red con respecto a tierra, Zct).
En contrapartida se incrementa la intensidad del primer defecto.

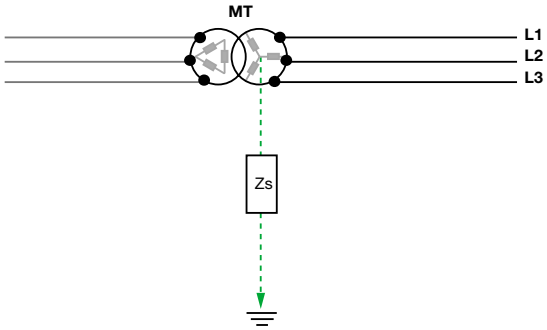


Fig. F4-010: *esquema IT (neutro impedante).*

4.3. Características de los esquemas TT, TN e IT

En esquema TT:
■ ***La técnica de protección de las personas:***
Puesta a tierra de las masas, asociado al empleo de dispositivos diferenciales residuales.
■ ***Técnicas de explotación:***
Corte al primer defecto de aislamiento.

Esquema TT

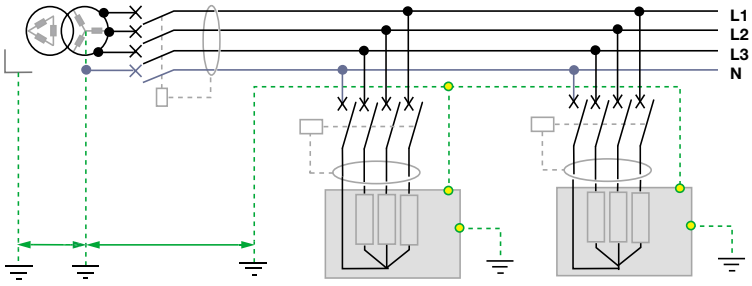


Fig. F4-011: *esquema TT.*

Nota: si las masas de utilización son unidas a diversas tomas de tierra, debe colocarse un interruptor diferencial a cada grupo de elementos conectados a la misma toma de tierra.

Principales características:
■ Es la solución más simple, tanto para su estudio como para su ejecución, se utiliza en las alimentaciones con suministro directo de la red pública de BT.
■ No necesita una atención permanente del mantenimiento de explotación (sólo un control periódico de los dispositivos diferenciales).
■ La protección es asegurada por dispositivos específicos, los interruptores

diferenciales, que permiten además la prevención o limitación del riesgo de incendio con sensibilidades iguales o inferiores a 500 mA.
■ Cada defecto de aislamiento comporta un corte. Este corte es limitado al circuito defectuoso, con el empleo de diferentes interruptores diferenciales (DDR) en serie con diferenciales selectivos o en paralelo con subdivisiones de circuitos.
■ Los receptores o partes de instalación, que son la causa, en marcha normal, de corrientes de fuga importantes, deben ser objeto de medidas especiales para evitar las desconexiones intempestivas (alimentar los receptores con transformadores de separación, o utilizar diferenciales adaptados a cada caso.

Esquema TN

En esquema TN:
■ La técnica de protección de las personas:
□ Es imperativo la interconexión de las masas, el neutro y la puesta a tierra.
□ Corte al primer defecto, con protecciones para sobreintensidades (interruptores automáticos o fusibles).
■ Técnicas de explotación: corte al primer defecto de aislamiento (cortocircuito fase neutro).

Principales características:
■ El esquema TN de una forma general:
□ Es utilizable únicamente en las alimentaciones con centro de transformación propio.
□ Necesita tomas de tierra uniformemente repartidas a lo largo de la instalación.
□ El dimensionado de la aparamenta para las desconexiones al primer defecto de aislamiento se debe realizar por cálculo, y la comprobación de la impedancia del circuito a la puesta en servicio. Las modificaciones del circuito y de su entorno pueden variar la impedancia del mismo.
□ Necesita que toda modificación sea realizada por un instalador autorizado. Puede causar en caso de defecto de aislamiento destrucciones importantes en bobinados (cortocircuito).
□ Puede presentar, en según qué tipo de locales, riesgo de incendios al ser las corrientes de defecto corrientes de cortocircuito.
■ El esquema TN-C además:
□ Puede representar una economía a la instalación (supresión de un polo en la aparamenta y un conductor de línea).
Implica la utilización de canalizaciones fijas y protegidas para mantener la impedancia de origen.

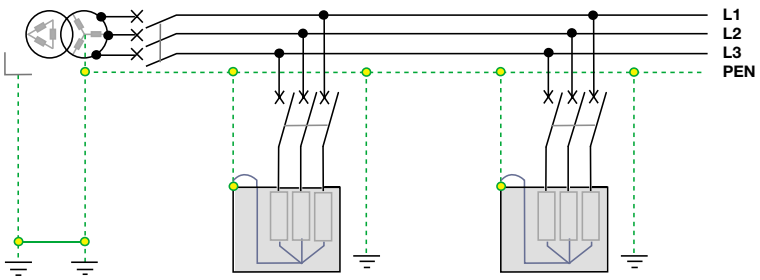


Fig. F4-012: *esquema TN-C.*

■ El esquema TN-S además:
□ Se emplea en conducciones flexibles o de poca sección.
□ Permite, por la separación del neutro y del conductor de protección, disponer de un PE no contaminado (locales informáticos, locales con riesgos).
□ Es obligatorio en locales con riesgo de incendio.

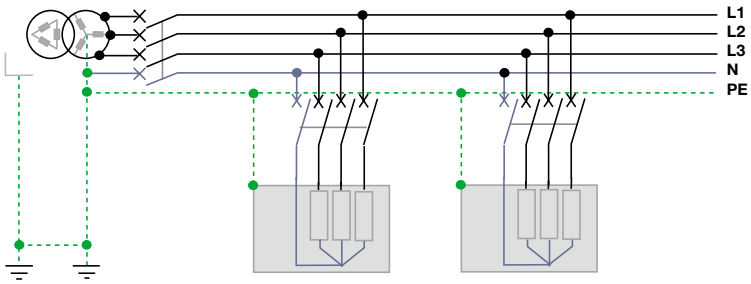


Fig. F4-013: *esquema TN-S.*

Prescripciones especiales en las redes de distribución para la aplicación del esquema TN

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

■ La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la indicada en la tabla siguiente, en función de la sección de los conductores de fase.

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 F4-014: *sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase.*

■ En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.

■ Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las instrucciones ITC-BT-06 e ITC-BT-07, para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros.

■ La resistencia de tierra del neutro no será superior a 5 ohmios en las proximi-

dades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
■ La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2 ohmios.
■ En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

Esquema IT

Esquema IT:
■ Técnica de protección:
□ Interconexión y puesta a tierra de las masas.
□ Señalización del primer defecto por control permanente del aislamiento.
□ Corte al segundo defecto por protección de sobreintensidad (interruptor automático o fusibles).
■ Técnica de explotación:
□ Vigilancia del primer defecto de aislamiento.
□ Búsqueda y eliminación del primer defecto, obligatoriamente.
□ Corte en presencia de dos defectos de aislamiento simultáneos.

Principales características:
■ Es la solución que asegura la mejor continuidad de servicio en explotación.
■ La señalización del primer defecto de aislamiento, seguido de la búsqueda y eliminación, permite una prevención sistemática de toda interrupción de alimentación.
■ Utilización única en alimentaciones con transformadores MT/BT o BT/BT particulares.
■ Necesita un buen nivel de aislamiento de la red (implica la fragmentación de la red, si es muy larga, y la alimentación de receptores con corrientes de fuga importantes con transformadores BT/BT de separación).
■ La verificación de las desconexiones por dos defectos simultáneos debe ser asegurada por cálculo, y obligatoriamente a la puesta en servicio por mediciones y comprobaciones en cada grupo de masas interconectadas.
■ La protección del conductor neutro debe realizarse tal como se indica en el capítulo H1, apartado 7.

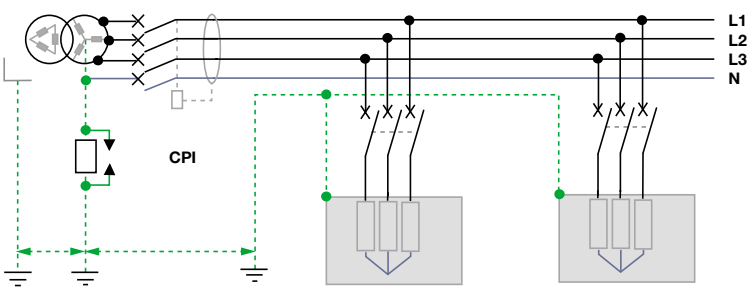


Fig. F4-015: *esquema IT.*

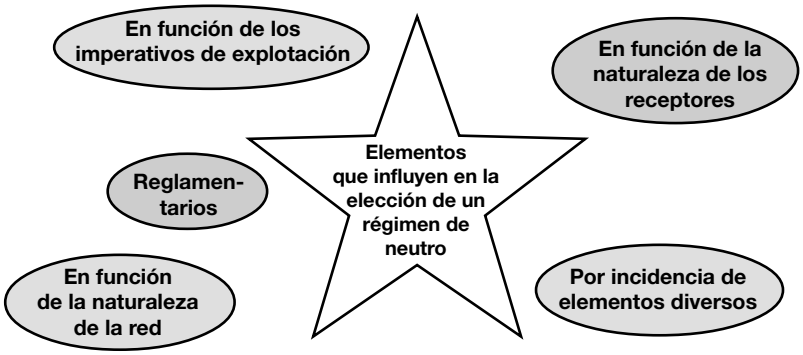
F
4

4.4. Criterios de elección de los esquemas TT, TN e IT

La elección no puede realizarse por criterios de seguridad.
Los tres regímenes son equivalentes en el aspecto de la protección de las personas, si respetamos todas las reglas de instalación y de explotación.
Son los imperativos reglamentarios, de continuidad de servicio, de explotación y de naturaleza de la red y los receptores los que nos condicionan el esquema más adecuado.

La elección se realiza por el análisis de los siguientes factores:

Adecuación a los textos reglamentarios que imponen, en determinadas alimentaciones, un régimen de neutro determinado (ver tabla F4-016).
Por decisión del propietario, si se alimenta en MT, o tiene generación propia, o transformadores de aislamiento BT/BT. Puesto que el utilizador es libre de elegir su sistema de distribución, por decisión propia o por consensuación con el instalador o proyectista.
Ello comporta:
■ En primer lugar:
□ Atender los imperativos de explotación (continuidad de servicio).
□ Concepción de la estructura de mantenimiento (equipo de personal cualificado, o contratación de un instalador autorizado) (tabla F4-017).
■ En segundo lugar:
En función de las características particulares de la red y las cargas.



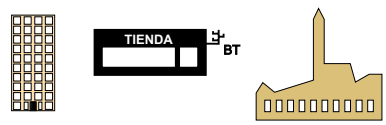
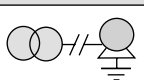
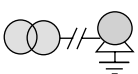
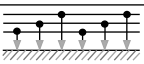
Reglamentarios, en función del reglamento de BT, de las recomendaciones normativas internacionales y decretos específicos		
Obligan o condicionan como única alternativa de solución		
Esquema	Ambito	
TT	Red de suministro público y sus conexiones: Usos domésticos Establecimientos sector terciario Pequeños talleres	
IT	Parte de zonas hospitalarias (quirófanos, UVI) Circuitos de seguridad (alumbrado de reemplazamiento y emergencia) Máquinas y ambientes especiales, incluidos en la directiva de protección al trabajador	
IT o TT	Minas y canteras	

Tabla F4-016: *ejemplos frecuentes donde el régimen de neutro está condicionado reglamentariamente.*

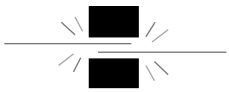
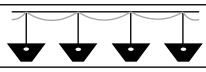
En función de los imperativos de la explotación		
Mantenimiento a cargo de personal cualificado	Continuidad de servicio primordial	Continuidad de servicio no primordial
SI	**IT** (neutro aislado o impedante)	**IT** (neutro aislado o impedante) **TT** (neutro a tierra) **TN** (masas puesta a neutro)
	Combinado con otras medidas (seccionamiento de la instalación en varios circuitos, circuitos prioritarios, selectividad en las protecciones, localización y reparación del primer defecto), constituye el medio más seguro para obtener el mínimo de cortes en la explotación. **Ejemplos:** – Industrias donde la continuidad de servicio es prioritaria para la conservación de los bienes y la calidad de los productos (siderúrgicas, alimentación...). – Explotaciones con circuitos prioritarios de seguridad: rascacielos, hospitales, establecimientos abiertos al público, etc.	Elección definitiva después de un examen de: – Las características de la instalación (neutro de la red, los receptores...). – Del grado de complejidad de la puesta en servicio de cada régimen. – El coste de cada régimen (del estudio, de la instalación, de la verificación, de la explotación).
NO	**Ningún régimen es satisfactorio** De hecho por la incompatibilidad de los criterios.	**T** (neutro a tierra) El más simple de puesta en servicio, de controlar y mantener (en particular si se prevén modificaciones en la explotación).

Tabla F4-017: *esquemas de unión a la tierra recomendados en función de los imperativos de la explotación.*

En función de las características de la red de alimentación				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Redes muy grandes, con buenas tomas de tierra para las masas, máximo 10 Ω			TT, TN, IT (1) (o combinados)	
Redes muy grandes, con tomas de tierra para las masas muy resistivas, > 30 Ω)		TT	TN-S	IT (1) TN-C
Red contaminada (zona de tormentas y/o de repetidores de TV o Radio)		TN	TT	IT (2)
Red con corrientes de fuga importantes (> 500 mA)		TN (4)	IT (4) TT (3) (4)	
Red con gran extensión de línea aérea		TT (5)	TN (5) (6)	IT (6)
Suministro con grupo electrógeno de seguridad (reserva)		IT	TT	TN (7)

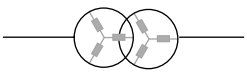
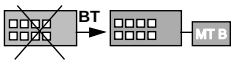
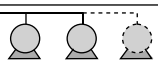
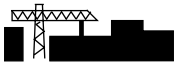
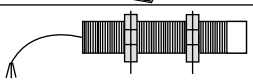
(1) Si no está impuesto, el régimen de neutro se elige por las características de explotación (continuidad de servicio, por razones deseables de seguridad o por intereses de productividad...). Cualquiera que sea el régimen de neutro elegido, la probabilidad de un fallo de aislamiento aumenta en función de la longitud de la red, puede ser objeto de un estudio de ramificación, que facilita la localización de los defectos y permite aplicar en régimen de neutro para cada derivación en función de su aplicación.
(2) Los riesgos de cebado del limitador de sobretensiones transforma el neutro aislado en neutro a tierra. Este riesgo es de temer en zonas con nivel ceráunico elevado y grandes extensiones de redes aéreas. Si elegimos un régimen IT para asegurar la continuidad de servicio, deberemos tener principal atención en las condiciones de protección del segundo defecto. Generalmente con interruptores diferenciales (DDR).
(3) Riesgo de funcionamiento intempestivo de los interruptores diferenciales DDR.
(4) La solución ideal, cualquiera que sea el régimen de neutro, es aislar la parte generadora de fugas, si es fácilmente localizable.
(5) Riesgo de fuga fase/tierra, rendimiento aleatorio de la equipotencialidad.
(6) Aislamiento incierto, a causa de la humedad y polución conductora.
(7) La puesta a neutro es desaconsejable en razon del riesgo de deteriodo del alternador, en caso de defecto interno. De otra parte, puesto que los grupos electrógenos alimentan las instalaciones de seguridad, no deben desconectar al primer defecto.

Tabla F4-018: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de la red de suministro.*

En función de las características de los receptores				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Receptores sensibles a grandes corrientes de defecto (motores...)		IT	TT	TN (8)
Receptores con bajos valores de aislamiento (hornos eléctricos, soldadores, calentadores, equipamientos de grandes cocinas...)		TN (9)	TT (9)	IT
Gran cantidad de receptores monofásicos, fase neutro (móviles, semifijos, portátiles)		TT (10) TN-S		IT (10) TN-C (10)
Receptores con riesgo (polipastros, vagonetas de transporte, teleféricos...)		TN (11)	TT (11)	TT (11)
Cantidad de máquinas auxiliares (máquinas-herramienta)		TN-S	TN-C IT (12bis)	TT (12)

(8) La corriente de defecto fase-masa puede adquirir valores capaces de dañar los bobinados de los motores y de envejecer o destruir los circuitos magnéticos.
(9) Para conjugar continuidad de servicio y seguridad es necesario y recomendable, para cualquier régimen, separar estos receptores del resto de la instalación (transformadores con puesta a neutro propio).
(10) Puesto que la calidad de los receptores es ignorada a la concepción de la instalación, el aislamiento tiene el riesgo de disminuir. La protección de tipo TT, con interruptores diferenciales, constituye la mejor solución.
(11) La movilidad de los receptores genera frecuentes defectos (contactos deslizantes con las masas), que es interesante controlar. Cualquiera que sea el régimen de neutro, es recomendable alimentar estos circuitos con transformadores con puesta a neutro local.
(12) Necesita el empleo de transformadores con puesta a neutro local, para evitar los riesgos de funcionamiento o arranque intempestivo al primer defecto (TT) o al segundo defecto e (IT).
(12 bis) Con doble interrupción del circuito de mando.

Tabla F4-019: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de las cargas.*

En función de las características diversas				
Descripción		Aconsejable	Posible	Desaconsejable
Alimentaciones con transformadores de potencia estrella-estrella (13)		TT	IT sin neutro	TN (13) IT con neutro
Locales con riesgo de incendio		IT (15) TT (15)	TN-S (15)	TN-C (14)
Incremento de la alimentación de un abonado en BT, necesitando un CT particular		TT (16)		
Establecimiento con modificaciones constantes		TT (17)		TN (18) IT (18)
Instalación con pocas garantías en la continuidad del circuito de tierra (canteras, instalaciones antiguas)		TT (19)	TN-S	TN-C IT (19)
Equipamientos electrónicos (calculadoras, autómatas programables)		TN-S	TT	TN-C
Redes de control y mando de máquinas y captadores de señales para autómatas programables		IT (20)	TN-S TT	

(13) Limitación muy importante de la corriente fase/neutro en relación al valor muy elevado de la impedancia homopolar: al menos 4 o 5 veces la impedancia directa.
Este esquema se reemplaza con uno de estrella triángulo.
(14) Las fuertes corrientes de fuga (cortocircuito) son peligrosas: el TNC es incorrecto.
(15) Cualquiera que sea el régimen, utilización de interruptores diferenciales residuales DIf < 500 mA.
(16) Una instalación alimentada en BT, obligatoriamente se alimenta en régimen TT. Mantener este régimen de neutro representa el mínimo de modificaciones.
(17) Posible sin personal de mantenimiento muy competente.
(18) De todas las instalaciones es la que precisa mayor seriedad en el mantenimiento de la seguridad. La ausencia de medidas preventivas a la puesta a neutro exige un personal muy competente para asegurar la seguridad a lo largo del tiempo.
(19) El riesgo del corte de los conductores (alimentación y protección) mantiene de forma aleatoria la equipotencialidad de las masas. El REBT obliga a la utilización de interruptores diferenciales DDR 30 mA. El régimen IT es utilizable en casos particulares.
(20) Esta solución evita la aparición de órdenes intempestivas en el caso de fugas a tierra.

Tabla F4-020: *elección de un sistema de régimen de neutro en función de causas diversas.*

4.5. Elección del método de puesta a tierra. Implantación

Después de consultar las tablas F4-016 a 020, que serán utilizadas en asociación con la fragmentación de fuentes y el aislamiento de redes.

Fraccionamiento de las fuentes de alimentación

Es conveniente repartir la alimentación en varios transformadores pequeños, no puestos en paralelo, para disminuir las corrientes de cortocircuito.
Así la alimentación de aquel o otro receptor, emisor de polución (motor grande, hornos...), tendrá una red desde su propio transformador.
La calidad y la continuidad de la alimentación se ve acrecentada.
El coste de la aparamenta disminuye (Icc baja).
El balance económinco debe establecerse caso a caso.

Redes aisladas

Consiste en separar galvánicamente una parte de la red por un transformador BT/BT para adaptarse mejor a la elección del régimen de neutro más adecuado a las necesidades de los receptores, parte informática del control de máquinas.

Ejemplos:

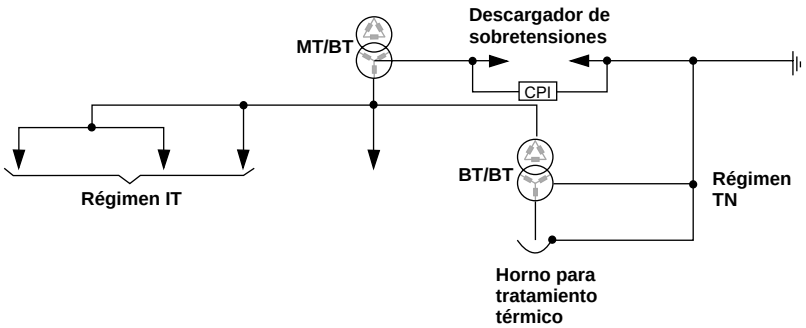


Fig. F4-021: *en un taller donde la continuidad de servicio es imperativa (IT) comporta un horno de tratamientos galvánicos.*

El régimen mejor adaptado será el esquema IT, alimentando el horno por medio de un transformador de separación con puesta a neutro local.

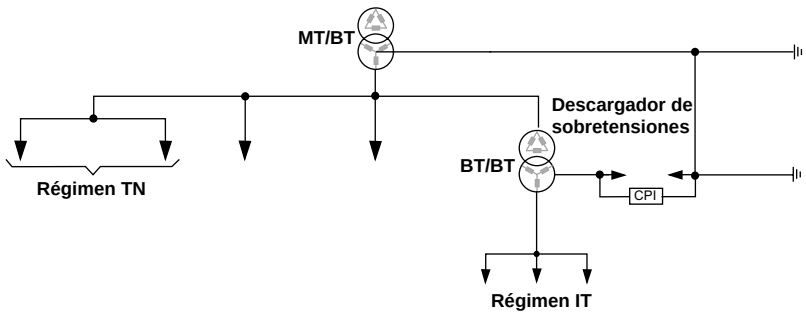


Fig. F4-022: *una fábrica en que la soldadura es la parte principal necesita un esquema TN y en un taller de pintura su principal premisa. La continuidad de servicio es resuelta con un circuito aislado en régimen IT.*

Conclusión

Esta optimización del rendimiento de una instalación a base de la elección del régimen de neutro comporta:

■ El planteamiento desde el inicio de la concepción de la red.

■ Los costes de explotación y los de inversión en modificaciones para obtener una buena calidad de servicio sobre una red no adecuada.

■ Obligan a estudiar una arquitectura de la red, con regímenes de neutro, separación de fuentes para aislar la polución y aislamiento de circuitos, cada día más por la utilización masiva de los controles de producción de forma informática.

5. La realización y medida de las puestas a tierra

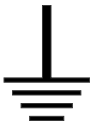
5.1. Conceptos básicos

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
En este manual llamaremos “tierra” a todas las partes o estructuras conductoras no accesibles o enterradas.
Aunque esta definición no está extraída de un reglamento o norma, nos permitirá identificar mejor la tierra y las masas de una instalación.

Definición de las puestas a tierra según la ITC-BT-18

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.

Símbolo

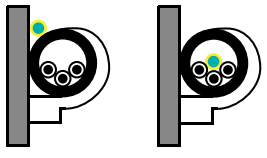


Criterios de utilización

El suelo de nuestro planeta que se utiliza como referencia convencional, de potencial “0 voltios”, en determinadas aplicaciones eléctricas y cuya conductibilidad eléctrica es muy variable, conduce (o la utiliza el hombre para conducir) determinadas corrientes eléctricas.

Toda corriente que circula por la tierra, ha entrado en ella y saldrá para volver a su fuente.

■ **Puestas a tierra por razones de protección:**
□ Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver apartado F4. “Los regímenes de neutro”, pág. F/71.
□ Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.



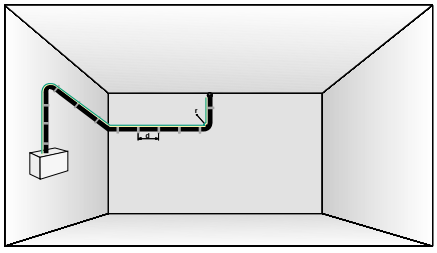


Fig. F5-001: *situación y trazado del conductor de protección.*

■ **Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto:**
□ La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera satisfecha si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia especificada de todo elemento metálico puesto a tierra.
□ La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectado a él.
□ El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.
■ **Puestas a tierra por razones funcionales.**
Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.
■ **Puestas a tierra por razones combinadas de protección y funcionales.**
Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

Aplicaciones:

■ Repartir por el "electrodo" de suelo las corrientes de los rayos (descarga electrostática disruptiva atmósfera-suelo).
■ Conducir por el suelo corrientes inducidas por el rayo entre dos puntos de una línea de distribución aérea.
■ En el régimen de neutro TT, la parte de tierra comprendida entre la toma de tierra de la red de distribución y la de la instalación, hace circular las (bajas) corrientes de fuga o de fallo que pueden producirse en la instalación.
■ Las masas de las instalaciones también se conectan a tierra (equipotencialidad tierra/suelo respecto de las masas y estructuras metálicas) para garantizar la protección de las personas (y animales) contra los peligros eléctricos derivados de los contactos indirectos.

Conexiones eléctricas a tierra:
■ **Buena** porque ocasionalmente las líneas de conexión a tierra de los pararrayos tienen que conducir corrientes del orden de 20 a 30 kA hasta un suelo de resistividad muy variable (5 a 10.000 Ω/m) sin degradar demasiado el interface toma-suelo.
■ **Unica** porque, en estas condiciones extremas, al ser la resistencia del suelo muy variable, se producirán diferencias de potencial extremadamente elevadas y destructivas entre las diferentes tomas de tierra. Además la propia instalación, en su funcionamiento normal (corrientes de fuga, de fallos, etc.), produciría perturbaciones inaceptables.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
■ El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta forma a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en el apartado "La protección contra los choques eléctricos", 2.º Volumen, y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
■ Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

■ La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
■ Contemplen los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Conexión a tierra de una instalación de un edificio
(A) Conexión a tierra de los pararrayos.
(B) Red de tierra mallada y enterrada con refuerzo especial en la parte inferior de las conexiones a tierra de los pararrayos.
(C) Conexión de tierra de la instalación, conectada a la borna de salida de los PE (o PEN) de la instalación.
(D) Mallado de las masas de una parte de la instalación, conectada a las estructuras metálicas o elementos complementarios de mallado (E).
(E) Enlaces equipotenciales entre la conexión a tierra de los pararrayos y el mallado de masa, estructura metálica cercana para evitar cebados (peligro de incendio).

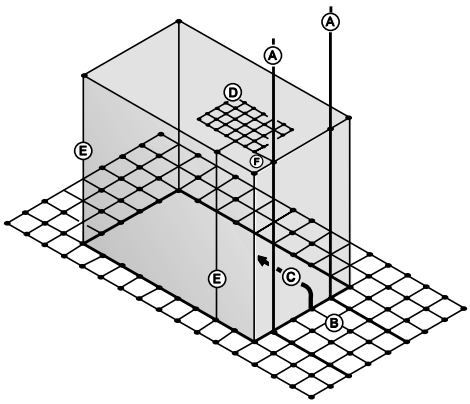


Fig. F5-002: *esquema básico de una puesta a tierra.*

Partes de una toma de tierra

En la Fig. F5-003 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

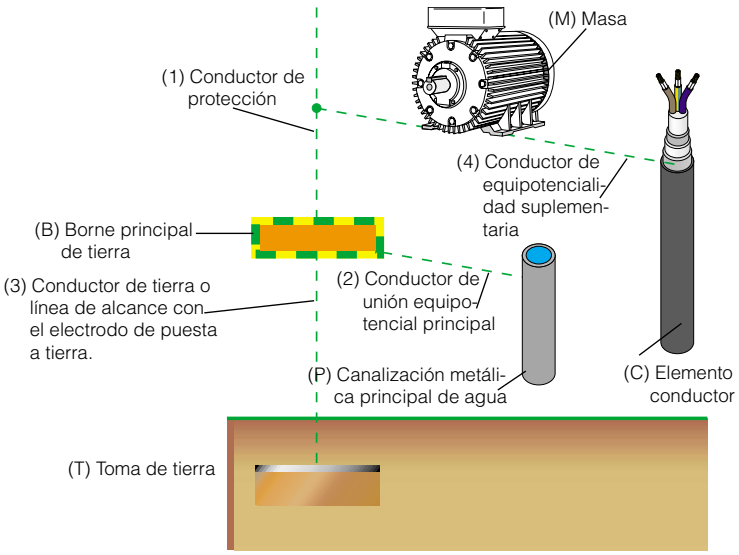


Fig. F5-003. *representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.*

Electrodos:

■ Para la toma de tierra se puede utilizar electrodos formados por:

□ Barras, tubos.

□ Pletinas, conductores desnudos.

□ Placas.

□ Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.

□ Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.

□ Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

■ Los conductores de cobre utilizados como electrodos han de ser de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

■ El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

■ Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

■ Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

■ Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

Conductores de tierra:

■ La sección de los conductores de tierra deberá estar conforme con los cálculos correspondientes de la instalación y las características de los conductores de protección correspondientes a los próximos apartados, y cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla F5-004.

■ La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra		
Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado "Conductores de protección"	16 mm^2 cobre 16 mm^2 acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 cobre 50 mm^2 hierro	

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente

Tabla F5-004: *Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.*

■ Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

■ Debe cuidarse, en especial, que las conexiones no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra:

■ En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

□ Los conductores de tierra.

□ Los conductores de protección.

□ Los conductores de unión equipotencial principal.

□ Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

■ Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne especial de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección:

■ Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente la masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

■ En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

■ En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

□ Al neutro de la red.

□ A otras masas

□ A elementos metálicos distintos de las masas.

□ A un relé de protección.

■ Para la sección se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54 en su apartado 543, equivalente al apartado “Conductores de protección”, del 5.º Volumen. Como ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla F5-005, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Ver apartado “Conductores de protección”, pág. F/249.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
S < 16	S (*)
16 < S > 35	16
S > 35	S / 2

(*) Con un mínimo de:
- 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Tabla F5-005: *secciones mínimas de los conductores de protección (ver también tabla F7-128 en página F/250).*

■ Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

■ Los valores de la tabla F5-005 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla F5-005.

■ Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica,

estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:
a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la aplicación del presente apartado.
c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.
■ La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).
■ Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.
■ Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.
■ Ningún apartado deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.
Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas anteriormente.

Masas

Símbolo:



Definición general

Parte conductora de un material eléctrico, susceptible de ser tocada por una persona, que normalmente no está en tensión pero que en caso de defecto de aislamiento puede estarlo.

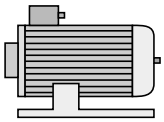
Nota: por razones de seguridad, una masa cuyo potencial sea intencionadamente específico o variable deberá incluir medidas especiales de aislamiento y, llegado el caso, de conexión.

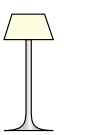
Definición específica para instalaciones eléctricas

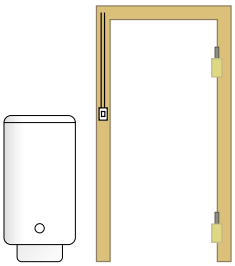
Una masa es cualquier parte conductora de un aparato, equipo o instalación, accesible al contacto, que en funcionamiento normal no tiene tensión, pero puede tenerla si se produce un fallo.

Ejemplos de masas:

■ Estructura metálica del edificio (vigas, tuberías...).
■ Bastidores de máquinas.
■ Armarios metálicos, fondos de armarios sin pintar.
■ Canaletas metálicas,
■ Carcasas de transformador, rack de autómata, etc.







F
5

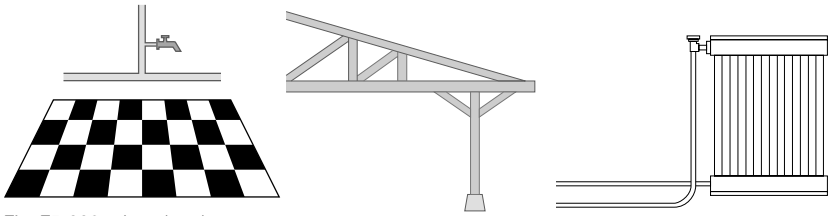


Fig. F5-006: *ejemplos de masas.*

Masas y seguridad de personas y bienes

La norma fundamental CEI 60.364 UNE 20.460 y los textos nacionales y específicos para determinadas instalaciones, describen las disposiciones constructivas necesarias para alcanzar los niveles de seguridad adecuados.

Sea cual sea el régimen de neutro de la instalación, deberán utilizarse conductores de color amarillo-verde, llamados “PE” o “tierras de protección”, de impedancia definida, para conectar las masas a la tierra en el borne principal de tierra, a la entrada de la instalación, de forma que:

■ En funcionamiento normal o si se produce una desviación a masa:

□ Las corrientes de derivación peligrosas sean eliminadas (seguridad de los bienes).

□ No pueda aparecer una tensión peligrosa entre dos masas o entre la masa y el suelo o la estructura metálica (seguridad de las personas).

■ La seguridad de las instalaciones prevalezca sobre cualquier otro aspecto, lo que significa que ninguna manipulación posterior de las conexiones de las masas deberá implicar:

□ La desconexión de un cable “PE” (amarillo-verde) de una masa.

□ Un aumento de la impedancia de una conexión “PE”.

5.2. Ejecución y cálculo

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este 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.

La calidad de una toma de tierra (resistencia, la mas pequeña posible) depende esencialmente de dos factores:

■ Sus dimensiones y forma de realización.

■ Naturaleza del suelo, o sea, resistividad del terreno.

Métodos de realización

Normal de cálculo.

Método Howe adaptado por UNESA.

La solución más utilizada para la realización de las tomas de tierra es la del bucle a fondo de las cimentaciones.

La resistencia obtenida (en Ω) es:

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

L = longitud del bucle (m).
r = resistividad del suelo (Ωlm).

Cálculo:

■ Bucle en el fondo de las cimentaciones

Esta solución es aconsejable en todas las construcciones nuevas.
Consiste en situar bajo el hormigón de las cimentaciones o adosado a los muros exteriores, al menos a un metro de profundidad, un conductor que puede ser de:

□ Cobre, cable de 25 mm² o una varilla (S ≥ 25 mm², e ≥ 2 mm).
□ Aluminio con funda de plomo, cable de S ≥ 35 mm².
□ Acero galvanizado, cable (S ≥ 95 mm²) o varilla (S ≥ 100 mm², e ≥ 3 mm).

La resistencia obtenida en ohmios es:

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

L = longitud del bucle (m).
ρ = resistividad del suelo (Ω/m).

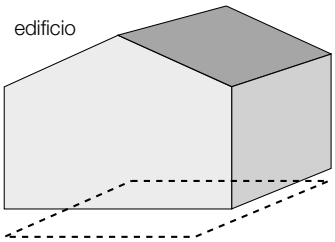


Fig. F5-007: *bucle en el fondo de las cimentaciones.*

■ Piquetas

Esta disposición es generalmente aplicada en edificios existentes, o para mejorar una toma existente.

Para (n) piquetas:

$$R = \frac{1\,\rho}{nL}\ (\Omega)$$

□ La piqueta puede ser:
– Cobre. Varilla de Ø ≥ 15 mm.
– Acero galvanizado. Varilla de Ø ≥ 15 mm, tubo de diámetro ≥ 25 mm, perfiles superiores a 60 mm de perímetro.
Deben tener una longitud ≥ 2 m.
Es necesario, normalmente, utilizar varias piquetas.
Deben estar separadas, entre sí, de 2 a 3 veces su longitud.

Piquetas unidas en paralelo.

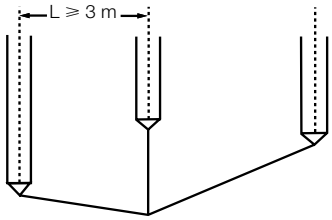


Fig. F5-008: *piquetas.*

La resistencia resultante es entonces igual a la resistencia unitaria dividida por el número de piquetas.
La resistencia obtenida es:

$$R = \frac{1\ \rho}{nL}\ (\Omega)$$

si la distancia entre dos piquetas es > 4 L.
L = longitud de la piqueta (m).
ρ = resistividad del suelo (Ω/m).
n = número de piquetas.

■ **Placas**
Las placas pueden ser cuadradas o rectangulares, pero como mínimo han de tener 0,5 m de lado.

Con placas verticales:

$$\boldsymbol{R = \frac{0{,}8\ \rho}{P}\ (\Omega)}$$

Deben estar enterradas de forma que el centro de la placa esté como mínimo a un metro de la superficie.
□ Las placas pueden ser de:
– Cobre de 2 mm de espesor.
– Acero galvanizado de 3 mm de espesor.
□ La resistencia obtenida es:

$$R = \frac{0{,}8\ \rho}{P}\ (\Omega)$$

P = perímetro de la placa (m).
ρ = resistividad del terreno (Ω·m).

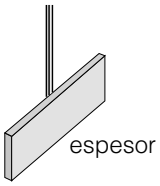


Fig. F5-009: *placas verticales.*

Método Howe adaptado por UNESA
Este método establece una correlación entre las tensiones de paso, contacto y la resistencia de puesta a tierra, para cada una de las configuraciones tipo. Para cada configuración nos darán unos "coeficientes", que multiplicados por la resistividad del terreno (ρ), nos darán el valor de la resistencia de puesta a tierra en (Ω), la tensión de paso en (V) y la tensión de contacto en (V).
■ Las configuraciones consideradas son:
□ Configuración cuadrada:
– Sin picas.
– Con cuatro picas.
– Con ocho picas.
□ Configuración rectangular:
– Sin picas.
– Con cuatro picas.
– Con ocho picas.
□ Configuración lineal con picas:
– Soluciones para 2, 3, 4, 6 y 8 picas.
– Distancia entre picas fija (4 m).

Configuración	Lp (m)	R Kr	U_{paso} Kp	$U_{contacto}$ Kc	Referencia
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,123	0,0252	0,0753	40-40/5/00
4 m Cuadrada con 4 picas	2	0,092	0,0210	0,0461	40-40/5/42
	4	0,075	0,0164	0,0330	40-40/5/44
	6	0,064	0,0134	0,0254	40-40/5/46
	8	0,056	0,0113	0,0205	40-40/5/48
Cuadrada con 8 picas	2	0,82	0,0181	0,0371	40-40/5/82
	4	0,063	0,0132	0,0237	40-40/5/84
	6	0,053	0,0103	0,0170	40-40/5/86
	8	0,045	0,0084	0,0131	40-40/5/88
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,117	0,0176	0,0717	40-40/8/00
Cuadrada con 4 picas	2	0,089	0,0144	0,0447	40-40/8/42
	4	0,073	0,0114	0,0323	40-40/8/44
	6	0,062	0,0094	0,0250	40-40/8/46
	8	0,054	0,0079	0,0203	40-40/8/48
Cuadrada con 8 picas	2	0,079	0,0130	0,0359	40-40/8/82
	4	0,061	0,0096	0,0233	40-40/8/84
	6	0,051	0,0075	0,0169	40-40/8/86
	8	0,044	0,0062	0,0131	40-40/8/88
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,094	0,0184	0,0553	70-40/5/00
7 m / 4 m Rectangular con 4 picas	2	0,076	0,0165	0,0362	70-40/5/42
	4	0,064	0,0134	0,0271	70-40/5/46
	6	0,056	0,0113	0,0215	70-40/5/46
	8	0,049	0,0097	0,0117	70-40/5/48
Rectangular con 8 picas	2	0,068	0,0143	0,0302	70-40/5/82
	4	0,055	0,0108	0,0201	70-40/5/84
	6	0,046	0,0087	0,0148	70-40/5/86
	8	0,040	0,0072	0,0115	70-40/5/88
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
Sin picas		0,091	0,0129	0,0528	70-40/8/00
Rectangular con 4 picas	2	0,073	0,0113	0,0353	70-40/8/42
	4	0,062	0,093	0,0266	70-40/8/44
	6	0,054	0,0079	0,0212	70-40/8/46
	8	0,048	0,0068	0,0175	70-40/8/48
Rectangular con 8 picas	2	0,066	0,0101	0,0294	70-40/8/82
	4	0,053	0,0078	0,0198	70-40/8/84
	6	0,045	0,0063	0,0147	70-40/8/86
	8	0,039	0,053	0,0115	70-40/8/88

	n.º picas	R Kr	U_{paso} Kp		Referencia
Profundidad a 0,5 m del nivel del suelo					
cable Cu-S = 50 mm² / 6 m / 4 m / piquetas	2	0,113	0,0208		5/24
	3	0,075	0,0128		5/34
	4	0,0572	0,00919		5/44
	6	0,0399	0,00588		5/64
	8	0,0311	0,00432		5/84
Profundidad a 0,8 m del nivel del suelo					
cable Cu-S = 50 mm² / 6 m / 4 m / piquetas	2	0,110	0,0139		8/24
	3	0,073	0,0087		8/34
	4	0,0558	0,00633		8/44
	6	0,0390	0,00408		8/64
	8	0,0305	0,00301		8/84

Tabla F5-010: *tabla de coeficientes para el cálculo de la resistencia de una toma de tierra, de la tensión de paso y de contacto según el método Howe (UNESA).*

□ Alternativas:
– Todas ellas con dos alternativas, enterradas a 0,5 o a 0,8 m del nivel del suelo.
□ Características comunes:
– La sección del conductor es de cobre de 50 mm^2.
– El diámetro de las piquetas es de 14,8 mm.
– Alternativas en la longitud de las piquetas, de 2, 4, 6 y 8 m.

■ Resistencia de puesta a tierra: $R_{(puesta\ a\ tierra)} = \rho \cdot Kr$

■ Tensión de paso: $U_{(paso)} = \rho \cdot Kp$

Tensión de contacto: $U_{(contacto)} = \rho \cdot Kc$

ρ = resistividad del terreno

El cálculo de la tensión de paso y de contacto es propio de las puestas a tierra de los centros de transformación de MT/BT e instalaciones de AT. No obstante, al referirnos al método hemos facilitado todos los coeficientes del mismo.

Ejemplos:

1) Tierra en una zona calcárea con una resistividad del terreno de 100 a 300 Ω/m.
Para obtener una resistencia de puesta a tierra, R = 5 Ω.

$$Kr = \frac{R}{\rho} = \frac{5\ \Omega}{100\ \Omega/m} = 0{,}05$$

La configuración con una Kr próxima, por defecto, a 0,05 es:
70 – 40/5/48 → Kr = 0,049.

$$R = \rho \cdot Kr = 100\ \Omega/m \cdot 0{,}049 = 4{,}9\ \Omega$$

2) Tierra en una zona calcárea con una resistividad del terreno de 500 a 1.000 Ω/m.
Para obtener una resistencia de puesta a tierra, R = 5 Ω.
Es un terreno un poco difícil, pero no imposible.
El coeficiente Kr correspondiente será:

$$Kr = \frac{R}{\rho} = \frac{5\ \Omega}{1000\ \Omega/m} = 0{,}005$$

No hay ninguna configuración que llegue a estos valores. La solución es colocar configuraciones en paralelo.
Configuración 70 – 40/5/88 → Kr = 0,040:

$$n.^{o}\ (configuraciones) = \frac{Kr_{(configuración)}}{Kr_{(deseado)}} = \frac{0{,}040}{0{,}005} = 8$$

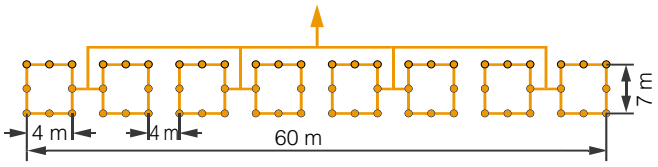


Fig. F5-011: *posible solución con configuraciones rectangulares.*

Conductor de 50 mm^2 → 204 m.
Piquetas de 8 m → 56 unidades.
Configuración 8/84 → Kr = 0,0305:

$$n.^{o}\ (configuraciones) = \frac{Kr_{(configuración)}}{Kr_{(deseado)}} = \frac{0{,}0305}{0{,}005} = 6$$

F 5

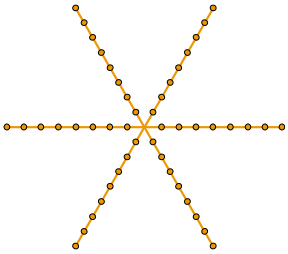


Fig. F5-012: *posible solución con configuraciones lineales.*

Conductor de 50 mm^2 → 288 m.
Piquetas de 4 m → 48 unidades.
En una configuración de bucle necesitaríamos para mantener una resistencia de R = 5 Ω:

$$Kr = \frac{2\rho}{R} = \frac{2 \cdot 1000\ \Omega/m}{5\ \Omega} = 400\ m$$

Conductor de Cu de 25 mm^2 400 m.
Si extendemos el cable por debajo de las cimentaciones, y tenemos la precaución de unirlo eléctricamente a todos los herrajes del armado de las mismas, mejoraremos la resistencia.
En función del movimiento de tierras correspondiente a la obra, cada una tiene una solución económica óptima.

Valores de la resistividad de los terrenos

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ω/m)
Terreno pantanoso	1 a 30
Cieno	20 a 100
Humus y/o mantillo	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Marga	100 a 200
Marga jurásica	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arenas con silicatos	200 a 300
Suelo pedregoso	1.500 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de hierbas	300 a 500
Calizo de grano grueso	100 a 300
Calizo compacto	1.000 a 5.000
Calizo mezclado	500 a 1.000
Pizarra	50 a 300
Micacita	800
Granito y arenisca	1.500 a 10.000
Granito y aresnisca adulterada	100 a 600

Tabla F5-013: *tabla de valores de la resistividad de diferentes terrenos.*

Especificación del tipo de terreno:
■ **Terreno pantanoso:** dícese de los terrenos donde hay pantanos, charcos o cenagales.

■ **Cieno:** terreno poco coherente, embebida en agua, que forma depósitos en el fondo de los ríos, mares, lagos y sectores húmedos.
■ **Humus y/o mantillo:**
□ Humus: "tierras vegetales", la fracción descompuesta de restos orgánicos incorporados al suelo.
□ Mantillo: capa superior del suelo, formada en gran parte por la descomposición de restos orgánicos.
■ **Turba húmeda:** carbón combustible negruzco, ligero, esponjoso, producido por materias vegetales más o menos carbonizadas.
■ **Arcilla plástica:** arcilla empapada con agua en la proporción que le da plasticidad (silicatos de aluminio + óxidos ferrosos).
■ **Marga:** roca sedimentaria formada por arcilla cementada por carbonato cálcico.
■ **Marga jurásica:** arcilla mezclada con arena, grava y bloques, constituida por la antigua morrena del fondo de un glaciar.
■ **Arena arcillosa:** mezclas de arenas y arcillas.
■ **Arenas con silicatos:** mezclas de arenas y silicatos.
■ **Suelo pedregoso:** terreno cubierto de piedras.
■ **Suelo pedregoso cubierto de hierba.**
■ **Calizo de grano grueso:** terreno con una proporción elevada de cal (blanda).
■ **Calizo compacto (grano fino):** terreno con una proporción elevada de cal (mármol).
■ **Calizo mezclado:** no todo el terreno es una parte compacta caliza.
■ **Pizarra:** roca sedimentaria silicoalumínica, de grano muy fino, color gris o azulado, que se divide fácilmente en lajas.
■ **Micacita:** roca metamórfica que contiene cuarzo, mica y algunos minerales pesados.
■ **Granito y arenisca:**
□ Granito: roca eruptiva holocristalina, compuesta esencialmente por cuarzo, feldespatos, mica y esporádicamente algún anfíbol.
□ Arenisca: roca sedimentaria formada por la cimentación de arena.
□ Arenisca adulterada: arenisca mezclada con tierras que no han podido cimentar.

Valores a considerar en los anteproyectos de la resistividad de los terrenos

Con el fin de facilitar los anteproyectos se ofrece una valoración de la resistividad, en función de una simple inspección ocular, para poder efectuar una evaluación inicial de la obra, pero en el momento que se ha de realizar un proyecto definitivo deben realizarse las medidas de resistividad necesarias.

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ω/m)
Terrenos de labranza grasos, terraplenes compactos húmedos	50
Terrenos de labranza magros, gravas, terraplenes toscos	500
Terrenos pedregosos, arenales secos, rocas permeables	3.000

Tabla F5-014: *tabla de valores de la resistividad de los terrenos a emplear en anteproyectos.*

La resistencia de las tomas de tierra varía en el tiempo

Depende de varios factores:
■ **La humedad del terreno:** la influencia de los cambios estacionales hasta una profundidad de 1 a 2 m.

A una profundidad de 1 m, la variación de la ρ, y por tanto de la R, puede ser de 1 a 3 entre el invierno y un verano seco.

■ **El hielo:** puede elevar la resistividad de un terreno, al helarlo, en miles de ohmios. Es necesario profundizar las tomas de tierra en las zonas frías.

■ **El envejecimiento del terreno:** el material del entorno de las tomas de tierra puede ser deteriorado por diversos efectos físicos:

□ Química, si la tierra es alcalina.

□ Galvánica, por efectos de corrientes continuas errantes (ferrocarriles).

■ **Oxidación:** utilizar la soldadura autógena en las soldaduras de unión (piquetas, placas, cables...), puesto que es la más resistente a la oxidación.

Medición de la toma de tierra

Debe existir la posibilidad de desconectar la toma de tierra del resto de la instalación y permitir así la medición solamente de la resistencia de la toma de tierra.

La medida de la resistencia de la toma de tierra se hace con la ayuda de dos electrodos auxiliares.

■ **Utilización de un amperímetro:**

$$A = R_T + R_{t1} = \frac{U_{T-t1}}{i_1} \qquad C = R_{t2} + R_T = \frac{U_{t2-T}}{i_3}$$

$$B = R_{t1} + R_{t2} = \frac{U_{t1-t2}}{i_2} \qquad A + C - B = 2R_T$$

Si la fuente de tensión es siempre la misma, tendremos:

$$R_T = \frac{U}{2}\left(\frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_3} - \frac{1}{i_2}\right)$$

Utilización de un ohmímetro para medición de tierras.

Estos aparatos indican directamente el valor de la toma de tierra. También necesitan la utilización de dos electrodos auxiliares.

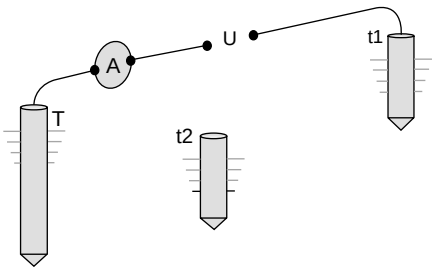


Fig. F5-015: *medida de la toma de tierra con un amperímetro.*

Conductores CPN (también denominados PEN)

Durante muchos años hemos utilizado la denominación inglesa de los conductores de protección (PE) o (PEN) cuando el conductor de protección y el neutro es el mismo. En el nuevo reglamento la instrucción ITC.BT-18 nos ofrece la traducción al castellano (CP) o (CPN). En esta obra, y debido a la divulgación realizada por los años, seguiremos utilizando la denominación inglesa.

■ En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.
Sin embargo, la sección mínima de un conductor PEN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo.
■ El conductor PEN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.
■ El conductor PEN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.
■ El Conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.
■ Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre sí en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor PEN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

Circuitos 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 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre o a la sección equivalente si es de otro material.
■ La sección de los conductores de equipotencialidad secundarios, que unen dos masas, no será inferior a la más pequeña de la de los conductores de protección unidos a dichas masas.
■ Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.
Este conductor, caso de ser necesario, debe satisfacer lo indicado en el apartado “Conductores de protección”, pág. F/91.
■ 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.

Tomas de tierra independientes

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V y cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

Separación de las puestas a tierra con respecto a otras puestas a tierra:

■ Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas, o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las

masas de un centro de transformación para evitar que, durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas.

■ Si no se hace el control de independencia del apartado anterior, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considera que las tomas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

□ No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

□ La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra, u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización, es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 Ω/m). Cuando el terreno es muy mal conductor,

la distancia se calculará, aplicando la formula: $D = \frac{r \cdot I_d}{2 \cdot p \cdot U}$,

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros.

ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro.

I_d: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.

U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

□ El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

■ Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que, en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($U_d = I_d \cdot R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

En realidad, lo que se pretende es que una tensión parásita, transmitida a través de una corriente de fuga de MT o AT, pueda perforar el aislamiento de una instalación de BT, evaluada en 2 U + 1.000 V, durante un minuto, siendo U la tensión máxima de servicio y con un mínimo de 1.500 V, y crear una corriente de fuga peligrosa para las personas y los materiales.

■ En la tabla F5-016 se recogen las distancias mínimas entre electrodos para intensidades de defecto, comprendidas entre 20 y 1.000 A, y resistividades del terreno entre 20 y 3.000 Ω/m.

■ Con esta separación y las condiciones de las tierras de los centros de transformación, no se alcanzará una tensión en el neutro de BT superior a 1.000 V cuando se tenga una corriente de defecto de 1.000 A.

Antes de realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra, es interesante efectuar una lectura del apartado L3.4. "Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección", del 5.º Volumen. En él encontrarán la filosofía de la tecnología adecuada para el diseño.

Separación de los sistemas de puesta a tierra																		
Resistividad terreno	Intensidad de defecto en (A)																	
(Ω/m)	100	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1.000
20	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
40	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6
60	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
80	1	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	13
100	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16
150	2	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24
200	3	6	8	10	11	13	14	16	18	19	21	22	24	25	27	29	30	32
250	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
300	5	10	12	14	17	19	21	24	26	29	31	33	36	38	41	43	45	48
350	6	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36	39	42	45	47	50	53	56
400	6	13	16	19	22	25	29	32	35	38	41	45	48	51	54	57	60	64
450	7	14	18	21	25	29	32	36	39	43	47	50	54	57	61	64	68	72
500	8	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
550	9	18	22	26	31	35	39	44	48	53	57	61	66	70	74	79	83	88
600	10	19	24	29	33	38	43	48	53	57	62	67	72	76	81	86	91	95
650	10	21	26	31	36	41	47	52	57	62	67	72	78	83	88	93	98	103
700	11	22	28	33	39	45	50	56	61	67	72	78	84	89	95	100	106	111
750	12	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	95	101	107	113	119
800	13	25	32	38	45	51	57	64	70	76	83	89	95	102	108	115	121	127
850	14	27	34	41	47	54	61	68	74	81	88	95	101	108	115	122	129	135
900	14	29	36	43	50	57	64	72	79	86	93	100	107	115	122	129	136	143
950	15	30	38	45	53	60	68	76	83	91	98	106	113	121	129	136	144	151
1.000	16	32	40	48	56	64	72	80	88	95	103	111	119	127	135	143	151	159
1.200	19	38	48	57	67	76	86	95	105	115	124	134	143	153	162	172	181	191
1.400	22	45	56	67	78	89	100	111	123	134	145	156	167	178	189	201	212	223
1.600	25	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166	178	191	204	216	229	242	255
1.800	29	57	72	86	100	115	129	143	158	172	186	201	215	229	244	258	272	286
2.000	32	64	80	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255	271	286	302	318
2.200	35	70	88	105	123	140	158	175	193	210	228	245	263	280	298	315	333	350
2.400	38	76	95	115	134	153	172	191	210	229	248	267	286	306	325	344	363	382
2.600	41	83	103	124	145	166	186	207	228	248	269	290	310	331	352	372	393	414
2.800	45	89	111	134	156	178	201	223	245	267	290	312	334	357	379	401	423	446
3.000	48	95	119	143	167	191	215	239	263	286	310	334	358	382	406	430	454	477

Tabla F5-016: *tabla de distancias de separación de dos tomas de tierra, en función de las corrientes de fuga posibles y de la resistividad del terreno.*

5.3. Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética

Tierra y compatibilidad electromagnética

Como hemos visto, la tierra tiene una función muy específica (aunque parcial, ya que además es necesario eliminar los residuos conducidos por las líneas de alimentación de la red del edificio) en lo que se refiere a las descargas de rayos. En cuanto a la mayor parte de los fenómenos de "CEM" (transitorios, corrientes o campos radiados de alta frecuencia "AF"), los conductores de tierra cuya

longitud y topología de distribución (conexión estrella, en paralelo, a los conductores activos) presentan impedancias muy elevadas en alta frecuencia "AF", no tendrán utilidad alguna si no se dispone además de una red de mallado de las masas.

En el momento de realizar un proyecto de todo un edificio, consultar el apartado L2.5. "Protección contra las interferencias electromagnéticas (IEM) en los edificios", del 5.º Volumen del Manual teórico-práctico Schneider, que contempla soluciones globales contra las interferencias electromagnéticas.

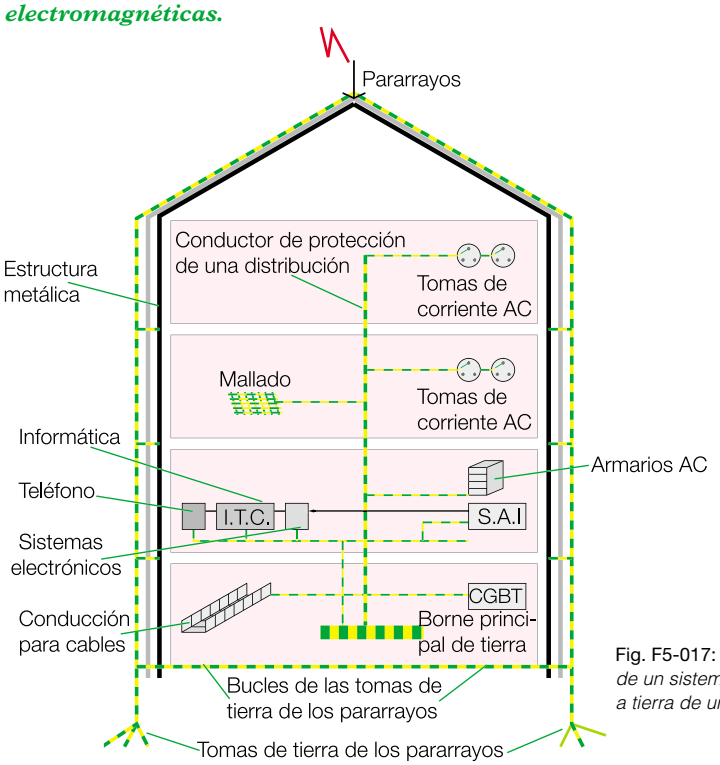
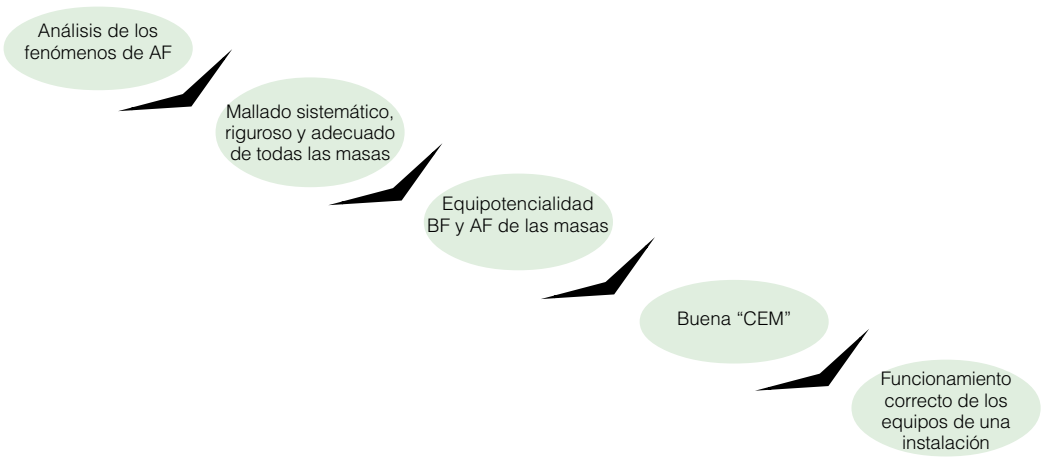


Fig. F5-017: *vista general de un sistema de puesta a tierra de un edificio.*

Masas y compatibilidad electromagnética



Comportamiento en "BF"

Ejemplo: a la frecuencia de la red (50 o 60 Hz).

La equipotencialidad de las masas a la frecuencia de la red (50 Hz-60 Hz) está garantizada por la conexión de los hilos amarillo-verde (PE-PEN).

Comportamiento en alta frecuencia "AF"

En el apartado relativo a la tierra hemos visto que ésta tiene una función relativamente limitada en relación con los fenómenos de "CEM".

Por el contrario, las masas situadas muy cerca de los aparatos electrónicos cumplen la función de "plano" o red de referencia para los fenómenos de alta frecuencia "AF" (así como algunos aspectos de la frecuencia de 50\|60 Hz), siempre y cuando se resuelva antes del problema de su equipotencialidad.

En efecto, la interconexión de las masas por medio de conductores de protección, conectados en estrella, presentan impedancias muy altas en "AF", entre los puntos a veces cercanos. Por otra parte, las corrientes de fallo elevadas generan diferencias de potencial entre dos puntos y, además (régimen TN-C), por el conductor PEN circulan permanentemente corrientes elevadas.

Parece, pues, necesario (sin menospreciar la función de los PE), hacer el mayor número posible de interconexiones complementarias (cables de color distinto al amarillo-verde), con cables de sección en ningún caso inferior a la sección menor de los PE conectados a las masas consideradas. Estas conexiones deberán hacerse progresivamente entre las masas de los equipos, las canalizaciones de cables, las estructuras metálicas existentes o que vayan añadiendo, etc.

Será necesario conectar directamente a ellas las pantallas, blindajes, salidas de modo común de los dispositivos de filtrado, etc.

De esta forma, se constituirá una red equipotencial de masa de mallas finas de acuerdo con las exigencias de "CEM".

En algunos casos excepcionales (corrientes inducidas a la frecuencia de la red, diferencias de potencial, etc.), será necesario efectuar la conexión a la red de masa de la forma adecuada (ejemplo: montando condensadores "AT"/"BT" en un extremo, etc.).

Corriente de fuga de la instalación

Por su proximidad con los circuitos eléctricos de la instalación, las masas

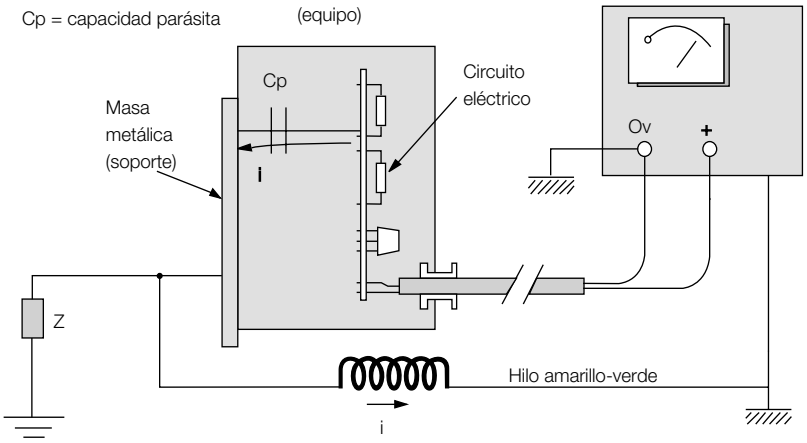


Fig. F5-018: *ejemplo de creación de capacidades parásitas, entre los circuitos activos y las masas.*

forman con estos circuitos capacidades parásitas que generan la circulación de corrientes no deseadas, a través de los equipos y las masas.
En algunos casos, el resultado es que las instalaciones funcionan mal (disparo de las protecciones diferenciales).
Ver "Modos de transmisión" (perturbaciones radiadas, acoplamiento capacitivo).

Para conectar las masas deben utilizarse métodos adecuados para baja frecuencia "BF" (seguridad de las personas) y alta frecuencia "AF" (buena "CEM").

La conexión solamente será eficaz desde un punto de vista técnico y económico:
- ***si el problema se tiene en cuenta durante el diseño,***
- ***si se sabe cómo montar la parte "AF" de una instalación.***

Bucles entre masas

Un bucle entre masas es la superficie comprendida entre dos cables de masa.

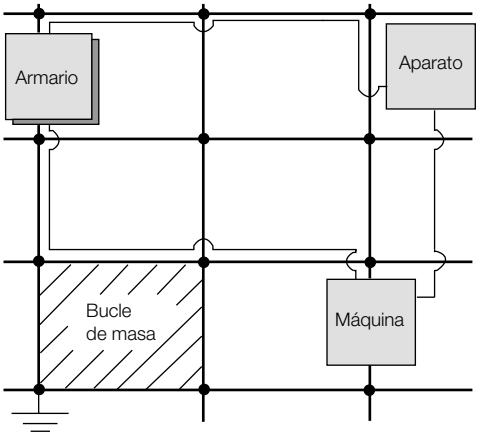


Fig. F5-019: *esquema indicativo de los bucles de masa.*

Los bucles entre masas son el resultado de un mallado sistemático y riguroso que permite garantizar la equipotencialidad de un centro. Es necesario reducir la superficie de cada bucle multiplicando las conexiones entre todas las masas.

Bucles de masa

Un bucle de masa es la superficie comprendida entre un cable funcional (cables de alimentación, de control, red de comunicación...) y el conductor o la masa mecánica más cercana.

Debemos reducir las superficies de los bucles de masa.

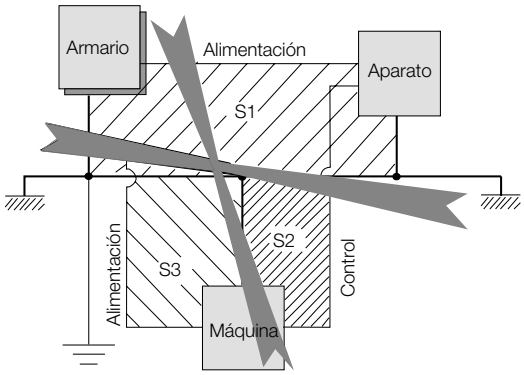


Fig. F5-020: *trazado de red de interconexión de masas no correcto.*

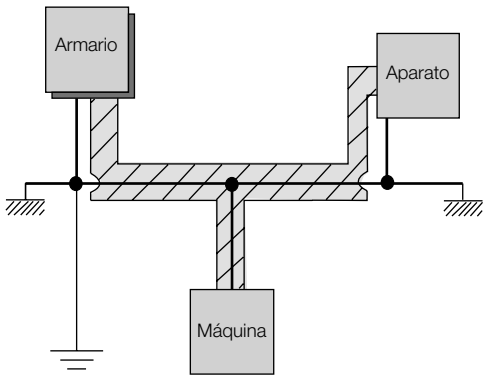
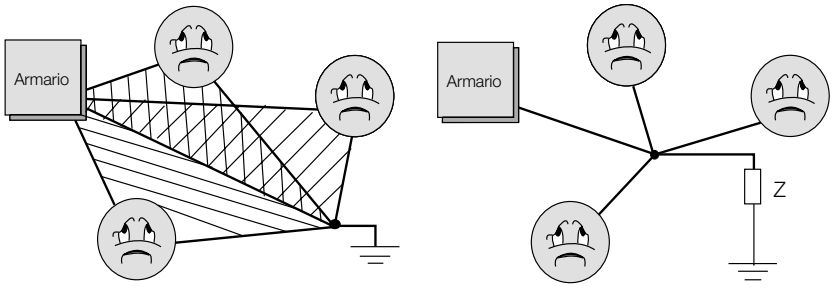


Fig. F5-021: *trazado de red de interconexión de masas correcto.*

Hay tantos bucles de masa como cables funcionales.

Es imprescindible reducir la superficie de los bucles de masa haciendo pasar los cables funcionales, en toda su longitud, lo más cerca posible de las masas.
Los bucles de masa son la principal fuente de problemas de "CEM". Las perturbaciones radiadas se acoplan a través de ellos con mucha facilidad.

Evitar la conexión estrella de las masas a la tierra



Bucles de masa de gran superficie

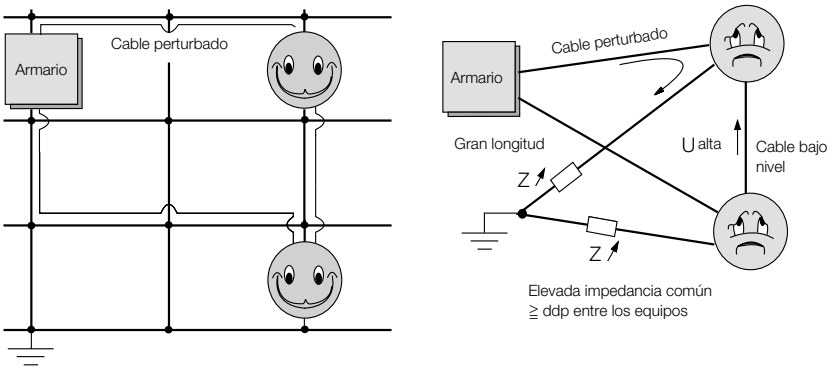


Fig. F5-022: *cómo conseguir una buena equipotencialidad para las perturbaciones de "AF".*

Es imprescindible no conectar en estrella las masas a la tierra.

Solamente haciendo un mallado sistemático y riguroso de las masas entre sí, es posible conseguir una buena equipotencialidad de alta frecuencia "AF" en la instalación.

Comportamiento del cable de conexión de protección (hilo amarillo-verde) PE-PEN

En las instalaciones antiguas, realizadas sin tener en cuenta los fenómenos de "AF", la longitud de los conductores amarillo-verde (PE-PEN) es tal (L > 1 a 2 m) que:
■ Contribuye con eficacia a la equipotencialidad de "BF" (50 Hz-60 Hz) de la instalación y, por tanto, a la seguridad de las personas y de los bienes (CEI 364).
■ No influyen prácticamente en la equipotencialidad de "AF" de la instalación y, por tanto, en la "CEM".

Interconexión de las masas
Si el cable de masa es demasiado largo (L > 10/F (MHz)) la instalación queda "flotante", aparecen diferencias de potencial entre los dispositivos y se produce la circulación de corrientes no deseadas.

Para conseguir la equipotencialidad "AF", es imprescindible hacer un mallado sistemático y riguroso de todas las masas.

6. Los cuadros eléctricos

El cuadro es un elemento importante de la seguridad de una instalación eléctrica. Deben proyectarse y realizarse de acuerdo a las normas UNE-EN 60.439 y siguiendo las prescripciones del fabricante.

■ Los cuadros están sujetos a su proceso de ensamblaje, a su compartimentación y a la aparamenta que albergan.
■ Se componen de varias partes, bornes, embarrado, aparamenta, conexionado, soportes, etc.
■ Cada parte agrupa a todos los elementos mecánicos y eléctricos que concurren en su función.
■ Es un eslavón importante de la cadena de seguridad de una instalación.
■ En consecuencia, el tipo de cuadro debe estar perfectamente adaptado a su aplicación.
■ Su diseño y su realización debe estar conforme a la Directiva y el Reglamento de BT. Por ser un punto vital de la instalación, es de las partes en que incide más la normativa y las reglas del arte del buen hacer.
■ La envolvente de los cuadros ofrece una doble protección:
□ La protección de la aparamenta contra las vibraciones, choques mecánicos, la polución y diversas agresiones externas.
□ La protección de las personas contra los contactos eléctricos.
■ La aparamenta de mando y protección, cuya posición de servicio es aconsejable que sea en vertical o con capacidad de refrigeración suficiente, se ubicará en el interior de los cuadros de distribución, de donde partirán los circuitos interiores.
■ Las envolventes de los cuadros deben cumplir las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección adecuado al ambiente y como mínimo IP 30 según UNE 20.324, e IK 07 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 cuadro general de distribución** estará de acuerdo con lo indicado en los párrafos anteriores que corresponde a la ITC-BT-17.
■ En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.
■ 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.
■ Según la tarifa a aplicar y en correspondencia con las normas de la Cía. Suministradora, el cuadro podrá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

6.1. Los tipos de cuadros

Los cuadros o los conjuntos de aparamenta de BT se diferencian por su función y por las características de su construcción.

Los tipos de cuadros en función de su aplicación

■ **Los grandes tipos de cuadros son:**
□ El cuadro general de BT.
□ Los cuadros secundarios.
□ Los cuadros terminales.
□ Los cuadros de control y mando de procesos: ejemplo, CCM (control y mando de motores).
□ El cuadro doméstico (cuadro general de la vivienda).
□ El cuadro de acometida y los de medida.
En España disponemos de una reglamentación acorde a las empresas suministradoras de la energía, la cual desarrollamos en el capítulo D.

6.2. Las formas de realización de los cuadros

■ Podemos distinguir dos procesos de construcción de cuadros:
□ Tradicional, en que la aparamenta se fija a un bastidor en el interior de la envolvente.
□ Funcional o acoplamiento de partes funcionales estándares con la aparamenta.

Los cuadros tradicionales:

■ La aparamenta es generalmente fijada sobre un chasis en el fondo de una envolvente.
■ El acceso a los mandos y a la señalización se realiza por medio de taladros en la parte frontal.
■ La implantación del material en el interior del cuadro necesita un estudio minucioso de la distribución del material, para que no dificulte:
□ la instalación y el funcionamiento de toda la aparamenta,
□ el cableado y el mantenimiento de las distancias de aislamiento,
□ el comportamiento térmico del conjunto y de cada elemento.
■ Una predeterminación de la superficie de cuadro necesaria se puede realizar multiplicando por 2,5 la superficie total de la aparamenta a instalar.
■ Es conveniente tener en cuenta:
□ las prescripciones de seguridad de la Directiva de BT, que pueden asegurarse atendiendo a los ensayos especificados en la norma UNE-EN 60439-1,
□ la Directiva de Responsabilidad Civil (85/774), cubriendo las responsabilidades con pólizas adecuadas.

Los cuadros funcionales

Dedicados a aplicaciones precisas, constituidos por la agrupación de partes funcionales de la aparamenta y sus accesorios:
■ La aparamenta se fija en soportes propios para cada producto.
■ El acceso a los mandos y a la señalización se realiza por medio de ventanas estándares, propias para cada elemento.
■ La implantación del material en el interior del cuadro, de los elementos de soporte, de los elementos de conexionado y de los bornes, se resuelve por su estandarización mediante tablas de selección o con un preciso programa informático, que distribuye el material de la forma más óptima para atender:
□ la accesibilidad del material, los mandos y la señalización,
□ las distancias de aislamiento,
□ el comportamiento térmico del conjunto,
□ la configuración mecánica adecuada para el soporte de los esfuerzos electrodinámicos.
■ El dimensionado del embarrado y las conexiones se realiza en función de la intensidad de cortocircuito, sujeta a las posibles reducciones en función del efecto limitador de la protección de cabecera.

■ La determinación del cuadro es rápida puesto que los grupos funcionales solucionan los pequeños problemas difíciles y laboriosos de determinar.
■ Los componentes prefabricados permiten una reducción de tiempo considerable en el montaje.
■ Los cuadros se benefician de los ensayos tipo, que reducen sustancialmente los costes de los ensayos y confieren un nivel de seguridad elevado.

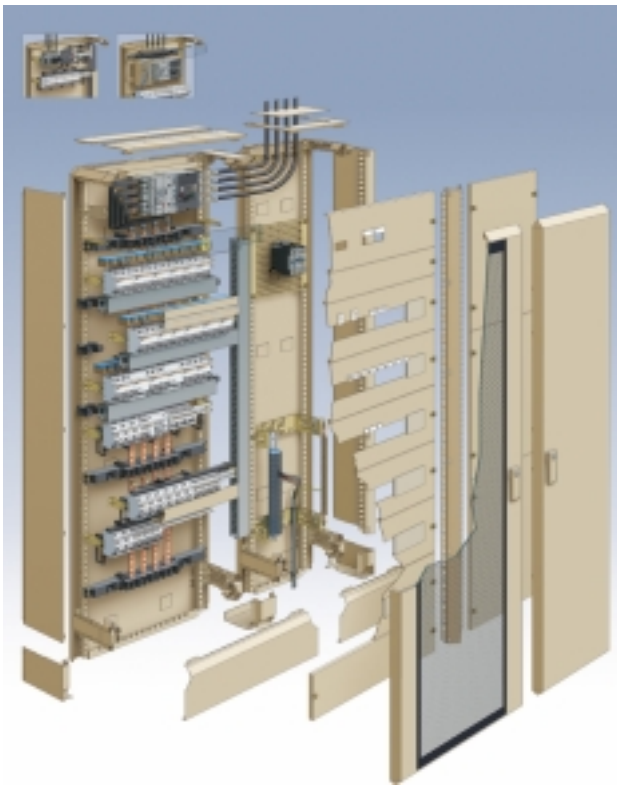


Fig. F6-001: *perspectiva de un cuadro funcional.*



Fig. F6-002: *facilidad de montaje de un cuadro funcional.*

6.3. Programa informático de concepción y valoración de cuadros funcionales hasta 3.200 A

ECObat es un programa de concepción modular, que permite el tratamiento completo de las ofertas, ofreciendo la posibilidad de iniciar el proyecto desde uno cualquiera de sus módulos.

Los módulos son:

- Gestión de proyectos.
- Lista de referencias.
- Puesta en envolvente.
- Vista frontal de la envolvente.
- Valoración.
- Esquema unifilar.

■ Gestión de los proyectos

La gestión de los proyectos permite generar la estructura propia de la propuesta del proyecto.
Es una verdadera herramienta que permite trabajar a partir de cualquier cuaderno de cargas.

■ Lista de referencias

En cuanto está creado y parametrizado en el proyecto, el comando lista de referencias permite seleccionar los materiales necesarios para cada cuadro, dentro de los productos de los catálogos.
Estos materiales se relacionarán después con uno o varios nombres funcionales del esquema unifilar y de la puesta en envolvente.
La total interactividad de estos tres módulos permite una reacción automática a cualquier modificación hecha en uno de ellos.

■ Esquema unifilar

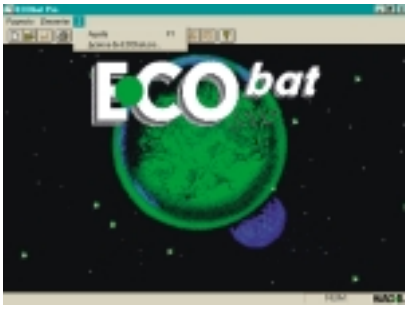
Contiene los símbolos normalizados permitiendo la realización de esquemas hasta 3.200 A.
Está en relación directa con los catálogos y las bases de datos.
Su editor gráfico permite:

- la visualización de todos los planos en pantalla,
- la personalización de los cajetines de planos.
- la creación y la posibilidad de guardar esquemas tipo,
- la importación de los dibujos de vista frontal de cuadros,
- la implantación de los símbolos por corte automático de cables,
- la utilización de funciones gráficas y de acotación con los módulos, lista de referencias y puesta en envolvente.

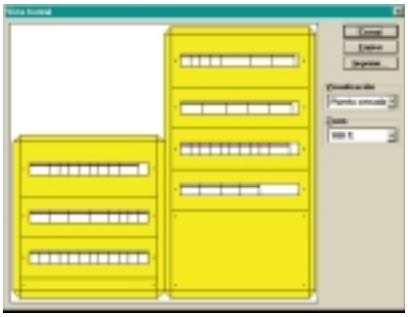
■ Configuración de la envolvente

La puesta en envolvente garantiza la correcta colocación de los aparatos, seleccionados en los demás módulos, en cuadros y armarios de las gamas Prisma y Pragma. Permite además visualizar e imprimir una vista frontal del armario realizado.

■ **Valoración**
La valoración (presupuesto y bono de pedido) pone el punto y final de forma sencilla y rápida a la realización de un proyecto completo.







6.4. La normativa vigente UNE-EN 60439.1

El concepto de cuadro tradicional y funcional se ha introducido para poder definir la filosofía de la nueva normativa, más acorde a las directivas de BT y de responsabilidad civil, y de las exigencias normativas de la UNE-EN 60439.1.

El objeto de la norma

Trata de mostrar y especificar los "conjuntos de aparamenta de baja tensión" (en adelante CONJUNTO) que son definidos como:

■ Combinación de uno o varios aparatos de conexión, de baja tensión, con los materiales asociados de mando, medida, señalización, protección, regulación, etc., con todas sus conexiones internas, mecánicas, eléctricas y sus elementos estructurales.

■ Clasificación de los elementos del proceso de montaje, en función de la utilización:

□ que la totalidad de los productos sean elementos bajo ensayos tipo,

□ que parte de los productos sean elementos que, basados en los productos con ensayos tipo, hayan sufrido alguna modificación, manteniendo las prescripciones básicas de la norma.

Conjunto de aparamenta de baja tensión de serie (CS)

Conjunto de aparamenta de baja tensión, conforme a un tipo o sistema establecido, sin desviarse de él de una forma que pueda influir notablemente en las prestaciones, con relación a las del CONJUNTO tipo, que ha sido verificado de acuerdo con esta norma.

Conjunto de aparamenta de baja tensión derivado de serie (CDS)
Conjuntos de aparamenta de baja tensión que contienen partes con ensayos tipo y partes sin. Con la condición de que estos últimos se deriven de ensayos tipo (por ejemplo, por cálculo), o cumplan los ensayos correspondientes. Se puede sintetizar el significado de las dos definiciones como sigue:
■ El CS corresponde a productos perfectamente definidos y estandarizados, sea a nivel de sus componentes (proyecto específico para cada uno de los constituyentes), sea a nivel de fabricación (guía de montaje, etc.) y debiendo satisfacer las pruebas tipo, definidas en la norma (ver la tabla F6-003).
■ El CDS corresponde al conjunto donde la estructura base es un CS al que se le han aportado una o más modificaciones, que deberán verificarse por cálculo (extrapolación de elementos CS) o ensayos específicos.
Estos aspectos fundamentales de la Norma han favorecido la creación, por parte de los más importantes fabricantes, de toda una gama de componentes ensayados y destinados a ser suministrados, facilitando el trabajo al cuadrista, que podrá montar en el taller o en destino, bajo precisas instrucciones del fabricante, CONJUNTOS completos, con la garantía de trabajar conforme a las normas y con las respectivas pruebas tipo ensayadas y aseguradas por el fabricante.
Esto facilita no solamente el trabajo al cuadrista sino también, y sobre todo, al usuario final, que tiene la garantía de recibir un producto CDS según la definición de la Norma.

El cuadro tradicional
Es aquel que está construido bajo las directrices de las reglas del arte del buen hacer y no está sujeto a ningún ensayo tipo, por tanto debe acreditar la seguridad exigida en la Directiva de BT por medio de ensayos específicos o por los definidos en la norma UNE-EN 60439.1.

6.5. Las tecnologías de los cuadros funcionales

Existen 3 tecnologías principales para realizar los cuadros funcionales:

■ **El cuadro de unidades funcionales fijas**
Toda intervención de mantenimiento o reparación deberá realizarse sin tensión alguna. En función de la utilización de aparamenta seccionable o desenchufable, en parte del cuadro podrán realizarse los trabajos en tensión.

■ **El cuadro con unidades funcionales seccionables o desconectables**
Siempre, la utilización de aparatos seccionables o extraíbles reduce el tiempo de intervención sin tensión, permitiendo realizar el mantenimiento o revisiones con el resto del cuadro en tensión y mantener un nivel de disponibilidad de la energía elevado.
Ejemplo: redes para salas informáticas.

■ **Los cuadros de cajones**
La aparamenta es agrupada en cajones que corresponden a una función determinada. Por lo general a una función de mando y control (ejemplo: la alimentación y control de un motor). Este sistema permite el mantenimiento y las revisiones bajo tensión, sin peligro para el manipulador y con la máxima rapidez para el recambio de las averías.

La compartimentación según UNE-EN 60439.1
La separación de las unidades funcionales en el interior de la envolvente permite acceder a una unidad funcional sin riesgo para las personas y las unidades contiguas.

Se definen cuatro niveles de compartimentación, en función del tipo de explotación, de la polución y del nivel de seguridad necesario.

Lista de verificaciones y ensayos a efectuar sobre los cuadros convencionales y funcionales

N.º	tradicional	funcional	características a verificar	CS	CDS	párrafo de la Norma
1	■	●	límites de calentamiento	ensayo tipo: verificación de los límites de calentamiento	verificación de los límites de calentamiento o extrapolación a partir de conjuntos que satisfacen los ensayos tipo	8.2.1
2	■	●	propiedades dieléctricas	ensayo tipo: verificación de las propiedades dieléctricas	verificación de las propiedades dieléctricas según los apartados 8.2.2. u 8.3.2., o verificación de la resistencia de aislamiento según el apartado 8.3.4 (ver n.º 11)	8.2.2
3	■	●	resistencia a los cortocircuitos	ensayo tipo: verificación de la resistencia a los cortocircuitos	verificación de la resistencia a los cortocircuitos o extrapolación a partir de dispositivos similares que satisfagan los ensayos tipo	8.2.3
4	■	●	continuidad eléctrica del circuito de protección			8.2.4
			4.1 conexión realizada entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección	ensayo tipo: verificación de la conexión real entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección por examen o por medida de la resistencia	verificación de la conexión real entre las partes conductoras del CONJUNTO y el circuito de protección por examen o por medida de la resistencia	8.2.4.1
	■	●	4.2 resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección	ensayo tipo: verificación de la resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección	verificación de la resistencia a los cortocircuitos del circuito de protección por un ensayo o por un estudio apropiado de la disposición del conductor de protección	8.2.4.2
5	■	●	distancias de aislamiento y líneas de fuga	ensayo tipo: verificación de las distancias de aislamiento y las líneas de fuga	verificación de las distancias de aislamiento y las líneas de fuga	8.2.5
6	■	●	funcionamiento mecánico	ensayo tipo: verificación del funcionamiento mecánico	verificación del funcionamiento mecánico	8.2.6
7	■	●	grado de protección	ensayo tipo: verificación del grado de protección	verificación del grado de protección	8.2.7
8	■	■	cableado, funcionamiento eléctrico	ensayo individual: inspección del CONJUNTO comprendiendo el examen de los cables y, en caso necesario, un ensayo de funcionamiento eléctrico	inspección del CONJUNTO comprendiendo el examen de los cables y, en caso necesario, un ensayo de funcionamiento eléctrico	8.3.1
9	■	■	aislamiento	ensayo individual: ensayo dieléctrico	ensayo dieléctrico o verificación de la resistencia de aislamiento según el apartado 8.3.4	8.3.2
10	■	■	medidas de protección	ensayo individual: verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica de los circuitos de protección	verificación de las medidas de protección	8.3.3
11	■	■	resistencia de aislamiento	no hace falta verificar	verificación de la resistencia de aislamiento salvo si el ensayo del apartado 8.2.2. o del apartado 8.3.2 ha sido efectuado	8.3.4

■ Ensayos a realizar por el cuadrista.
● Ensayos tipo realizados por el fabricante.

Tabla F6-003: *ensayos a realizar en los cuadros en función del sistema de montaje.*

Las diferentes formas son:

■ Forma 1: sin ninguna compartimentación.
■ Forma 2: separación de juegos de barras de unidades funcionales.
■ Forma 3: separación de los juegos de barras de las demás unidades funcionales y separación de éstas entre ellas, a excepción de los bornes de salida.
■ Forma 4: separación de los juegos de barras de las demás unidades funcionales y separación de éstas entre ellas, incluidos los bornes de salida.

La forma de separación es objeto de un acuerdo entre el utilizador y el cuadrista. Las formas 2, 3 y 4 son generalmente utilizadas en las aplicaciones sin posibilidad del corte de la corriente en las revisiones.

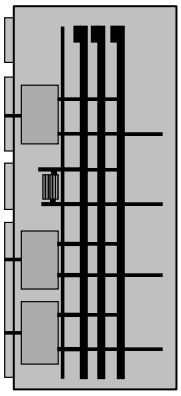


Fig. F6-004: *forma compartimentación 1.*

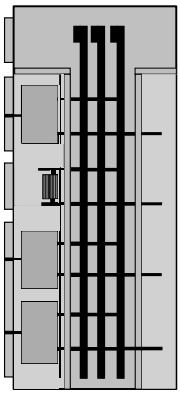


Fig. F6-005: *forma compartimentación 2.*

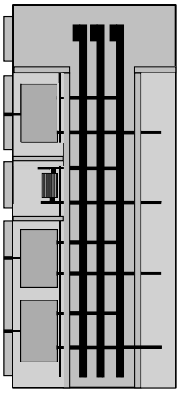


Fig. F6-006: *forma compartimentación 3.*

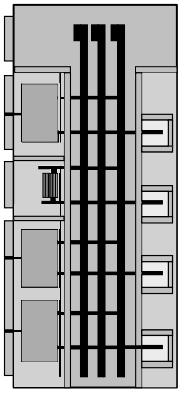


Fig. F6-007: *forma compartimentación 4.*

6.6. Diseño de cuadros

Características generales para el diseño de un cuadro eléctrico

Independientemente de las características propias del esquema de su función, un cuadro eléctrico lo debemos dimensionar en función de cuatro parámetros principales:

■ Su equilibrio térmico.
■ Su capacidad dieléctrica.
■ Su resistencia a los esfuerzos electrodinámicos.
■ Su protección a los agentes externos.

Para ello, y según la norma UNE-EN-60439.1, deberemos realizar siete ensayos y tres verificaciones:

□ Disipación térmica / límites de calentamiento.
□ Propiedades dieléctricas.
□ Resistencia a cortocircuitos / esfuerzos electrodinámicos.
□ Ensayo de las protecciones / selectividad.
□ Ensayos de aislamiento y distancias de fuga.
□ Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos.
□ Ensayo del grado de protección a los agentes externos (IP-K).
□ Verificación del cableado y del funcionamiento eléctrico.
□ Verificación final de la resistencia de aislamiento.
□ Verificación del funcionamiento de los circuitos de protección.

Según la UNE-EN 60439.1, en la ejecución de cuadros:

■ **Por el método tradicional**, se han de realizar los ensayos y las verificaciones.

■ **Por el sistema funcional**, solamente las comprobaciones correspondientes a las tres verificaciones, puesto que los ensayos tipo acreditados por los fabricantes del sistema cubren los siete primeros ensayos, siempre que la utilización del sistema funcional se haga acorde a las instrucciones del fabricante.

Calentamiento:

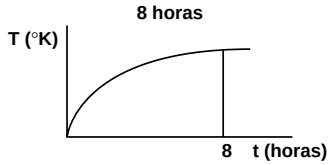
■ Límites de calentamiento:

□ Aparamenta	Según prescripciones de la aparamenta
□ Bornes para conductores aislados exteriores	+70 °K
□ Elementos manuales de mando: – metálicos – material aislante	 +15 °K +25 °K
□ Envolventes y cubiertas exteriores: – superficies metálicas – superficies aislantes	 +30 °K +10 °K* +40 °K +10 °K*

** Cuando en servicio normal no es necesario tener contacto con la superficie.*

En la normativa vigente los grados Celsius absolutos se marcan con la sigla "C" y los incrementos con la "K". El ensayo debe realizarse en todas las fases y neutro del circuito general y derivaciones, simultáneamente.

■ Condiciones de ensayo:

□ Temperatura del aire ambiente – En instalaciones interiores:	 Máxima: +40 °C Media máxima durante 24 h: +35 °C Mínima: –5 °C
– En instalaciones exteriores:	Máxima: +40 °C Media máxima durante 24 h: +35 °C Mínima: –25 °C en clima templado –50 °C en clima ártico
– El tiempo de duración del ensayo será el correspondiente al de estabilización de la temperatura a un incremento inferior de 1 °K durante una hora. Normalmente a partir de las 8 primeras horas de ensayo.	 Fig. F6-008: *exponencial del ensayo térmico de un cuadro.*

■ Disipación térmica.

La energía calorífica aportada en el interior del cuadro, por toda la aparamenta y el conexionado, ha de ser disipada por la envolvente, por ventilación natural o forzada.

□ Balance térmico de los cuadros montados con el proceso tradicional.

– Convección natural:

$$P = \Delta T \cdot S \cdot K > \Sigma DP$$

– Ventilación y/o refrigeración forzada:

$$P = \Delta T \cdot S \cdot K < = \Sigma DP$$

□ Balance térmico de los cuadros montados con el sistema funcional Prisma. Con un sistema funcional se facilitan valores tabulados en función de la intensidad de la aparamenta, basados en los ensayos tipo.
Siendo:
P = Potencia capaz de disipar la envolvente.
ΣDP = Suma del calor producido por todos los elementos (aparamenta, cableado, embarrado...) en el interior del cuadro, expresado en vatios.
T_M = Temperatura interna máxima.
T_E = Temperatura externa media.
S = Superficie total de la envolvente.
K = Coeficiente de conducción térmica:
K = 5,5 W/m² °C, con chapa pintada.
K = 4 W/m² °C, con poliéster.
Para la superficie de ventilación natural debe cumplirse que la superficie de salida sea superior a la de entrada:

$$S \geqq 1{,}1 \cdot S_E$$

Si la temperatura interior del cuadro, con las ventilaciones naturales, iguala o supera la temperatura prevista de trabajo, de la aparamenta y de las conducciones, deben colocarse ventilaciones forzadas.

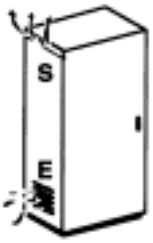


Fig. F6-009: *ventanas de ventilación.*

Para el estudio térmico de un cuadro consultar el Cuaderno Técnico de Merlin Gerin 145 “Estudio Térmico de los Cuadros Eléctricos de BT”.

■ Sistema Pragma:

Tipo	N.º de filas	Módulos	In
Pragma C Superficie	1	12	60
	2	24	60
	3	36	90
	4	48	90
Pragma C Empotrado	1	12	60
	2	24	60
	3	36	90
	4	48	90
Pragma D Superficie	1	18	90
	2	36	90
	3	54	125
	4	72	125
Pragma D Empotrado	2	36	90
	3	54	125
	4	72	125

Tabla F6-010: *tabla de valores de las capacidades térmicas máximas de los cuadros Pragma.*

■ Sistema Prisma G (hasta 630 A):
□ El aparato de cabecera de la intensidad elegida, máximo 630 A.
□ El embarrado de la intensidad elegida.
□ El dimensionado de la envolvente está de conformidad a la disipación térmica de la aparamenta a una temperatura ambiente de 40 °C o a una media de 35 °C durante 24 h.
□ Para la aparamenta de las salidas, es posible que sus intensidades nominales sumen el mismo valor que la intensidad nominal de cabecera, o puede ser algo mayor en función del coeficiente de simultaneidad.
La suma de las intensidades nominales de los circuitos de salida ha de tener proporcionalidad con el coeficiente de simultaneidad de la concentración de circuitos en un cuadro, especificado en la UNE-EN 60439.1.

N.º circuitos	Coeficiente de simultaneidad
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
6 a 9	0,7
a 10	0,6

Tabla F6-011: *tabla de los coeficientes de simultaneidad de circuitos en los cuadros.*

El valor máximo de la suma de intensidades de las salidas será:

$$\Sigma In_{salidas} = \frac{In_{cabecera}}{Ks}$$

Ejemplo: $In_{cabecera}$ = 400 A, 8 salidas.

Valor máximo:

$$\Sigma In_{salidas} = \frac{In_{cabecera}}{Ks} = \frac{400\ A}{0,7} = 571\ A$$

Propiedades dieléctricas
La tensión de ensayo, según UNE-EN 60439.1 apartado 8.2.2, es función de la tensión de empleo. En la tabla 10 se especifica que para una tensión de empleo de 1.000 V, la tensión de ensayo será:
■ Para envolventes metálicas E = 3.500 V.
■ Para envolventes aislantes E = 5.250 V.
□ Balance dieléctrico, cuadros montados con el proceso tradicional.

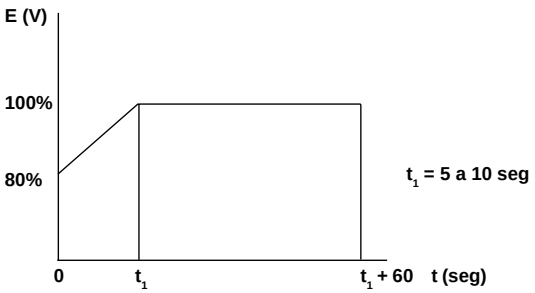


Fig. F6-012: *diagrama de aplicación de la tensión de ensayo en el tiempo.*

El ensayo debe realizarse con una fuente capaz de superar la impedancia del circuito de ensayo, manteniendo la tensión de ensayo durante el tiempo del mismo.
Se aplicará la tensión de ensayo durante un minuto y al final del mismo no debe apreciarse ningún cortocircuito, contorneo o fuga.
El equipo puede llevar una protección que permita, en el momento de incrementar la intensidad por una fuga o cortocircuito, parar el ensayo.
□ Balance dieléctrico, cuadros montados con el sistema funcional Prisma.
Con un sistema funcional, los ensayos dieléctricos tipo del sistema facilitan la garantía de rigidez cuando se utilizan todos los componentes del sistema.
□ El proceso.
Se aplicará una tensión inicial del 50% del valor de ensayo y durante un período de 5 a 10 seg debe estabilizarse el valor de ensayo. A partir de este momento, cuenta el período de un minuto de aplicación de la tensión.

Resistencia a los cortocircuitos / esfuerzos electrodinámicos
Los cuadros han de estar sometidos a un ensayo de resistencia al cortocircuito para poder acreditar su resistencia a ellos y a los esfuerzos electrodinámicos que se derivan.
El ensayo según la UNE-EN 60439.1 corresponde a una aplicación de la corriente eficaz de cortocircuito entre fases y neutro durante un segundo, y no ha de producir ningún desperfecto que altere su funcionamiento normal.
El valor de la corriente de cresta de la energía aplicada en el ensayo ha de ser:

$$I_{pc} = n \cdot I_{eff}$$

I_{eff}	cos φ	n
$I_{eff} \leq 5$ kA	0,70	1,50
5 kA – 10 kA	0,50	1,70
10 kA – 20 kA	0,30	2,00
20 kA – 50 kA	0,25	2,10
50 kA < I_{eff}	0,20	2,20

Tabla F6-013: *tabla de valores de las corrientes de ensayo en cortocircuito.*

■ Ensayos de cortocircuito para los cuadros montados con el proceso tradicional.
Deberán realizarse los ensayos de la norma UNE-EN 60439.1 para acreditar su resistencia a los cortocircuitos y esfuerzos electrodinámicos.
Para el cálculo de los esfuerzos electrodinámicos, consultar el cuaderno técnico de Merlin Guerin 162 “Los esfuerzos electrodinámicos en los juegos de barras de BT”.
■ Ensayos de cortocircuito para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma.
Para los cuadros montados con sistemas funcionales, los ensayos tipo son suficientes para acreditar su resistencia a los cortocircuitos.
Para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma G, los valores que acreditan son:

I_{eff} de cc = 25 kA / 1 seg

I_{cresta} en cc = 53 kA

Ensayo del funcionamiento mecánico y de los enclavamientos de un cuadro

El ensayo se realiza a la aparamenta que ubica y si existen enclavamientos de puerta del cuadro.

A los enclavamientos de puerta, dispositivos enchufables y seccionables se les deben realizar los ensayos según las especificaciones de la UNE-EN 60439.1, que corresponden a 50 ciclos de maniobras completos (conexión y desconexión), y después de ellas deberán mantener las mismas prestaciones originales.

Los ensayos de la aparamenta, si no están acreditados por ensayos tipo, deberán realizarse según la normativa propia de cada aparato.

Ensayos del grado de protección a los agentes externos (IP - IK):

■ Ensayos del grado de protección para los cuadros montados con el proceso tradicional.

■ Si la envolvente es de construcción estándar y no se modifican las características de la misma, los ensayos tipo del fabricante de la envolvente son suficientes.

■ En caso que la envolvente necesite mecanizaciones para la ubicación de la aparamenta, que modifiquen sus características originales, se deberán realizar los ensayos según la UNE-EN 60529 (ver apartado F8).

Ensayos de rigidez dieléctrica, líneas de fuga:

■ En el diseño y construcción de cuadros por el método tradicional, debe prestarse especial atención a las distancias entre las partes conductoras y éstas con las masas.

■ El contorneo de las distancias (líneas de fuga) deben considerarse en función de los materiales, el ambiente y la tensión.

■ Ensayos del grado de protección para los cuadros montados con el sistema funcional Prisma.

Los ensayos tipo son suficientemente acreditativos.

■ En los cuadros “CS” este trabajo está implícito en la elección del material.

6.7. Sistema modular Pragma, sistema estanco Kaedra y sistema funcional Prisma

El sistema consta de cuatro líneas: la de los cofrets (cajas) modulares gama Pragma, la de los cofrets (cajas) modulares estancos Kaedra, los cofrets G y la de los armarios Prisma GX.

Gama { Cofrets modulares Pragma
Sistema estanco Kaedra
Cofrets Prisma G
Armarios Prisma GX

Sistema modular Pragma

Conforma las líneas:

Mini Pragma:

■ Características:
- □ 4, 6, 8 o 12 módulos en fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 40.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-014: *mini Pragma superficie.*



Fig.F6-015: *mini Pragma empotrable.*

Pragma C:

■ Características:
- □ de 12 a 48 módulos,
- □ de 1 a 4 filas,
- □ de 12 módulos por fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 40.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-016: *Pragma C, superficie.*



Fig. F6-017: *Pragma C, empotrable.*

Pragma D:

■ Características:
- □ de 18 a 72 módulos,
- □ de 1 a 4 filas,
- □ de 18 módulos por fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 41,5.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-018: *Pragma D, superficie.*



Fig. F6-019: *Pragma D, empotrable.*

Pragma F:

■ Características:
- □ de 24 a 144 módulos,
- □ de 1 a 6 filas,
- □ de 24 módulos por fila,
- □ puerta plena o transparente,
- □ material metálico con revestimiento plástico,
- □ conforme a UNE-EN 60439.3,
- □ protección IP 41,5.

■ Modelos:
- □ superficie,
- □ empotrable.



Fig. F6-020: *Pragma F, superficie*



Fig. F6-021: *Pragma F, empotrable.*

F
6

Pragma Basic:

■ Características:
□ de 2 compartimientos:
– uno para el ICPM (4 módulos),
– otro para los PIAS y el DDR
(4, 8, 12, 24 módulos).
□ de 1 hilera o dos,
□ puerta plena.
□ material plástico autoextinguible ensayo 650 °C,
□ color blanco marfil RAL 9001,
□ protección IP 40,
□ obturador fraccionable de 10 pasos,
□ etiquetas y portaetiquetas.
■ Modelos:
□ superficie,
□ empotrable.



Fig. F6-022: *Pragma Basic.*

Cuadros de electrificación doméstica “vivienda”

Electrificación básica:

■ **Esquema y circuitos:**
□ Instalaciones en zonas secas BB1de conformidad a la ITC-BT-19.
□ Instalaciones en zonas húmedas o mojadas BB2 deconformidad a la ITC-BT-30.
□ Instalaciones en zonas con baño BB3 de conformidad a la ITC-BT-27.

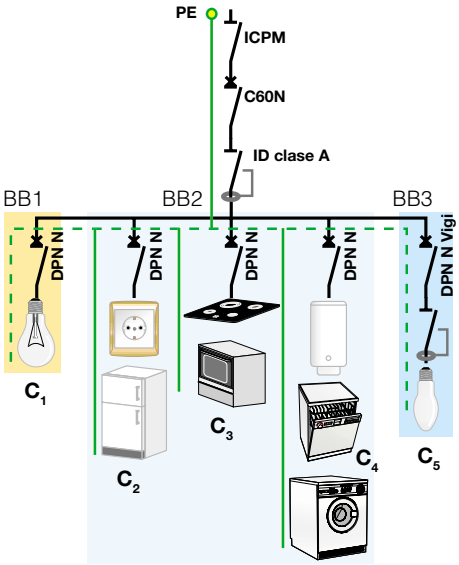


Fig. F6-023: *esquema de electrificación básica.*

■ **Circuitos y módulos:**

□ Interruptor automático magnetotérmico general, fase + neutro 2 módulos C60N.
□ Interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulos, ID clase A.
□ Zona seca (BB1), de conformidad a la ITC-BT-19:
C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
□ Zona húmeda (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:
C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.
□ Zona mojada (BB3), de conformidad a la ITC-BT-27:
C5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina. Interruptor automático magnetotérmico combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi.



Fig. F6-024: *cuadro y módulos electrificación básica.*

El interruptor automático general, en nuestro caso el C60N, debe ser seccionador, o sea cumplir las condiciones de aislamiento propias de los seccionadores, y llevar un dispositivo de fijación que permita enclavarlo en la posición de reposo; para que, en el momento de efectuar una revisión, reparación o mantenimiento preventivo sin tensión, el operario en función pueda tener la confianza que por ningún descuido ajeno se encontrará la línea en tensión.



Fig. F6-025: *enclavamiento del interruptor general.*

La colocación de interruptores a corriente diferencial residual en serie, o en número de interruptores o elementos necesarios para la alimentación de una vivienda, dependerá de las soluciones que adoptemos sobre la protección contra las corrientes de choque; soluciones de corte de la alimentación o utilización de MBTS. En el apartado L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del 5.º Volumen desarrollaremos el tema.

Electrificación elevada:

■ **Circuitos y módulos:**

□ Interruptor automático magnetotérmico general, 3 fases + neutro 4 módulos C60N o bifásico según alimentación.

□ Interruptor a corriente diferencial residual, 3 fases + neutro 4 módulos, ID selectivo o bifásico según alimentación.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa secas (BB1), fase + neutro 2 módulos, ID instantáneo.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa húmedas (BB2), 3 fase + neutro 4 módulos, ID instantáneo.

□ Interruptor a corriente diferencial residual para zonas de la casa secas y de gran potencia (BB2), 3 fase + neutro 4 módulos, ID instantáneo.

□ C_{11}- Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N. Interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulos, ID instantáneo.

□ Zona seca (BB1), de conformidad a la ITC-BT-19.

C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_6 - Circuito adicional del tipo C_1, por cada 30 puntos de luz. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_7 - Circuito adicional del tipo C_2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

□ Zona húmeda (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:

C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

C_{10}- Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 1 módulo, DPN N.

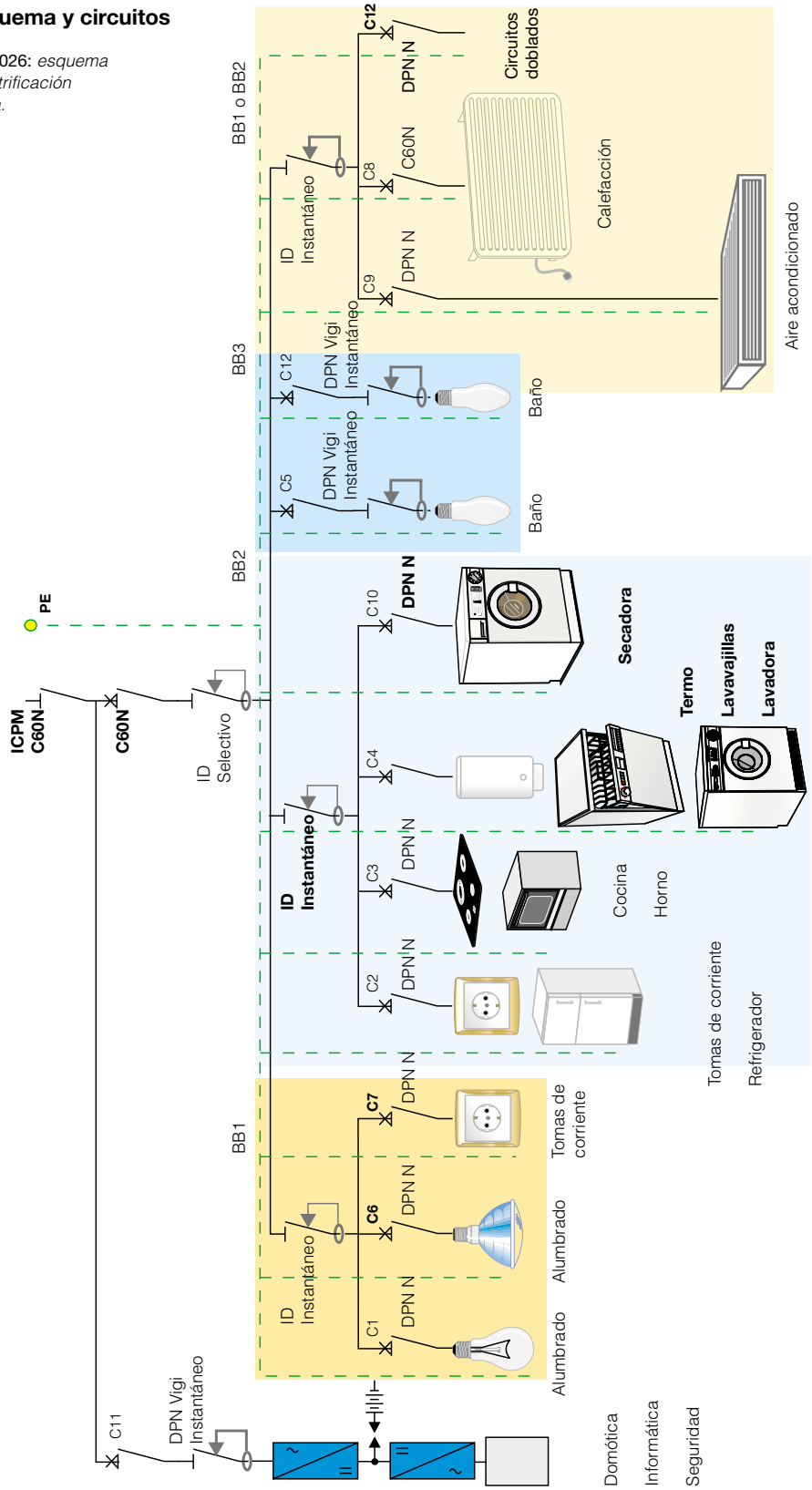
□ Zona mojada (BB3), de conformidad a la ITC-BT-27:

C5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 2 módulo, combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi, Instantáneo de 10 o 30 mA.

C12 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Interruptor automático magnetotérmico, fase + neutro 2 módulo, combinado con interruptor a corriente diferencial residual, fase + neutro 2 módulo, DPN Vigi, Instantáneo de 10 o 30 mA.

■ Esquema y circuitos

Fig. F6-026: *esquema de electrificación elevada.*



■ Zona seca (o húmeda) de gran potencia (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30:
□ C_8 - Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta. Interruptor automático magnetotérmico, 3 fases + neutro 4 módulos C60N.
□ C_9 - Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando existe previsión de ésta. Interruptor automático magnetotérmico, 3 fases + neutro 4 módulos C60N.



Fig. F6-027: *cuadro y módulos electrificación elevada.*

Sistema estanco Kaedra

La primera gama de cofrets estancos que combina 3 funciones:
■ Distribución eléctrica.
■ Alimentación.
■ Mando y señalización.
Kaedra es el primer sistema de cofres estancos Merlin Gerin que combina, en un sólo cofre o mediante asociación de varios cofres, las tres funciones básicas de una instalación eléctrica: la distribución, la alimentación y el mando.
Con su elegante e innovador diseño, sus múltiples posibilidades de asociación, su seguridad, su robustez y sus detalles que posibilitan una instalación fácil, rápida y sencilla, Kaedra se adapta perfectamente a cualquier entorno: terciarios, industriales y artesanales.
Proporcionando un:
■ grado de protección IP 65
■ grado de protección contra choques y ambientes severos IK 09.

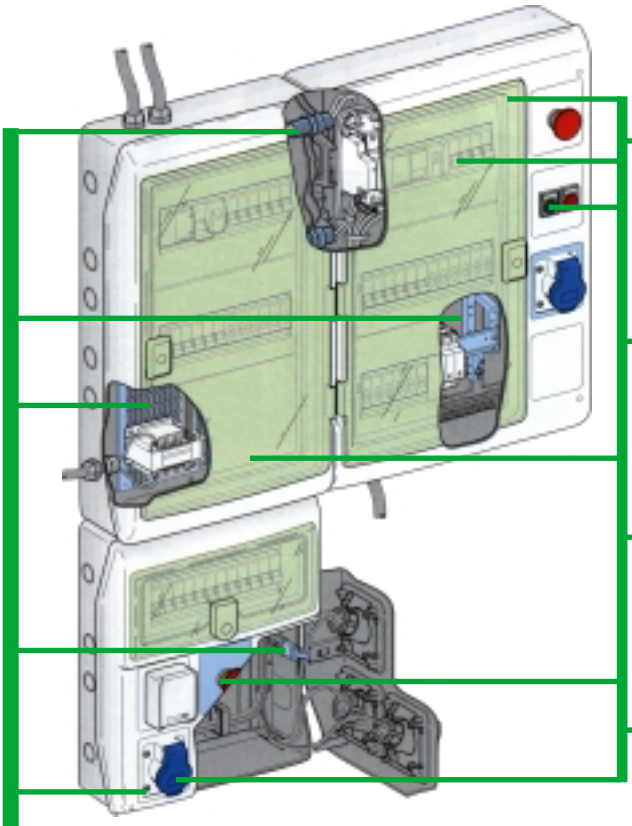
Ergonomía

Bisagras en el fondo / en la tapa frontal

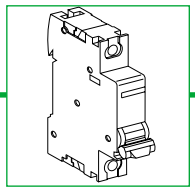
Se ecliquetan a la derecha o a la izquierda facilitando así el cableado de los cofrets que reciben tomas en la tapa frontal.
La reversibilidad de la tapas frontales permite elegir el sentido de abertura de la puerta de los cofrets para



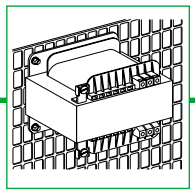
aparamenta modular. Facilitan el cableado, sobre todo en los cofrets para tomas o con pasillo lateral que reciben aparamenta en la tapa frontal.



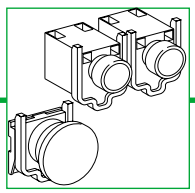
Máxima funcionalidad



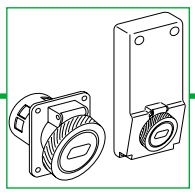
Aparamenta modular



Aparamenta no modular



Aparamenta de mando y señalización



Tomas de corriente industriales PK

Versatilidad en instalación

Un chasis desmontable



Se puede equipar y cablear fácilmente sobre una mesa. Se vuelve a montar sencillamente gracias a unos soportes que lo mantienen en su sitio y que permiten atornillarlo libremente.



Chasis regulable en altura y profundidad que permite el montaje de aparamenta de distinta profundidad.

... y visible.

El chasis se puede mecanizar para poder montar aparamenta no modular en una placa ranurada.



Placas funcionales

Permiten montar bases de diferente tamaño (u otros aparatos como pulsadores, pilotos, etc.) en una misma abertura, sin tener que realizar mecanizaciones adicionales.

Evolutivo

Asociaciones fáciles y múltiples manteniendo IP 65



Los cofrets Kaedra pueden asociarse fácilmente: mediante el lote de asociación, formado por 2 manguitos y 4 tuercas, se permite el paso de los cables y se garantiza el grado de protección IP 65 y la resistencia a los choques IK 09. Además de las numerosas configuraciones posibles, esta asociación ofrece una gran flexibilidad de extensión.

F
6

Mini cofrets Kaedra para aparamenta modular



- 1 hilera
- 3, 4, 6, 8 y 12 módulos
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para aparamenta modular



- 1 a 4 hileras
- 12 o 18 módulos por fila
- De 12 a 72 módulos
- IP 65, IK 09.
- Puerta verde transparente
- Permite el montaje de aparamenta no modular

Cofrets Kaedra para aparamenta modular con pasillo lateral



- 1 a 3 hileras
- 12 módulos por hilera
- 1, 3 o 4 posibles ext. funcionales
- Aberturas 90 · 100 mm.
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para extensiones funcionales



- 2 versiones
- Para 3 o 4 extensiones funcionales
- Aberturas 90 · 100 mm
- Se puede utilizar también como pasillo lateral para circulación de cables de derivación
- IP 65, IK 09

Mini cofrets Kaedra para tomas industriales PK



- 1 hilera y 4 módulos
- 1, 2 o 3 aberturas de 65 · 85 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para tomas industriales PK



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- 2, 3, 4, 6 u 8 aberturas de 90 · 100 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra para tomas con interruptor de bloqueo



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- 1, 2, 3 o 4 aberturas de 103 · 225 mm
- IP 65, IK 09
- Puerta verde transparente

Cofrets Kaedra tapa semiciega



- 1 hilera y 5 a 18+1 módulos
- Una zona universal
- Suministrado con placa perforada

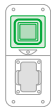
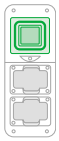
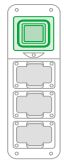
Cofrets Kaedra universales para aparamenta no modular



- 5 versiones diferentes
- 2 anchuras disponibles (340 y 448)
- 3 alturas disponibles (460, 610 y 842)
- Puerta opaca
- IK 65, IK 09
- Suministrado con placa perforada

F 6

Gama de microcofrets estancos

1 hilera	 13175	 13176	 13177	 13975	 13976	 13977	 13978	 13979
N.º de módulos	4	4	4	3	4	6	6	12
Ancho	98	98	98	80	123	159	195	267
Alto	248	310	392	150	200	200	200	200

Gama de cofrets estancos

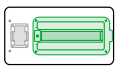
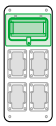
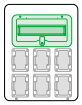
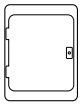
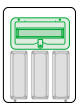
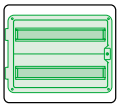
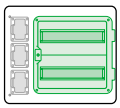
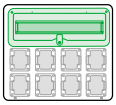
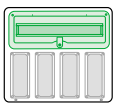
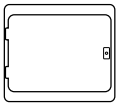
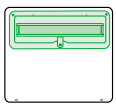
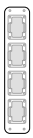
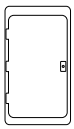
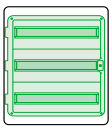
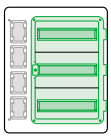
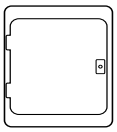
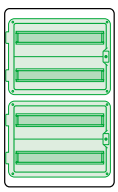
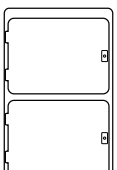
mm	138 5 módulos	236 8 módulos	340 12 módulos por hilera	12 + 1 módulos	448 18 mód. por hilera (12 mód. con pasillo lateral)	18 + 1 módulos
280			 13981		 13982  13990	
335				 13180  13191		
460	 13178  13993  13185  13189	 13179  13186  13190	13983	 13161  13195  13187  13192	 13984  13991	 13162  13188  13197  13193
610	 13994		 13985	 13196	 13986  13992	 13198
842					 13987	 13199

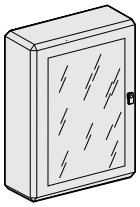
Tabla F6-028: *de elección de elementos Kaedra.*

A través de 39 referencias, **Kaedra** le ofrece la posibilidad de realizar multitud de configuraciones hasta 125 A, combinando cualquier tipo de función, de una gama que unifica prestaciones y estética, para conseguir un conjunto que se integra perfectamente en cualquier tipo de entorno.



Sistema funcional Prisma G

El sistema funcional Prisma G permite realizar todo tipo de configuraciones de cuadros de distribución de baja tensión, general, distribución o terminal hasta 630 A, en terciario o industrial.
Los mismos componentes de instalación de la aparamenta, de distribución de corriente, de circulación del cableado, etc., se instalan en los 2 tipos de envolventes según el tamaño del cuadro y la forma de instalación.



Los cofrets Prisma G:
- IP 30-5, 40-7, 37-7,
- envolventes desmontables,
- asociables en altura y en anchura,
- pasillo lateral de anchura 200 mm,
- asociable en altura y en anchura,
- 6 alturas de 200 a 1.200 mm,
- anchura de 550 mm.

Los armarios Prisma GX:

- IP 30-5, 40-7, 43-7,
- envolventes desmontables,
- asociables en anchura,
- asociables en altura con un cofret,
- pasillo lateral de anchura 300 mm,
- 2 alturas: 1.550 y 1.850 mm,
- anchura de 550 mm.



Características generales

Material

Prisma G, GX, chapa de acero, tratamiento anticorrosión, espesor de 1 mm.
Tratamiento superficial.
Revestimiento anticorrosión, resina epoxi, polimerizado al calor, color beige Prisma.

Accesorios

Todos los componentes aislantes son autoextinguibles según CEI 695.2.2
Autoextinguibilidad a 960 °C, 30 seg para los soportes de piezas bajo tensión.

Realización del equipamiento

El montaje de los componentes de los cuadros eléctricos funcionales Prisma permite realizar equipos conformes a las normas CEI 439.1, UNE-EN 60439.1, con las características eléctricas siguientes:

- Tensión asignada de empleo hasta 1.000 V.
- Tensión asignada de aislamiento 1.000 V.
- Corriente nominal 630 A.
- Corriente asignada de cresta admisible 53 kA.
- Corriente asignada de corta duración admisible 25 kA eff durante 0,6 seg.
- Frecuencia 50/60 Hz.

Composición sistema funcional Prisma G

Cofret Prisma G

El sistema permite confeccionar el cofret adecuado a la necesidad, tanto en grado de protección como en volumen.

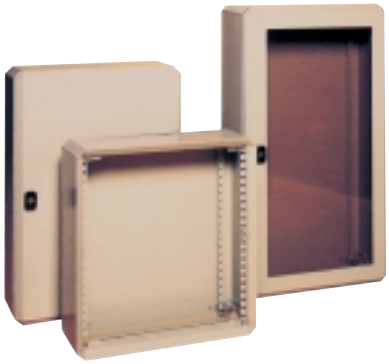


Fig. F6-029: *cofret Prisma G.*

- Composición:

□ IP 305.

– Un fondo compuesto por: 2 montantes soporte de placas, taladrados en módulos de 50 mm. 2 filas de pretroquelados 80 · 80 al paso de 200, para el paso de cables posterior.

– 4 pilares simple esquina.
– 2 laterales y una cara superior, con pretroquelado, para facilitar el corte, para el paso de los cables en las asociaciones de cofrets.
– 1 cara inferior con placa pasacables aislante.
– Tornillería de fijación de las placas soporte y las tapas.
Los laterales, así como caras inferior y superior, son intercambiables.
□ IP 407:
– Cofret IP 305 + puerta plena o transparente en vidrio templado, suministrada con cerradura y llave n.º 405.
□ IP 437:
– Cofret IP 407 + lote de estanqueidad.

IP 347 cofret + puerta { Plena / Transparente } + Lote de estanqueidad

IP 407 cofret + puerta { Plena / Transparente }

IP 305 cofret



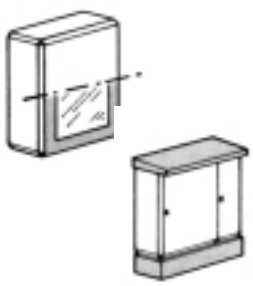



Pasillo lateral

Puerta pasillo lateral


Tejado y zócalo cofret


Tejado y zócalo cofret + lateral

Cofrets sin pasillo lateral						
Capacidad en módulos de 50 mm	H · A · P	Cofret	Puerta plena	Puerta transparente	Lote (1) estanqueidad	
3	200 × 550 × 200	09001	09031	09041	09057	
7	400 × 550 × 200	09002	09032	09042	09057	
11	600 × 550 × 200	09003	09033	09043	09057	
15	800 × 550 × 200	09004	09034	09044	09057	
19	1000 × 550 × 200	09005	09035	09045	09057	
23	1290 × 550 × 200	09006	09036	09046	09057	

Complementos cofrets con pasillo lateral							
Capacidad en módulos de 50 mm	H · A · P	Puerta pasillo lateral + tapa	Puerta pasillo lateral	Cofret tejado	Zócalo	Cofret + pasillo lateral	
						tejado	zócalo
3				09065	09062		
7	400 × 200 × 200	09022	09072	09065	09062	09066	09063
11	600 × 200 × 200	09023	09073	09065	09062	09066	09063
15	800 × 200 × 200	09024	09074	09065	09062	09066	09063
19	1000 × 200 × 200	09025	09075	09065	09062	09066	09063
23	1290 × 200 × 200	09026	09076	09065	09062	09066	09063

Tabla F6-030: *componentes cofrets Prisma G.*

Armario Prisma GX:

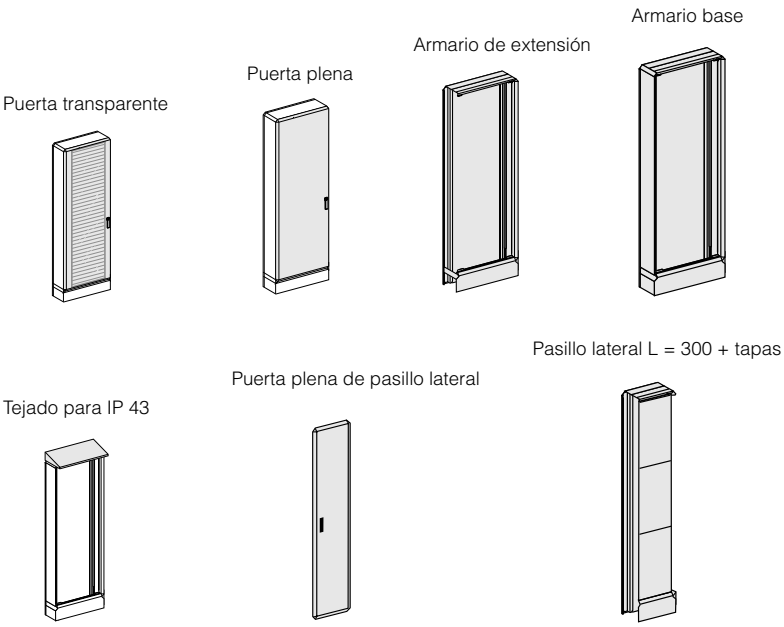


Fig. F6-031: *armarios Prisma GX con y sin pasillo lateral.*

■ Aplicación.
El armario Prisma GX es una envolvente modular y asociable.
Suministrado en kit, permite realizar cuadros de distribución hasta 630 A para edificios terciarios e industriales. Es muy indicado particularmente para aplicaciones con una gran mayoría de aparamenta modular (hasta 9 carriles DIN con aparato de cabecera).
■ Material.
Chapa de acero con tratamiento anticorrosión, espesor 1 mm.
■ Tratamiento superficial.
Revestimiento interior y exterior en resina epoxi, color beige Prisma.
■ Grado de protección:
□ IP 30.5: cofret (o pasillo lateral) + tapa.
□ IP 40.7: cofret (o pasillo lateral) + puerta (o pasillo lateral).
□ IP 43.7: cofret (o pasillo lateral) + puerta (o pasillo lateral) + lote de estanqueidad + tejado.
■ Composición del armario de base:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes, soporte de placas, taladrados cada 25 mm.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 2 paredes laterales.
□ 1 placa pasacables superior en material aislante, fácilmente mecanizable.
■ Composición del armario de extensión:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes soporte de placas, taladros cada 25 mm.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 1 placa pasacables superior en material aislante, fácilmente mecanizable.
□ 3 pilares de ángulos dobles para la asociación con el armario de base.
□ 2 largueros para dar rigidez a la asociación con el armario de base.
■ Composición del pasillo lateral:
□ 1 fondo compuesto por 2 montantes soportes de placas, taladrados cada 25 mm para instalar placas perforadas, escalas de cables, juego de barras para conexión de borneros, aparamenta Compact o Interpact.
□ 1 zócalo integrado de altura H = 150 mm.
□ 3 pilares de ángulos dobles para la asociación con el armario base o de extensión.

□ 1 placa pasacables superior de material aislante de gran tamaño con pretroqueles para facilitar el mecanizado.
■ Opciones:
□ Puerta plena o transparente para el armario y puerta plena para el pasillo lateral.
□ Tejadillo.

Componentes



Armarios Prisma GX									
Capacidad de módulos de 50 mm	H · L · P	Armario base	Armario de ex-tensión	Puerta plena	Puerta trans-parente	Pasillo lateral L + 300 + tapa	Puerta plena pasillo lateral	Tejado para IP 43 armario	Tejado para IP 43 armario + pasillo lateral
27	1550×550×200	09007	09017	09037	09047	09027	09077	09065	09067
33	1850×550×200	09008	09018	09038	09048	09028	09078	09065	09067

Tabla F6-032: *componentes armarios Prisma GX.*

Accesorios

Lote de estanqueidad IP 43 09057 × 2.

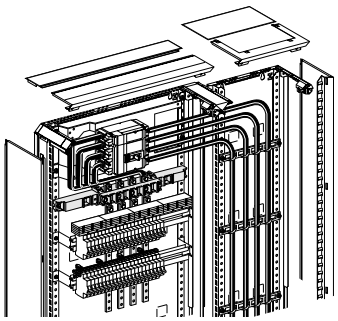


Fig. F6-033: *escalas de cables en el armario y pasillo lateral de 300 mm.*

F 6

Fijación de los cables

Escalas de fijación de cables:

Para armario	07326
Para pasillo lateral	07328

Placas pasacables suplementarias:

Para armario de base y extensión	07510
Para pasillo lateral	06819

Aparatos		Módulos, placas soporte y tapas			
		Cantidad por fila	N.° de módulos verticales ocupados (H=50 mm)	Perfil multifix	Tapa perforada
Multi 9+Multiclip	1 fila Multi 9 (48 pasos) todos los tipos de conexión. Para circulación de cables: brazaletes H = 30 o 60	48 pasos	4	07501	07814 (1)
Multi 9+Peines	1 fila Multi 9 (48 pasos) conexión por peines o cables. Para circulación por cables: brazaletes H = 30	48 pasos	3	07501	07813 (1)

Tabla F6-035: *tabla de las fijaciones para aparamenta Multi 9.*

Placas para instalación de un aparato de cabecera en pasillo lateral:

NS 100/250	07540
NS 100/250 Vigi	07540
NS 400/630	07541
NS 400/630 Vigi	07541
IN 125/160T	07542

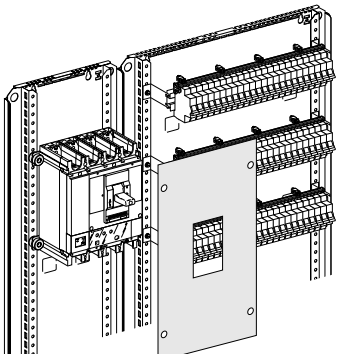


Fig. F6-036: *placas especiales de pasillo para la fijación de interruptores automáticos Compact NS.*

Placas para instalación de un aparato					Módulos, placas soporte y tapas aparato					Conexión aparato al juego de barras		
	denominación	sentido de montaje H: hori. V: vert.	cantidad por fila	n.º de módulos verticales H = 50 mm	placa soporte	tapa perforada	tapa superior	tapa interior	módulos supl.	conexiones prefabricadas	tapa plena
interruptor automático Compact NSA	160 A, modular, fijo, conexión anterior, fijación perfil simétrico, mando maneta										
	NSA 125 NSA 160	V	4 tri, 3 tetra	4	07502	07814					
	Vigi NSA 125/ Vigi NSA 160	V	2 tri, 1 tetra								
interruptor automático Compact NS	100 a 160 A, fijo, conexión anterior										
	NS 100/160 maneta	H	1	4	07515	07824			2	07033	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3tetra	6	07516	07853		07801			
	NS 100/160 rotativo	H	1	4	07517	07827			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	6	07517	07853		07801			
	NS 100/160 eléctrico	H	1	4	07518	07827			2	07033	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3 tetra	6	07518	07853		07801			
	Vigi NS 100/160 maneta	H	1	4	07515	07852			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07516	07854		07801			
	Vigi NS 100/160 rotativo (1)	H	1	4	07517	07855			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07517	07964		07801			
	Vigi NS 100/160 eléctrico (1)	H	1	4	07518	07855			2	07033	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	8	07518	07964		07801			
	250 A, fijo, conexión anterior										
	NS 250 maneta	H	1	4	07515	07824			2	07034	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3tetra	9	07516	07853	07802	07802			
		V	1	9	07516	07853	07802	07802		07037	
	NS 250 rotativo	H	1	4	07517	07827			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	9	07517	07853	07802	07802			
		V	1	9	07517	07853	07802	07802		07037	
	NS 250 eléctrico	H	1	4	07518	07827			2	07034	07802
		V	4 bi, 4 tri, 3 tetra	9	07518	07853	07802	07802			
		V	1	9	07518	07853	07802	07802		07037	
	Vigi NS 250 maneta	H	1	4	07515	07852			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07516	07854	07802	07802			
		V	1	11	07516	07854	07802	07802		07037	
	Vigi NS 250 rotativo (1)	H	1	4	07517	07855			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07517	07964	07802	07802			
	Vigi NS 250 eléctrico (1)	H	1	4	07518	07855			2	07034	07802
		V	3 bi, 3 tri, 3 tetra	11	07518	07964	07802	07802			
inversor manual NS	100 a 250 A, fijo, conexión anterior, mando rotativo										
	NS 100/250 Vigi NS 100/250	V	1	10	07513	07954	07802	07803			

Tabla F6-034: *tabla de las fijaciones para aparamenta de protección.*

Fijación mural del cuadro:

4 patas de fijación mural	09052
2 cáncamos de elevación	09070

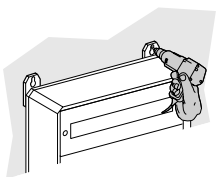


Fig. F6-037: *orejas de fijación mural.*

Fijación de aparamenta

Placas perforadas:

Para armario de base y de extensión	09055
Para pasillo lateral	09054

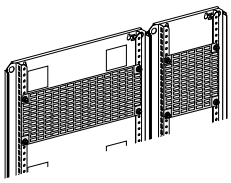


Fig. F6-038: *placas perforadas en el armario y en el pasillo lateral de 300 mm.*

Borneros:

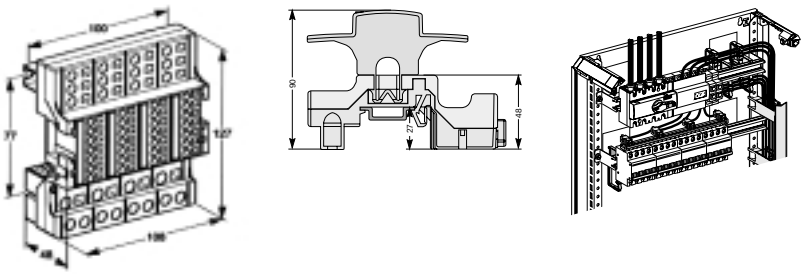


Fig. F6-039: *Distribloc 125/160 A.*

■ Distribloc 125/160 A:

Bornero tetrapolar totalmente aislado.

□ Instalación:

– Sujeción por carril multifix o simétrico. La estética de la cara delantera (altura de 45 mm) permite integrarse perfectamente en una fila de aparellaje modular.

– Atornillado en placa plena o perforada.

□ Conexión:

– Llegada.

Con un cable flexible de 35 o rígido de 50 para Distribloc 125.

Con una conexión prefabricada montada en el Distribloc 160. Se adapta particularmente a la conexión de un interruptor INS 100/160 instalado a derecha o izquierda.

– Salida (Distribloc 125/160) mediante una fijación por resorte para cables flexibles: (2 · 10 Ø) + (3 · 6 Ø) + (7 · 4 Ø) + (1 · 16 Ø) o (1 · 25 Ø rígido).

□ Características eléctricas:

– Tensión de aislamiento asignada: 690 V.

– Corriente de cresta admisible: Icc = 17 kA.

– Conforme a las normas de aparamenta de BT UNE-EN 60947.7.

■ Bornero escalado 125 A:

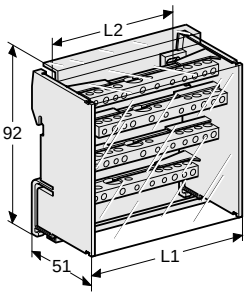


Fig. F6-040: *bornero escalado de 125 A.*

- Incorpora la tapa aislante.
- Fijación sobre carril multifix y carril simétrico; sujeción sobre placa perforada.
- Tensión de aislamiento: 500 V.
- Corriente de corta duración admisible: Icc = 3,5 kA eff / 1 seg.
- Corriente de cresta admisible: Icc = 20 kA.

Bornero hasta 125 A (40 °C)	**Ref.**
4 · 10 bornes (5 · 10 Ø + 4 · 16 Ø + 1 · 35 Ø)	13512
4 · 17 bornes (8 · 10 Ø + 8 · 16 Ø + 1 · 35 Ø)	13514

Dimensiones de los borneros	**Ref.**	**L_1**	**L_2**
	13512	88	125 mm
	13514	68	105 mm

La sección está indicada para cables rígidos.

Bornero Polybloc 160/250 A

Borneo de reparto Merlin Gerin, para efectuar las conexiones con cable. Especialmente indicado para instalar con los aparatos Compact e Interpact.

Polybloc 160 A (40 °C)	6 salidas	07100
Polybloc 250 A (40 °C)	9 salidas	07101
Polybloc 250 A (40 °C)	12 salidas	07102

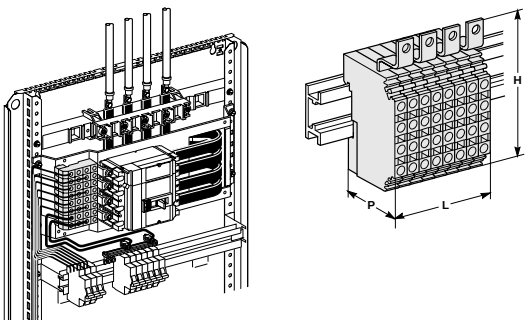


Fig. F6-041: *bornero Polybloc de 160/250 A.*

■ Conexión aguas arriba:
□ Directamente sobre los bornes de los aparatos Compact NS hasta 250 A e Interpact hasta 160 A.
□ Para cable 70 Ø flexible, con terminal o con un conector de 70 Ø.
■ Conexión aguas abajo:
□ Cables hasta 10 Ø flexibles o rígidos, sin terminal. En cada salida sólo se puede conectar un cable.
□ Conexión sin tornillo, fijación mediante resorte insensible a las vibraciones y a las variaciones térmicas.
□ La conexión se efectúa rápidamente, en todo momento se puede proceder a un reequilibrado de las fases.
■ Instalación:
□ Directamente sobre los bornes de los aparatos Compact NS 100/250 o Interpact IN 125/160T.
□ Sobre carril multifix o simétrico.
□ Características eléctricas: tensión aislada de aislamiento: 750 V.

Dimensiones de los borneros			
	07100	07101	07102
H	135	135	135
L	144	216	288
P	45	45	45

Tabla F6-042: *tabla de las dimensiones de los borneros Polybloc.*

Bornero escalado 160/250/400 A

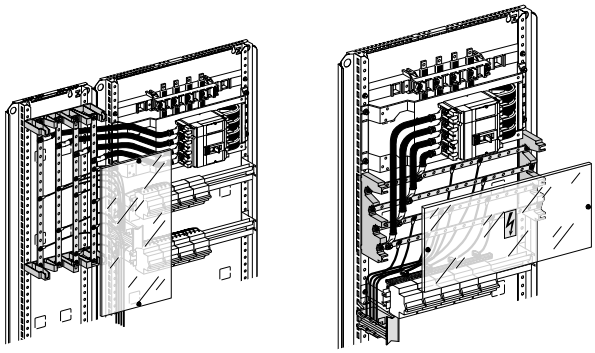


Fig. F6-043: *bornero escalado de 160/250/400 A.*

Bornero de repartición escalado (15 salidas por fase) que se instala horizontalmente en la zona de aparamenta o bien verticalmente en el pasillo lateral del armario Prisma GX.
■ Está constituido por:
□ 2 soportes escalados aislantes.
□ 4 barras de cobre orientadas, taladradas cada 25 mm:
– 14 taladros M6.
– 4 taladros 6,2.
■ Se sirve con:
□ 1 bolsa de tornillería M6.
□ 1 tapa aislante para la cara frontal:
Bornero 160 A (40 °C) (ref. 07057)
Bornero 250 A (40 °C) (ref. 07058)
Bornero 400 A (40 °C) (ref. 07059)

■ Características:
□ Entrada:
- Con cables de 16 mm² a 50 mm² con terminales.
- Con fleje 20 · 2 para NS 100/160.
- Con fleje 20 · 3 para NS 250.
- Con fleje 32 · 5 para NS 400.

□ 15 salidas por fase 50 mm² máximo.
□ Corriente de cresta admisible: Icc.

30 kA para bornero 160 A (ref. 07057)
30 kA para bornero 250 A (ref. 07058)
53 kA para bornero 400 A (ref. 07059)

Juego de barras verticales 160, 250, 400 A:

■ Juego de barras.

Se compone de soportes totalmente aislados, fijados en los montantes funcionales y que admiten 4 barras de sección 15 · 5 (160 A), 20 · 5 (250 A), 32 · 5 (400 A). Es posible montar una quinta barra como colector de tierra de sección 15 o 20 · 5 mm.

Las barras están taladradas para el paso de tornillos de M6, a distancias de 25 mm, para facilitar las conexiones a toda la altura del cuadro.

■ Soporte de barras.

Soporte de barras 3P + N + T	07025

■ Barras de cobre.

Longitud	Sección	Ref.
4 barras L = 1.000	15 · 5 (160 A)	07021
	20 · 5 (250 A)	07022
	32 · 5 (400 A)	07023
4 barras L = 1.400	15 · 5 (160 A)	07017
	20 · 5 (250 A)	07018
	32 · 5 (400 A)	07019
Tornillería de 8 · 8 para barras de cobre		
40 tornillos M6 · 16		07027

Fig. F6-044: *juego de barras verticales 160, 250, 400 A.*

Intensidad admisible (A)	Sección de las barras (mm²)	Entreejes de los soportes (1) en función de la Icc en kA eff / 1 seg				
		10	13	15	20	25
160	15 · 5	450				
250	20 · 5		450	450		
400	32 · 5			450	300	225

Fleje de cobre aislado
L = 1.750 mm, con recubrimiento aislante.

Sección	I máx. (A) a T = 35 °C	Ref.
20 · 2	275	07071
20 · 3	300	07070
24 · 5	490	07073
24 · 6	550	07076
32 · 5	630	07074
32 · 8	800	07075

Tornillería tipo 8/8 resiste el par de apriete propuesto por Merlin Gerin (2,8 Nm para la tornillería de M8), y asegura una excelente fijación en el tiempo sin aflojarse.

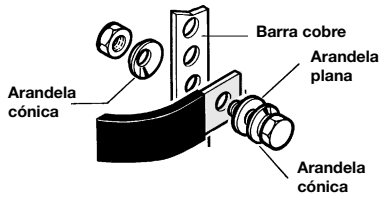


Fig. F6-045: *fleje de cobre aislado.*

Protección anticorrosión (Zn 8c).

Juego de 20 tornillos con 2 arandelas cónicas y 1 arandela plana	
M8 · 20	07028
M8 · 25	07029
M8 · 30	07044

Para conexión del fleje a las barras de cobre.
Características eléctricas:
Tensión asignada de aislamiento: 1.000 V.

Accesorios del juego de barras colector tierra/neutro:
■ Accesorios.

Tapa de protección de la conexión H = 100, L = 470	07330

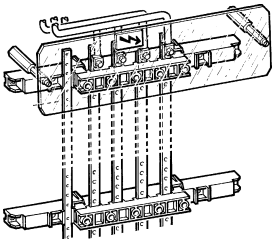


Fig. F6-046: *tapa de protección.*

Tapa aislante que evita el contacto directo en el punto de conexión de los bornes con el juego de barras (en cara delantera del cuadro).

4 escuadras de enlace (250 A)	07045

Para realizar la conexión de 2 juegos de barras en el fondo del cofret.
□ Conectores.

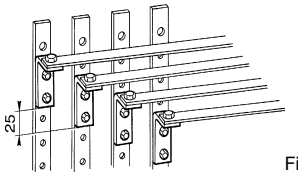


Fig. F6-047: *escuadras de enlace entre juegos de barras.*

4 conectores	180 A	70 mm^2	07051
	250 A	185 mm^2	07052
	400 A	300 mm^2	07053

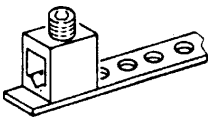


Fig. F6-048: *bornes y conectores.*

Incorporan la tornillería que permite fijarlos en el extremo de las barras de cobre en los taladros hechos para esta función.
■ Colector tierra/neutro:
□ Compuesto por:
1 conector 35 mm^2.
2 entreejes aislados para realizar un colector de neutro.
La tornillería de fijación.

Colector T/N 40 salidas entreejes de fijación: 450 mm	07047

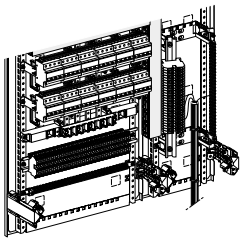


Fig. F6-049: *colector tierra/neutro.*

□ Instalación Prisma G:
Directamente en posición horizontal, en el fondo de los cofrets y armarios funcionales Prisma G.
Verticalmente en el pasillo lateral del

Prisma GX, con los soportes	07548
colector T/N 20 salidas entreejes de fijación: 200 mm	07067

□ Instalación Prisma GX:

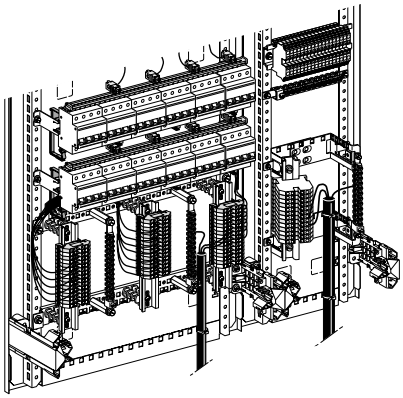


Fig. F6-050: *colector tierra/neutro.*

Directamente en posición horizontal, en los montantes funcionales del pasillo lateral del Prisma GX.
Verticalmente en el pasillo lateral del armario Prisma GX, con los soportes 07548.
Verticalmente en los cofrets o armarios funcionales Prisma G, instalados en el soporte de bornes 07558.

Juego de barras en el pasillo lateral, juego de barras escalado:

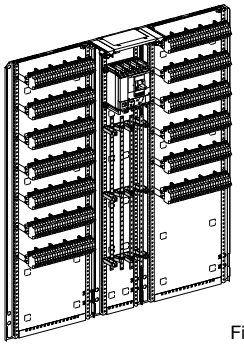


Fig. F6-051: *juego de barras escalonado en el pasillo lateral.*

■ Todos los puntos de conexión son directamente accesibles por delante.
■ Es particularmente interesante para repartir la corriente entre 2 armarios yuxtapuestos a cada lado del pasillo lateral.
■ Está formado por:
□ Soportes escalonados de material aislante (entreejes de los soportes: ver cuadro interior).
□ 4 barras de cobre taladradas para tornillos de M6 cada 25 mm permiten repartir la corriente en toda la altura del cuadro. Están orientadas para facilitar el conexionado de los cables.

En los extremos de las barras hay un taladro de 8,2 mm para la alimentación.
□ 1 tapa aislante frontal que evita el contacto directo.
■ Elección de las referencias:

1 soporte de barras escalado		07068
4 barras L = 1.000	15 · 5 (160 A)	07021
	20 · 5 (250 A)	07022
	32 · 5 (400 A)	07023
4 barras L = 1.400	15 · 5 (160 A)	07017
	20 · 5 (250 A)	07018
	32 · 5 (400 A)	07019
Tapa frontal para el juego de barras L = 1.500 mm		07069

■ Conexión:
□ Para cables flexibles de 16 mm² a 50 mm² con terminales.
□ Con fleje 20 · 2 para NS 100/160.
□ Con fleje 20 · 3 para NS 250.
□ Con fleje 32 · 5 para NS 400.

Intensidad admisible (A)	Sección de las barras (mm²)	Entreejes de los soportes en función de la Icc en kA eff / 1 seg				
		10	13	15	20	25
160	15 · 5	450				
250	20 · 5		450	450*		
400	32 · 5			450	300	225*

(*) el entreeje de los soportes está dado para una Icc de kA eff/0,6 seg.

Conexiones prefabricadas

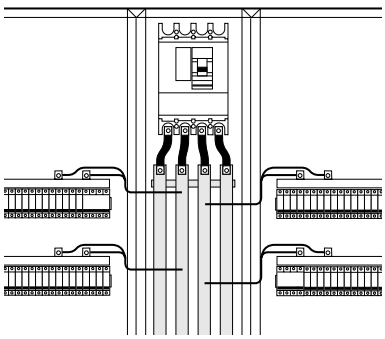


Fig. F6-052: *conexiones prefabricadas.*

Para realizar la conexión eléctrica entre un aparato de cabecera instalado verticalmente en el pasillo lateral y un juego de barras o un bornero escalonado instalado verticalmente en el pasillo lateral.

■ Elección de referencias:

Tipo de aparato	Conexiones prefabricadas
NS 100/250, IN 125/160T	07064
NS 400	07065

Un sistema funcional está diseñado como un conjunto, y su comportamiento está sujeto a su correcta utilización y a la de la aparamenta que se usa.
Es obvio que los fabricantes de aparamenta y sistemas funcionales son los que pueden ofrecer las soluciones más depuradas a los problemas de ensamblaje y las soluciones más precisas a los problemas de la electrotecnia.

Soportes conexiones/brazaletes:

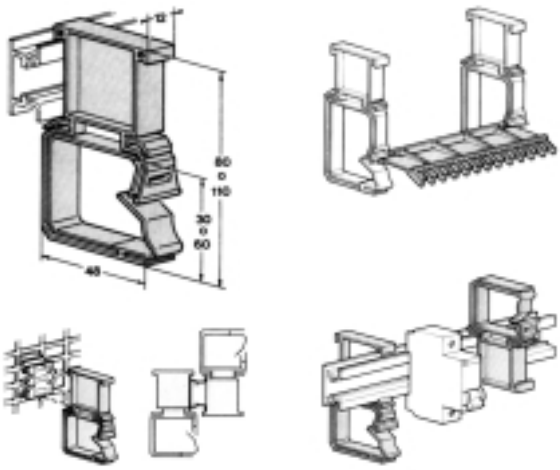


Fig. F6-053: *brazaletes para soporte de guías, en posición horizontal.*

■ Brazalete horizontal.
El brazalete horizontal se instala a presión sobre las caras anterior o posterior de perfil multifix, orientado hacia arriba o hacia abajo.
También puede fijarse sobre adaptadores Practic.
□ Ventajas.
Montado debajo del perfil, no ocupa espacio útil para la aparamenta Multi 9.

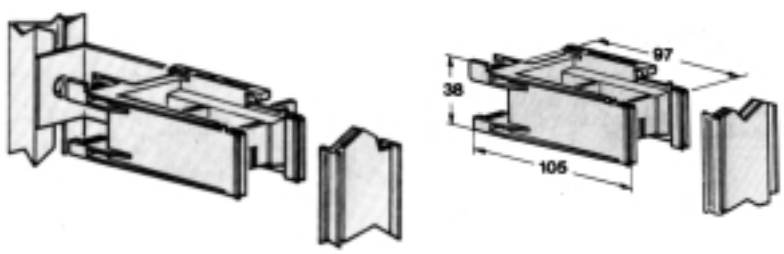


Fig. F6-054: *brazalete sobre el soporte del perfil de multifix 07501.*

F
6

Su espacio necesario en altura se reduce al mínimo.
□ Opciones.
El brazalete puede ser equipado con:
– Una guía de cables, fijada sobre los brazaletes.
– Una tapa cubrecables, que puede identificarse con los portaetiquetas.

5 brazaletes horizontales	30 · 48	07300
	60 · 48	07310
Tapa cubrecables	h = 30	07332
long = 1 fila	h = 60	07333
4 guías de cables		07302

■ Brazalete vertical.
El brazalete vertical se fija a presión sobre el montante funcional o sobre el soporte de perfil multifix.
□ Opciones.
Tapa cubrecables.

10 brazaletes verticales	07305
Tapa cubrecables, L = 1.000	07334

Escalas de cables

2 escalas de cables para cofret G	07326
4 escalas de cables para el pasillo lateral del cofret G	07327

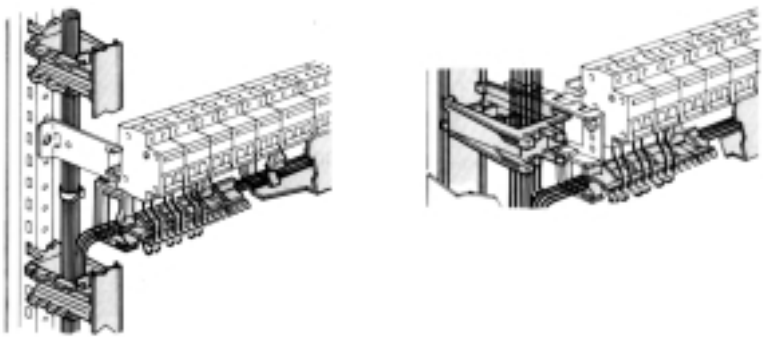


Fig. F6-055: *brazalete vertical sujeto en el montante del cofret de Prisma G 07305.*

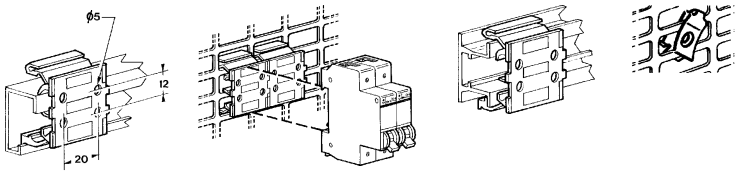


Fig. F6-056: *accesorios de fijación sobre placas perforadas.*

F
6

Accesorios de fijación para placas perforadas:

■ Piezas de adaptación Practic.

El adaptador Practic se fija por enganche sobre una placa perforada, sobre los perfiles Multifix, simétrico y asimétrico.

Puede recibir regletas, bornes, aparatos modulares, etc.

Recibe también los brazaletes del sistema Prisma y puede utilizarse como realce H = 10, ancho de 3 pasos de 9 mm.

5 adaptadores Practic	06619
29 tuercas clips M4	05114
20 tuercas clips M5	05115
20 tuercas clips M6	05116
placa soporte universal perforada H = 200	07510

Soporte de canaletas

Un soporte fijado a presión sobre el montante del fondo del cofret G o sobre el chasis de los cofrets GE y GR, permite instalar una canaleta vertical y horizontal, de tamaños distintos, sobre dos escuadras dentadas regulables individualmente, en profundidad.

La canaleta vertical, de anchura máxima 30 mm, no ocupa espacio útil de aparamenta.

La concepción del cofret Prisma G permite instalar una canaleta vertical y horizontal entre varios cofrets asociados, sin discontinuidad ni mecanizado suplementario.

10 soportes de canaletas horizontal/vertical	07320

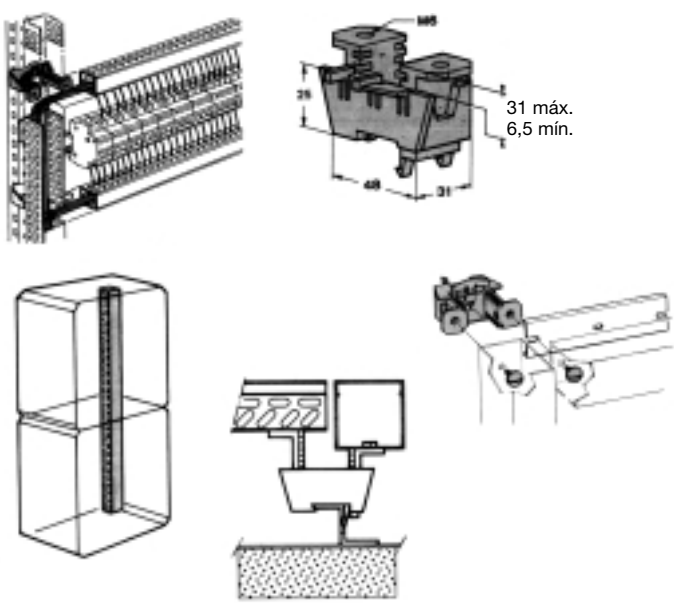


Fig. F6-057: *soporte de canaletas.*

Conexión de los bornes arriba o abajo del cofret o del armario

En carril multifix

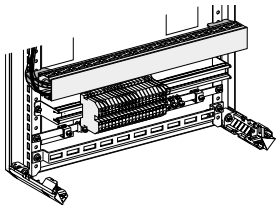


Fig. F6-058: *conexión de los bornes en carril multifix.*

Solución optimizada cuando con una fila de bornes es suficiente. Se instala arriba o abajo del armario.
■ Elección de las referencias:
□ Carril multifix:

Con 2 patas de fijación fijas L = 430	07501
Con 2 patas de fijación L = 430 regulables en profundidad y orientables	07502
Mecanizado en los extremos para fijación directa en el fondo L = 470	07551
Soporte 45° para carril multifix	07552

En soporte

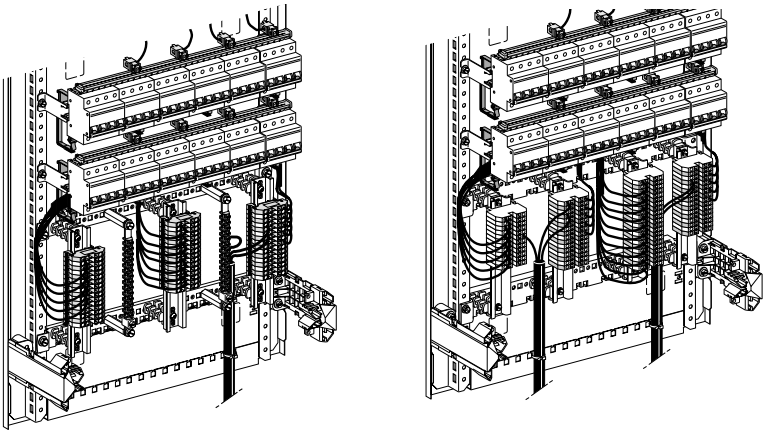


Fig. F6-059: *conexión de los bornes en soporte.*

Para instalar y conexionar fácilmente un gran número de bornes sin ocupar gran espacio en el cuadro. Particularmente interesante cuando un pasillo lateral no se puede instalar o no se justifica el hacerlo:
■ Un soporte fijado en el chasis, arriba o abajo del cuadro, está equipado con 4 carriles simétricos L = 250 mm. Se instalan en posición vertical y permiten a los cables circular libremente sin encontrar obstáculos.

■ Para mezclar bornes de diferentes secciones y permitir una conexión sencilla por delante y por el lado, el entreejes y la profundidad de los carriles es regulable.
■ Los pretroquelados de los travesaños permiten una sujeción muy sencilla de los cables.
■ Los colectores de tierra, comprados separadamente, se pueden intercalar entre las filas de bornes para permitir configuraciones como las siguientes:
□ 4 filas de bornes + 1 colector L = 450 mm.
□ 3 filas de bornes + 1 o 2 colectores de tierra L = 250 mm. Se instalan directamente sobre los travesaños del soporte, mediante unos realces vendidos aparte.
El montaje ocupa una altura de 250 mm (5 módulos verticales de 50 mm).
■ Elección de referencias:

Soporte de bornas	07558
2 colectores de tierra 20 salidas L = 250 mm	07067
Realces para sujetar el colector T/N	
H = 25 mm	02407
H = 55 mm	05056

En un cofret adicional
Permite la instalación de los bornes en una zona determinada, totalmente aislada de la zona de aparamenta.
Un cofret Prisma G "adicional" de al menos 7 módulos (350 mm), con el soporte 07558.
No importa si está situado sobre un cofret Prisma GX, ya que se utiliza un lote de asociación 09050.

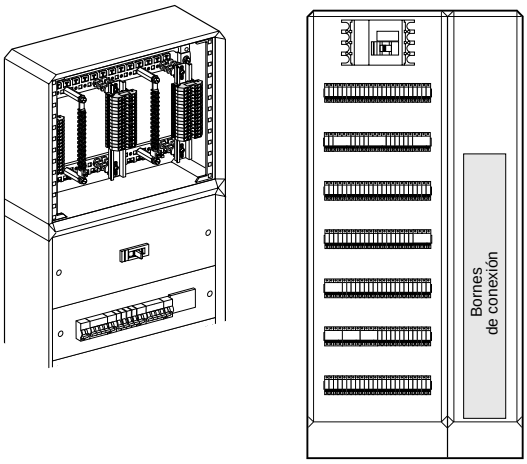


Fig. F6-060: *bornes compartimentados en un cofret adicional*:

En los pasillos laterales de Prisma G y Prisma GX
Para instalar los bornes en una zona determinada, totalmente aislada de la zona de la aparamenta.
Un carril simétrico sosteniendo los bornes y un colector de tierra, se instalan verticalmente en el pasillo lateral sobre dos soportes, fijados en los montantes.

El entreejes de fijación de los soportes es regulable en longitud, lo que permite instalarlos en un pasillo lateral de un cofret Prisma G y en el de un armario Prisma GX.
Además, están equipados con pretroquelados que facilitan la salida al exterior del cuadro de los cables embridados.
El montaje ocupa una altura de 250 mm o 500 mm según el colector de tierra utilizado.
■ Elección de las referencias:

2 soportes de carril y colector	07548
2 colectores de tierra 20 salidas entreejes de fijación: 200 mm	07067
Colector de tierra 40 salidas entreejes de fijación: 450 mm	07047
1 carril simétrico: L = 2.000 mm Ancho = 1,5 mm, H = 15 mm	06603
2 carriles multifix L = 1.750 mm	09850

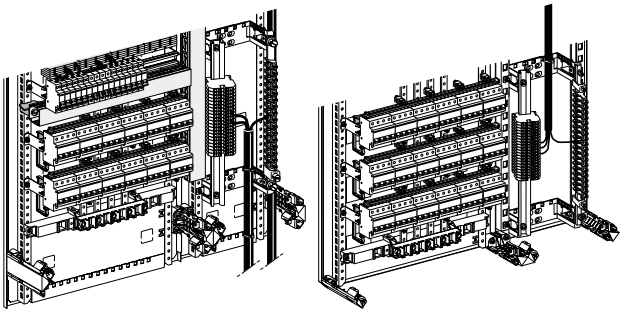


Fig. F6-061: *bornes compartimentados en un pasillo lateral.*

6.8. Los cuadros eléctricos y la CEM

Análisis

Componentes:
■ Localizar los potenciales perturbadores y determinar el tipo de perturbaciones que emiten. Definir la naturaleza, la intensidad, la frecuencia...
■ Localizar los materiales sensibles y determinar su nivel de inmunidad.
Utilizar, por ejemplo, la documentación de los fabricantes para estudiar características del tipo:
□ potencia, tensión de alimentación (380 V, 500 V...),
□ tipo de señales (~; ⎓), frecuencia de las mismas (50 Hz, 60 Hz, 10 kHz...),
□ tipo de circuito (conmutación por contacto seco...),
□ tipo de carga controlada (inductancia o bobina...).
■ Señales conducidas por los cables:
□ Localizar los cables de “entrada” (señal procedente del exterior y que entre en el armario) y de “salida”.
□ Determinar el tipo de señal conducida por dichos cables y distribuirlos por clase (*), a saber:
– sensibles,
– poco sensibles.

– poco perturbadores,
– perturbadores.
(Ver el apartado cables, F8.)

(*) Término no normativo de uso específico para este documento.

Ejemplos clásicos en la distribución	
Agentes sensibles	Agentes perturbadores
■ Autómatas programables (PLC). ■ Tarjetas electrónicas. ■ Reguladores. ■ Cables conectados a estos elementos, es decir entradas y salidas de detectores, captadores, sondas de medida... □ Clase (*) 1 o 2. ■ Cables que conducen señales analógicas. □ Clase (*) 1.	■ Transformadores del armario. ■ Contactores, interruptores automáticos... ■ Fusibles. ■ Fuentes conmutadas. ■ Convertidores de frecuencia. ■ Variadores de velocidad. ■ Alimentaciones DC. ■ Relojes de microprocesadores. ■ Cables conectados a estos elementos. ■ Líneas de alimentación. ■ Cables de “potencia” en general □ Clase (*) 3 o 4. (Ver el apartado cables, F8.)

Tabla F6-062: *tabla de elementos sensibles a la CEM y de elementos perturbadores en una instalación.*

Configuración

Plano de masa de referencia:

Ante todo, es necesario definir y montar un plano de masa de referencia de fondo de armario, sin pintar.

■ Conectar esta chapa o rejilla metálica al bastidor del armario metálico en varios puntos y éste, a su vez, a la red de masa del equipo.
■ Atornillar directamente todos los componentes (filtros...) a este plano de masa.
■ Sujetar todos los cables a este plano de masa.
■ Utilizar collarines atornillados directamente al plano de masa para reforzar los blindajes a 360° (todo el entorno).
Hacer todas estas conexiones con mucho cuidado.

Entradas de cables:

■ Filtrar los cables perturbadores en la entrada del armario.
■ Elegir con sumo cuidado los prensaestopas necesarios para garantizar la conexión del blindaje a la masa (al atravesar tabiques...).

Canalización para cables

Distribuir los cables por clases y canalizarlos utilizando canaletas metálicas diferentes y separadas una distancia adecuada. (Ver el apartado de compatibilidad electromagnética en las líneas, F7.)

Alumbrado

No utilizar lámparas fluorescentes, tubos de descarga..., para iluminar los armarios de control (generadores de armónicos...).

Utilizar lámparas de incandescencia.

Implantación de los componentes

Separar y montar los componentes, cables..., “perturbadores” y “sensibles” en armarios diferentes:

■ En armarios pequeños.
Es posible reducir la influencia de las perturbaciones montando chapas de separación conectadas en varios puntos a la masa.
■ En armarios grandes.
Asignar un armario a cada clase de componente...
Los armarios “perturbadores” y los “sensibles” deben ser diferentes y estar separados unos de otros.
No respetar estos puntos puede anular todo el esfuerzo dedicado al montaje y a la instalación.
Ejemplo de distribución de un armario pequeño:
En los armarios pequeños, montar una chapa metálica de separación atornillada al chasis puede ser suficiente.

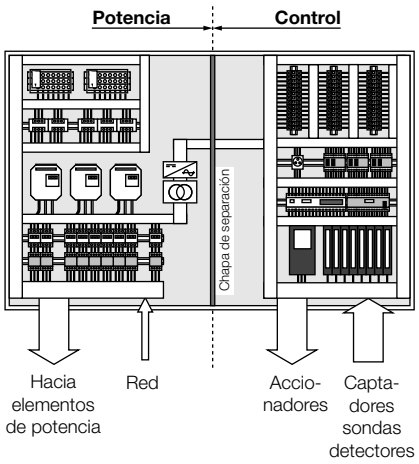


Fig. F6-063: *forma de compartimentación en un cuadro pequeño.*

Ejemplo de la distribución de un armario grande:
No mezclar los cables, enrollar el cable sobrante.

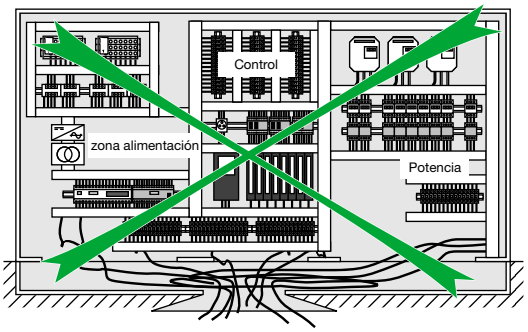


Fig. F6-064: *forma no adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro.*

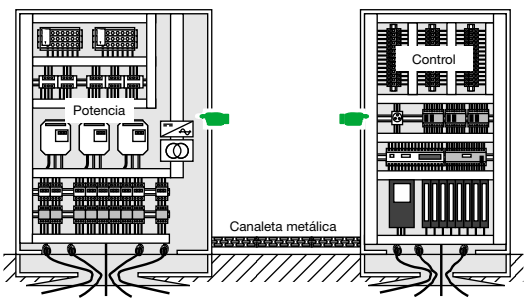


Fig. F6-065: *forma adecuada de entrada de las conducciones a un cuadro.*

F
6

Conexión de las conducciones metálicas con los cuadros

Conexión de bandejas y cuadros

Los extremos de las canaletas, tubos metálicos..., deben estar atornillados a los armarios metálicos de forma que la conexión sea adecuada.

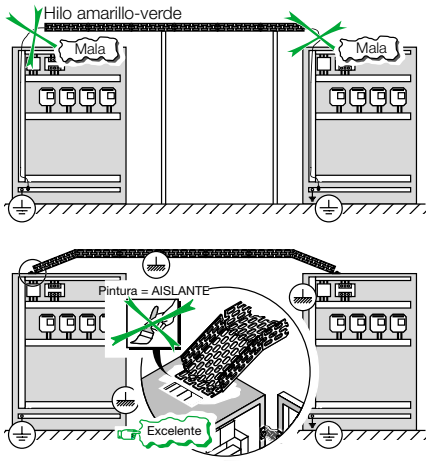


Fig. F6-066: *conexión correcta de las canaletas metálicas y los cuadros eléctricos.*

Instalación de los filtros en los cuadros

Instalación en el armario

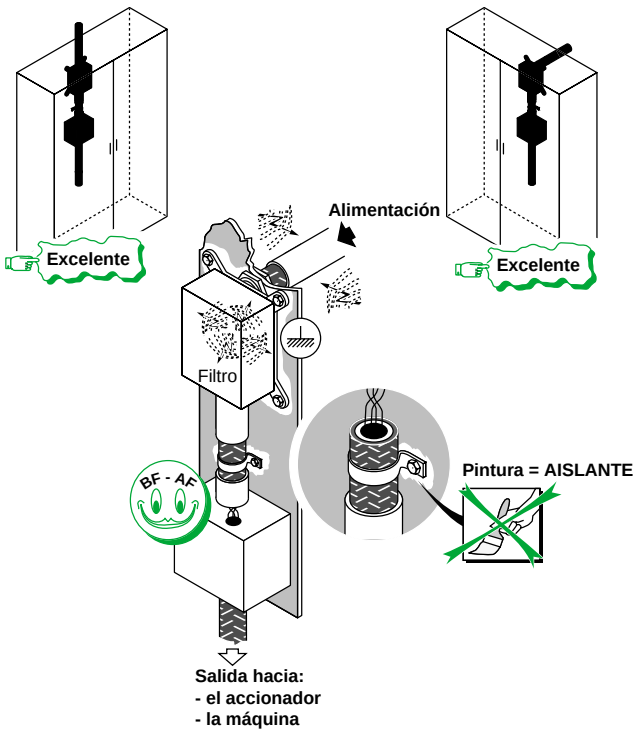


Fig. F6-067: *formas correctas de instalación de los filtros en un armario.*

Situación de la entrada y la salida de los bornes en el cuadro

El cable de entrada no debe estar junto al cable de salida.

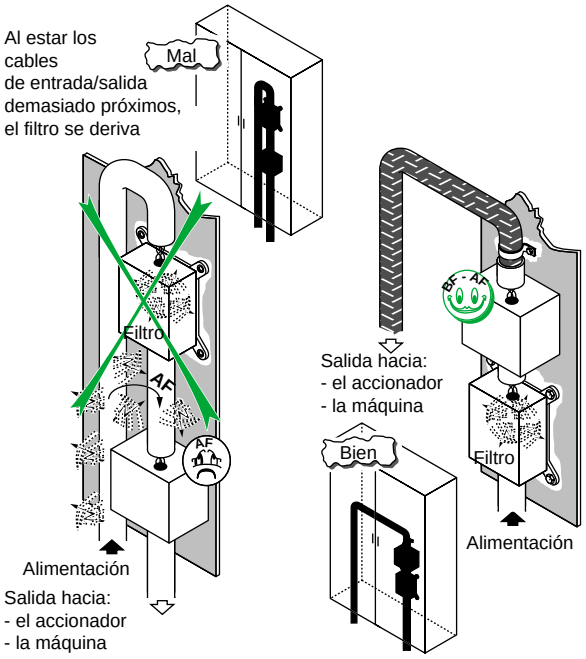


Fig. F6-068: *situación de los cables de entrada y salida de los filtros.*

Fijación de los filtros

Montar los filtros en la entrada del armario y atornillarlos al chasis o al plano de masa de fondo de armario.

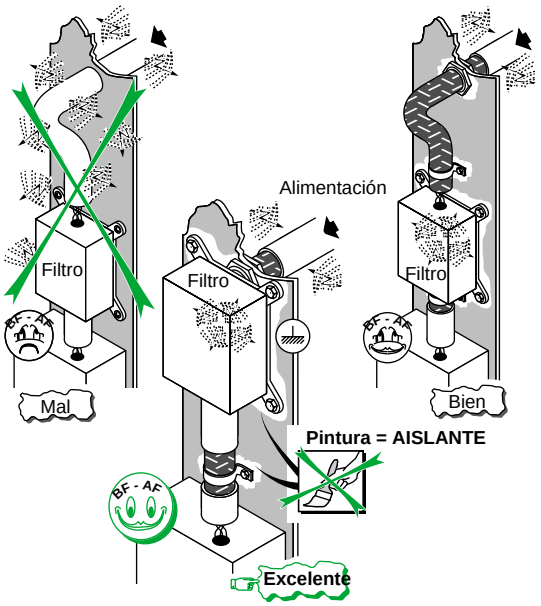


Fig. F6-069: *formas de sujeción de los filtros.*

Situación de las conexiones de los filtros
Sujetar los cables al plano de masa de referencia de fondo de armario.

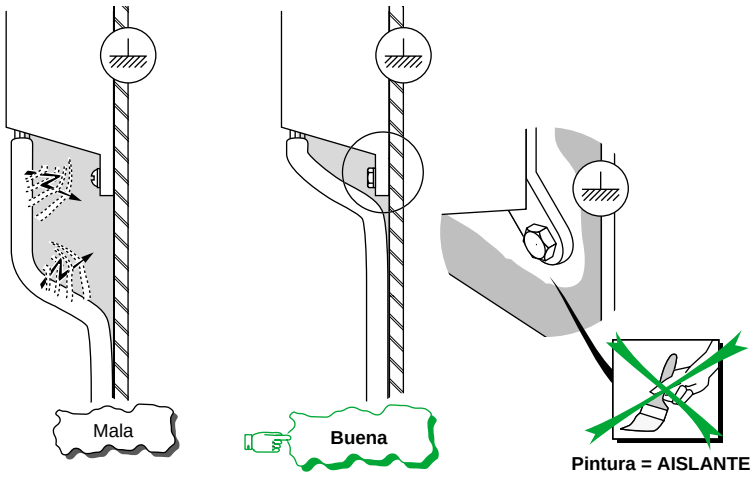


Fig. F6-070: *forma de sujeción de las conexiones.*

Red de masas en los cuadros

Equipotencialidad "BF" y "AF" del armario y sus componentes.

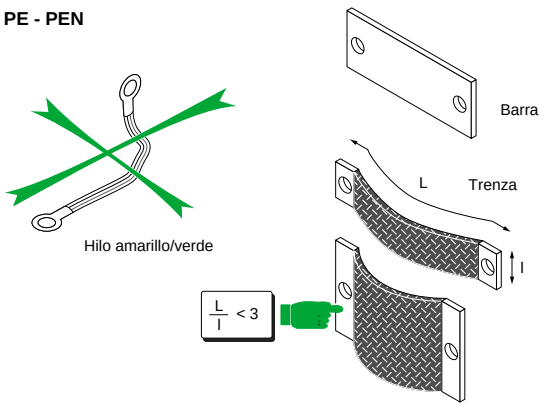
Todos los armarios deben estar equipados con una placa de plano de masa de fondo de armario:

Cuidado con las placas de fondo de armario pintadas o con cualquier otro tipo de revestimiento aislante.

■ Todas las masas metálicas de los componentes y dispositivos montados en el armario deben estar atornilladas directamente a la placa de plano de masa para garantizar un contacto metal/metal duradero y de calidad.
■ Generalmente, el hilo de tierra amarillo-verde es demasiado largo para garantizar una conexión a masa de calidad en "AF".

Interconexiones "mallado" de las masas

Equipotencialidad - Mallado - Continuidad - Seguridad CEI 364



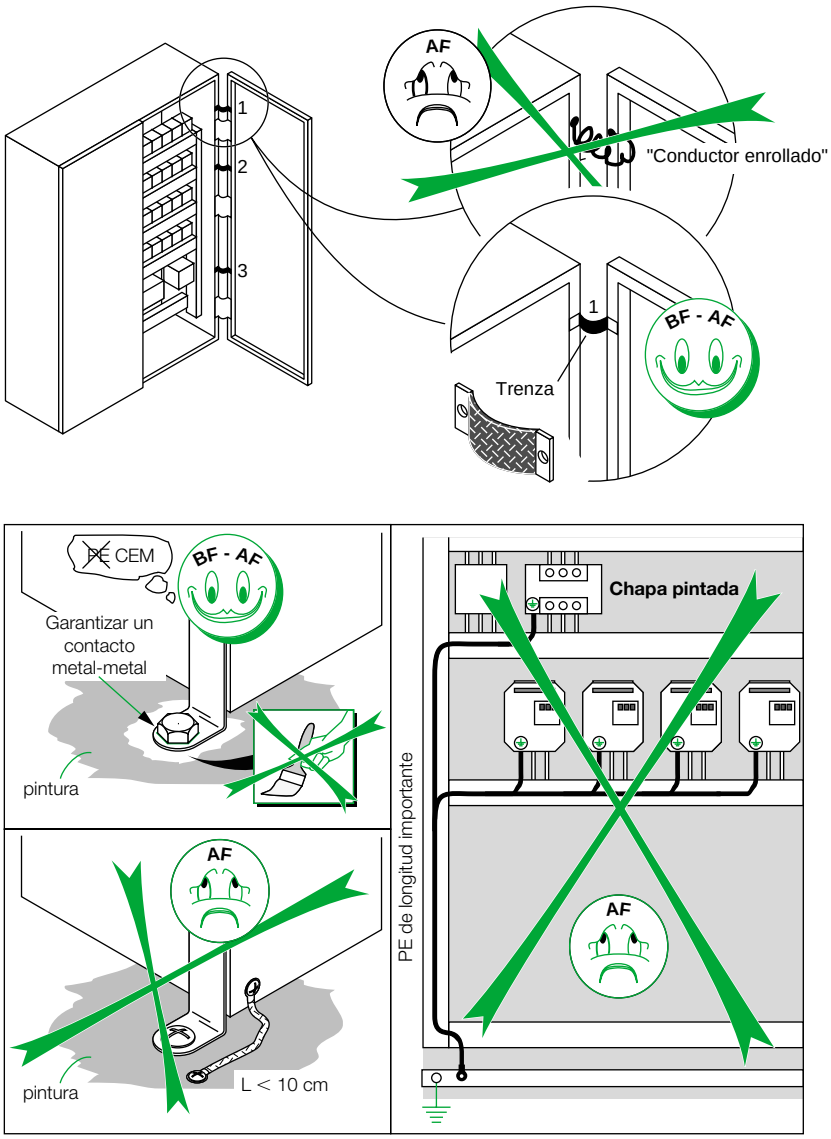


Fig. F6-071: *conexiones del circuito de masas en los cuadros, para atender la CEM.*

7. Las conducciones

Descripción

Podemos considerar dos tipos de distribuciones:

■ Las de distribución de energía, que pueden ser:
□ aéreas: con conductores desnudos o aislados
□ suberráneas: con conductores aislados en tubos o sin tubos
■ Las instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras:
□ Con conductores aislados y conducciones.
□ Con canalizaciones prefabricadas.

Las canalizaciones prefabricadas se distinguen por la fácil instalación, la flexibilidad para las modificaciones, sus facilidades para el embornado de las derivaciones, etc.

Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas

Temperatura ambiente (AA):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o más baja, y que la temperatura límite expresada no sea superada.

Para las canalizaciones prefabricadas, los límites están indicados en la UNE-EN 20.439 y las intensidades máximas de utilización las especifica el fabricante de conformidad a la norma.

■ Los elementos de las canalizaciones, incluidos los cables y sus accesorios, deben instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de temperatura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.

■ Cuando cables de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite de la canalización será la más baja de los cables.

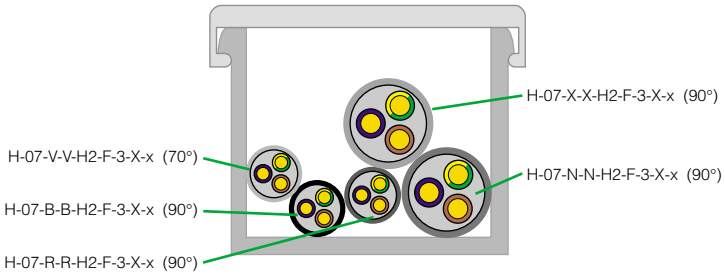


Fig. F7-001: *temperatura máxima admisible en una conducción con conductores de diferente naturaleza de aislantes.*

Fuentes externas de calor:

■ En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.

■ En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa; con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse las canalizaciones utilizando los métodos que exponemos a continuación, u otros igualmente eficaces:

□ pantalla de protección;
□ alejamiento suficiente de las fuentes de calor;
□ selección de una canalización teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse;
□ reforzamiento local o substitución del material aislante;

Nota: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:
■ de redes de distribución de agua caliente;
■ de instalaciones de aparatos y luminarias;
■ de procesos de fabricación;
■ de transmisión de calor a través de materiales conductores;
■ de recuperación del calor solar de la canalización o del medio ambiente.

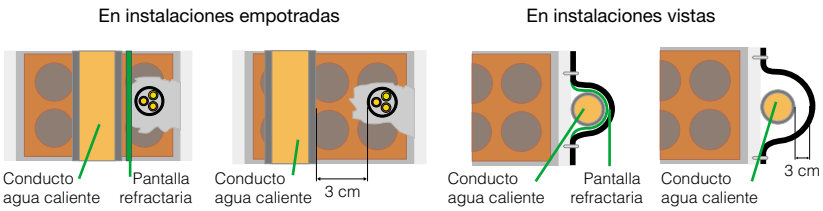


Fig.F7-002: *protección de las canalizaciones de las fuentes externas de calor.*

Presencia de agua (AD):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

Nota: En general, las cubiertas y envolventes aislantes de los cables para instalación fija pueden considerarse, si no están dañadas, como protegidas contra la penetración de la humedad. Son necesarias precauciones especiales para los cables sometidos a rociados frecuentes, inmersiones o sumersiones.

■ Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.



Fig. F7-003: *protecciones a la posible generación de condensación.*

■ Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las canalizaciones, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.

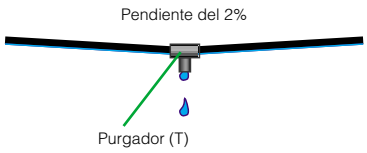


Fig. F7-004: *evacuación de la condensación no evitable.*

■ Cuando las canalizaciones pueden verse sometidas a olas (esta situación no corresponde a las canalizaciones prefabricadas) (AD 6), debe realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
□ choques mecánicos (AG);
□ vibraciones (AH);
□ otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
■ En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de polvo o de otras sustancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las canalizaciones.
Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".



Fig. F7-005: *mantenimiento de limpieza para facilitar la disipación del calor.*

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.
■ Los materiales que puedan provocar deterioros mutuos, individuales o degradaciones peligrosas no deben instalarse en contacto.

Impactos por efectos mecánicos (AG):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como, por ejemplo, choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.
■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:
□ las características mecánicas de las canalizaciones son suficientes;
□ el emplazamiento elegido está libre de posibles choques (altura);
□ la disposición de una protección mecánica complementaria, local o general;
□ o la combinación de estas medidas.

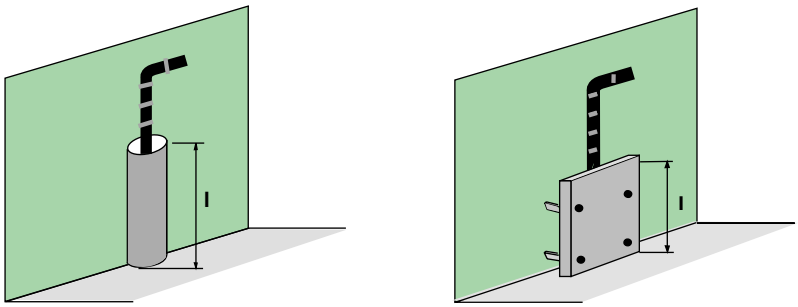


Fig. F7-006: *protección de los conductores o conducciones en zona con peligro de impactos.*

Vibración (AH):

■ Las canalizaciones, soportadas o fijadas en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3), deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y conexiones.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales como, por ejemplo, cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos suspendidos, tales como las luminarias, deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o vibraciones, se pueden utilizar conductores rígidos.

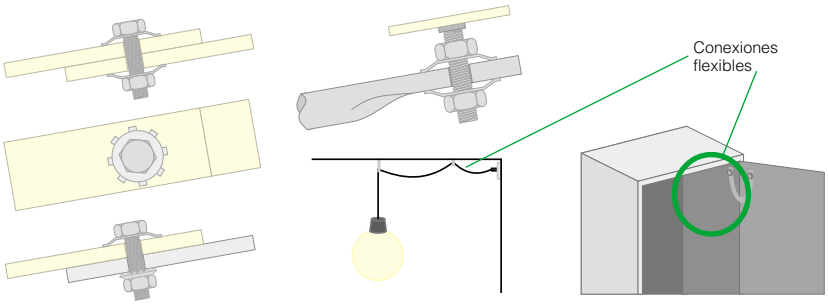


Fig. F7-007: *arandelas antivibratorias, conexiones flexibles.*

Otros esfuerzos mecánicos (AJ):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las cubiertas y al aislamiento de los conductores aislados, de los cables y de los terminales de éstos.

■ Los tubos y conductos de sección no circular, empotrados en la pared, deben estar completamente instalados para cada circuito antes de tender los conductores o cables.

■ Una canalización debe tener un radio de curvatura tal, que los conductores y cables no se vean dañados:

□ Canalizaciones con tubos.

□ Tubos aislantes rígidos o flexibles, ondulable en frío o en caliente:

– para instalaciones con conductores rígidos, 10 veces el diámetro del conductor;

– para instalaciones con conductores de papel impregnado, 15 veces el diámetro del conductor.

□ Tubos especiales para conducciones eléctricas. Los radios mínimos aconsejados son:

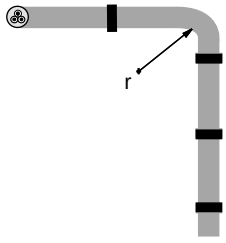


Fig. F7-008: *radios de curvatura mínimos de los tubos.*

Radios de curvatura de los tubos para conducciones eléctricas					
Diámetro nominal (mm^2)	Radio mínimo de curvatura (mm)				
	(1) (2) (4)	(3)	(5)	(6)	(7)
9	90	85	54	48	53
11	110	95	66	58	65
13	120	105	75	65	71
16	135	120	86	75	79
21	170	–	–	–	100
23	–	165	115	100	–
29	200	200	140	125	130
36	250	225	174	150	165
48	300	235	220	190	210

Leyenda:
(1) Tubos metálicos rígidos blindados.
(2) Tubos metálicos rígidos blindados, con aislamiento interior.
(3) Tubos metálicos rígidos normales, con aislamiento interior.
(4) Tubos aislantes rígidos normales.
(5) Tubos aislantes flexibles normales.
(6) Tubos metálicos flexibles normales, con o sin aislamiento interior.
(7) Tubos metálicos flexibles blindados, con o sin aislamiento interior.

Fig. F7-009: *tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos.*

□ Número de pliegues para curvar tubos metálicos normales con o sin aislamiento, en función del diámetro.
Nota: Hoy en día prácticamente en desuso.

N.º de pliegues y distancias para curvar tubos a 90°		
Diámetro nominal de los tubos (mm)	N.° de pliegues	Distancia aproximada entre pliegues (mm)
9	20 ± 2	5
11	20 ± 2	6,5
13	20 ± 2	7
16	25 ± 5	8
23	30 ± 5	8
29	30 ± 5	8

Fig. F7-010: *tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos.*

□ Canalizaciones con cables sin conducciones:
– para instalaciones con conductores rígidos, 10 veces el diámetro del conductor,
– para instalaciones con conductores de papel impregnado, 15 veces el diámetro del conductor.

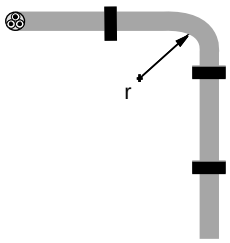


Fig. F7-011: *radios de curvatura de los cables.*

■ Cuando los conductores o cables no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes, de forma que los conductores o cables no se vean dañados por su propio peso:
□ Canalizaciones con tubos o con conductores directos:
– Los tubos o conductores se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancias máximas entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros para los tubos, 0,40 m para los conductores y 0,75 para los conductores armados. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
– En huecos de la construcción.
En los huecos verticales, las conducciones deberán sujetarse para evitar la tensión de su peso cada 3 m, como mínimo (en vertical).

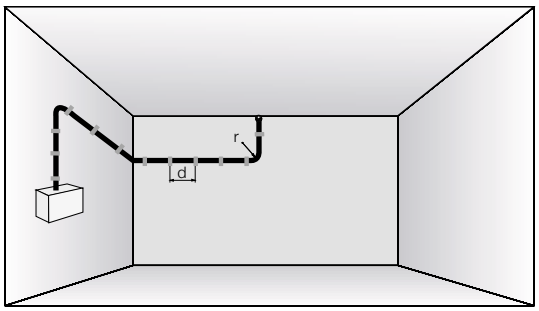


Fig. F7-012: *colocación de conductores en tubos o directos sobre paredes.*

Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o en aparatos.
– En huecos de la construcción.
En los huecos verticales las conducciones deberán sujetarse, para evitar la tensión de su peso, cada 3 m como mínimo (en vertical).
■ Cuando las canalizaciones se vean sometidas a una tracción permanente (por ejemplo, a causa de su propio peso) en sendido vertical, deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiado, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes:
□ En redes aéreas:
– Los conductores desnudos: su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018, según sean los conductores de cobre o de aluminio.
– Los tirantes: tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.

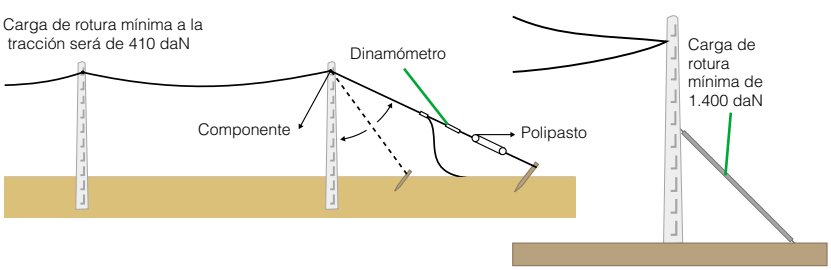


Fig. F7-013: *carga de rotura mínima a la tracción de los conductores aéreos y de los tirantes.*

□ A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo, España se clasificará en tres zonas:
– Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
– Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $180\sqrt{d}$ gramos metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz, la sobrecarga se considerará de $60\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.
– Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor $360\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo, se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

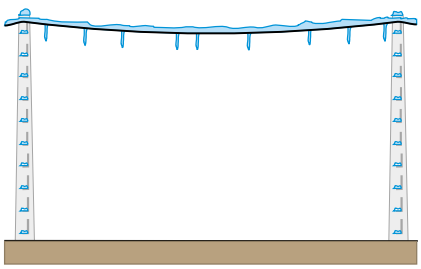


Fig. F7-014: *sobrecargas de los conductores, por efectos de la deposición de hielo.*

■ Las canalizaciones en que tienen que tenderse los conductores o cables deben tener medios de acceso apropiados para permitir el tendido.
■ Las canalizaciones enterradas deben estar suficientemente protegidas contra los daños previsibles, debidos a la posible utilización del suelo.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas:
□ Conductores directamente enterrados:
– La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. Bajo líneas de ferrocarriles, los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.
– Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las de entubar los conductores. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones de coincidencia con otras instalaciones lo aconsejen.
– Para conseguir que el cable quede correctamente instalado, sin haber recibido daño alguno, y se ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:
• El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

• Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y la parte superior del cable de 0,25 m.
• Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

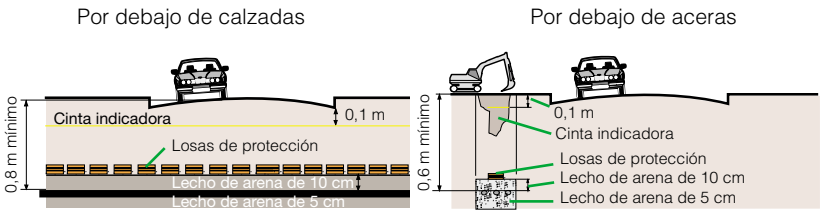


Fig. F7-015: *situación de conductores enterrados directamente bajo aceras o calzadas.*

□ Conductores entubados.
No se instalarán más de un circuito por tubo. Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

Las arqueras deben poder soportar el peso del material y el de la circulación de superficie

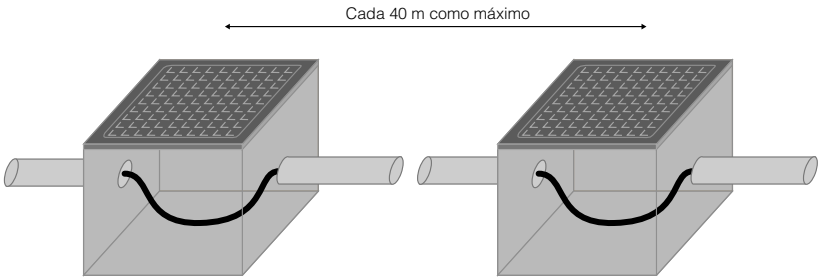


Fig. F7-016: *situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas.*

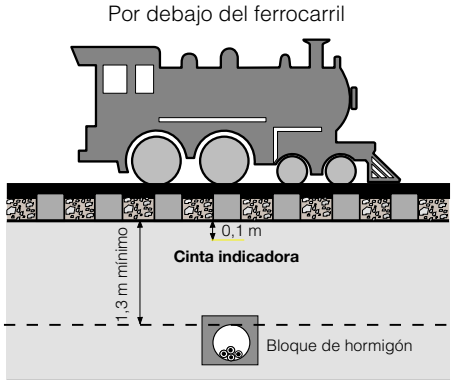


Fig. F7-017: *situación de conductores entubados enterrados bajo vías férreas.*

■ Los recorridos de las canalizaciones, que estén fijadas rígidamente y empotradas en las paredes, deben ser horizontales, verticales o paralelas a las aristas de la pared, excepto canalizaciones en techos o en suelos, que pueden seguir el recorrido práctico más corto.
■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas.
■ Los soportes y envolventes de los cables no tendrán aristas agudas.

Presencia de vegetación o moho (AK):
Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las canalizaciones deberán elegirse en consecuencia, o deberán tomarse medidas especiales de protección.
Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL):
Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las canalizaciones deben elegirse en consecuencia, o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
■ Características mecánicas de las canalizaciones.
■ Selección del emplazamiento.
■ Disposición de una protección mecánica adicional, local o general.
■ Cualquier combinación de estas medidas.
■ En la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

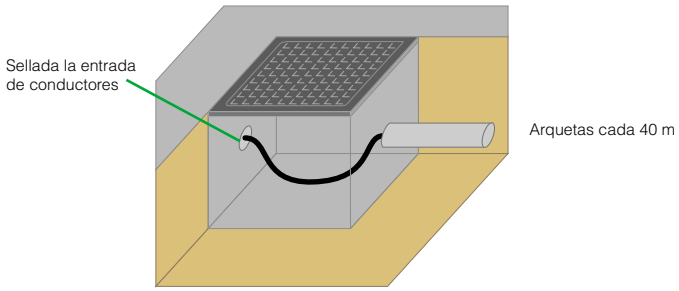


Fig. F7-018: *sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros.*

Radiación solar (AN):
Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2) deberá elegirse e instalarse una canalización apropiada a estas condiciones, o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP):
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
■ Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
□ las fijaciones de las canalizaciones en las estructuras del edificio;
□ las conexiones entre las canalizaciones fijas y todos los materiales esenciales, como los servicios de seguridad, que deben ser elegidos por su flexibilidad.

Viento (AR):
Véanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.
■ En redes aéreas.
Se considerarán las sobrecargas siguientes, debidas a la presión del viento:
□ Sobre conductores: 50 daN/m^2.
□ Sobre superficies planas 100 daN/m^2.

□ Sobre superficies cilíndricas de apoyos: 75 daN/m^2.
La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que, por la configuración del terreno o la disposición de las especificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.

Estructura de los edificios (CB):
■ Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de cables y los sistemas de protección deben permitir el movimiento relativo, a fin de evitar que los conductores y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.
■ En las estructuras flexibles o inestables (CB 4), deberán utilizarse canalizaciones flexibles.

Corrientes admisibles
La corriente máxima transportada de modo continuo por todo conductor, bajo condiciones específicas, debe ser tal que su temperatura máxima en servicio continuo no sobrepase la temperatura límite especificada en la tabla F7-019.

Temperaturas máximas de trabajo según el tipo de aislamiento	
Tipo de aislamiento	Temperatura máxima de trabajo (1) (°C)
Policloruro de vinilo (PVC)	Conductor: 70
Polietileno reticulado (XLPE) y etileno-propileno (EPR)	Conductor: 90
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	Cubierta metálica: 70
Mineral (desnudo inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta metálica: 105 (2)

(1) Los valores máximos de las temperaturas admisibles se han tomado de las Normas CEI 502: 1983 y 702: 1981.
(2) Para los cables con aislamiento mineral, pueden admitirse temperaturas superiores en servicio continuo, según el nivel de temperatura del cable y de sus terminales, de las condiciones ambientales y de otras influencias externas.

Tabla F7-019: *temperatura máxima de trabajo, según el tipo de aislamiento.*

Dimensiones de los cables:

■ Para cables multiconductores con aislamiento de polímeros, cuyos conductores tengan una sección inferior o igual a 16 mm^2, los valores de corrientes admisibles se basan en los cables de dimensiones apropiadas a los conductores circulares. Para conductores de mayor sección, se indican los valores para conductores sectoriales.
■ Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo, la forma del conductor) y las tolerancias de fabricación, conducen a una gama de dimensiones posibles para cada sección nominal. Los valores indicados en las tablas se han elegido teniendo en cuenta estas variaciones de valores con garantía y uniendo los valores para una curva regular, en función de la sección nominal de los conductores.
■ Los valores de corrientes admisibles, los factores de temperatura ambiente y de agrupamiento dados, se aplican a los cables sin armadura y a los conductores aislados de conformidad a las normas UNE 21.031, 21.123 y 21.157, siempre para los espesores de aislamiento correspondientes a tensiones de 1 kV en c.a., a 50 o 60 Hz y 1,5 kV en c.c.
■ Los valores de las tablas para cables multiconductores pueden utilizarse para cables armados, con la condición de que cada cable contenga todos los conductores de un circuito en c.a., y los valores estén dentro del margen de seguridad.

■ Los valores de las tablas pueden usarse igualmente con garantía para cables con conductor concéntrico y pantalla o envolvente metálica.
■ Los valores de las tablas pueden aplicarse para circuitos en corriente continua.
■ Las corrientes admisibles, indicadas en las tablas, están determinadas para los tipos de conductores y cables aislados, y para los tipos de instalación normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas fijas:
□ la Tabla F7-010 indica los métodos de referencia de instalación y las correspondientes tablas de corrientes admisibles.
□ la Tabla F7-011 indica otros tipos de instalación, con el procedimiento a utilizar para reducir los valores de corrientes admisibles en los métodos de referencia.

Temperatura ambiente:

■ El valor de la temperatura ambiente a utilizar (40 °C), es la temperatura del medio circundante, cuando los cables o conductores considerados no están cargados.
■ El efecto de otras fuentes sobre la temperatura ambiente puede no tenerse en consideración.

Las intensidades máximas, expresadas en las tablas, están derivadas de las intensidades máximas establecidas por el CENELEC para Europa, basándose en una temperatura ambiente de 30 °C, pero para el territorio español la temperatura ambiente media más apropiada es de 40 °C. Los valores expresados en las tablas ya están extrapolados para los 40 °C.

Radiación solar:

■ Los factores de corrección a la Tabla F7-011 no tienen en cuenta el aumento transitorio de temperatura de los rayos solares o de otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores se someten a tales radiaciones, las corrientes admisibles deben calcularse por los métodos específicos del apartado H1-2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", del 2.º Volumen, en concordancia con la norma UNE 21.144, y por las instrucciones específicas de cada tipo de tendido.
■ Cuando una canalización está empotrada o instalada sobre un material de resistencia térmica superior a 2 K · m/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,2 m.

7.1. Las redes de distribución de energía

7.1.1. Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados

Los conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas, y serán preferentemente aislados.
■ Los conductores aislados serán de tensión asignada, no inferior a 0,6/1 kV, tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.
La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm^2 y en los de cobre de 10 mm^2. La sección mínima correspondiente a otros materiales será aquella que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferior a la que corresponde a los de cobre, anteriormente indicados.

■ Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018 según sean los conductores de cobre o de aluminio.
□ Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV. Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

Conductores aislados

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente:
■ Las intensidades máximas admisibles tabuladas se aplican a los cables especificados en UNE 21.030, aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV y a los conductores desnudos, utilizados en redes aéreas.
■ Los valores de las tablas están dados para un solo conductor a una temperatura ambiente de 40 °C. Para otras condiciones especificaremos índices de corrección.

Cables con neutro fiador de aleación de aluminio-magnesio-sicilio (ALMELEC) para instalaciones de cables tensados

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima A
1 · 25 Al/54,6 Alm	110
1 · 50 Al/54,6 Alm	165
3 · 25 Al/54,6 Alm	100
3 · 50 Al/54,6 Alm	150
3 · 95 Al/54,6 Alm	230
3 · 150 Al/80 Alm	305

Tabla F7-020: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C*

Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados o tensados con fiador de acero

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en (A) Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 · 16 Al	73	81
2 · 25 Al	101	109
4 · 16 Al	67	72
4 · 25 Al	90	97
4 · 50 Al	133	144
3 · 95/50 Al	207	223
3 · 150/95 Al	277	301

Tabla F7-021: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Al posados o tensados con fiador de acero.*

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en (A) Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 · 10 Cu	77	85
4 · 10 Cu	65	72
4 · 16 Cu	86	95

Tabla F7-022: *intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C de los cables de Cu posados o tensados con fiador de acero.*

Factores de corrección:

■ Para las instalaciones expuestas directamente a los rayos solares.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables en relación con la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.485.

■ Para instalaciones en zonas con temperaturas medias diferentes a 40 °C.

□ Cables aislados en haz, factores de corrección en función de la temperatura ambiente.

Temperatura °C	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

Tabla F7-023: *factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente.*

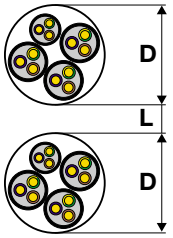
■ Por agrupamiento de varios conductores:

□ Para agrupaciones de varios cables en haz al aire, se aplican los factores de la tabla: a cables separados entre sí por una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro, en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75

Tabla F7-024: *factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire.*

Nota: A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.



1/4 D < L < D

□ Para otras separaciones o agrupaciones, consultar la norma UNE 21.144-2-2.

Intensidades de cortocircuito máximas, admisibles en los conductores

Intensidades de cortocircuito admisible, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito y de la naturaleza del conductor										
Conductor		Duración del cortocircuito en segundos								
	Sección mm²	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Al	16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
	25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
	50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
	95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
	150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1
Cu	10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
	16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

Tabla F7-025: *intensidades máximas de cortocircuitos en kA.*

Conductores desnudos de cobre y aluminio

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente:

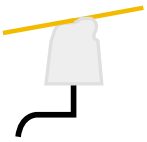
■ Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de las densidades de corriente de la tabla siguiente:

Sección en mm²	Densidad de corriente A/mm²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	–
16	7,6	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	–	2,90
150	–	2,70

Tabla F7-026: *densidad de corriente máxima en A/mm² para conductores desnudos al aire.*

■ Para cualquier otro tipo de cable o composiciones, u otro sistema de instalación no contemplado, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberán consultarse las normas UNE 20.485, o calcularse según la norma UNE 21.144.

Aisladores



■ Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes, que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

■ La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cimentación de volumen, pudiendo afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

Los accesorios

Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y el envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

Los apoyos:

■ Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el próximo apartado.

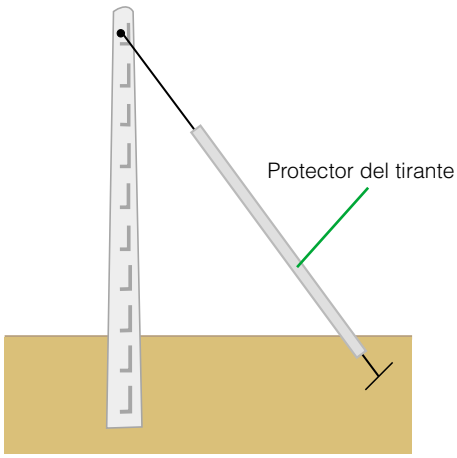
■ Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie y, en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

Los tirantes y los tornapuntas:

■ Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.

■ Los tornapuntas podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.

■ Deberemos procurar diseñar los trazados de forma que se restrinja el empleo de tirantes y tornapuntas.



Forma de cálculo mecánico

Elementos constituyentes de la red:

■ Cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecarga, especificadas en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujección y apoyos.

Los conductores:

■ Tracción máxima admisible:

□ La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5, considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

– Zona A (hasta 500 m sobre el nivel del mar):

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, dividida por 3, a la temperatura de 0 °C.

– Zonas B y C (B situada entre 500 y 1.000 m y C situada por encima de los 1.000 m):

a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.

b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0 °C.

■ Flecha máxima.
Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y a una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será inferior a 50 °C.

Los apoyos
Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las siguientes hipótesis, según la función del apoyo y de la zona.

	Zona A		Zonas B y C	
Función del apoyo	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de temperatura a 0 °C con 1/3 de viento	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de hielo según zona y temperatura de 0 °C
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones
Angulo	Cargas permanentes. Desequilibrio de ángulo			
Estrella-miento	Cargas permanentes 2/3 resultante	Cargas permanentes Total resultante	Cargas permanentes 2/3 resultante	Cargas permanentes Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Tabla F7-027: *hipótesis de consideración de las cargas para el cálculo mecánico de los apoyos.*

■ Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tendrán muy poca influencia, por lo que en general se podrá prescindir de las mismas en el cálculo.
■ El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Coeficiente de seguridad a la rotura	
Material del apoyo	Coeficiente
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
Otros materiales no metálicos	2,5

Tabla F7-028: *coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos.*

Nota: En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de seguridad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente.

■ Cuando, por razones climatológicas extraordinarias, hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico.

Instalación de líneas aéreas

Conductores aislados:
■ Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos.
■ Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV (UNE 21.030) podrán instalarse como conductores aislados.

Cables posados:

■ Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.

■ En los espacios vacíos (cables no posados en fachada o muro), los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado "Cables tensados".

■ En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. En los recorridos por debajo de esta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas), deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.

■ En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:

□ Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.

□ Balcones: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1 metro a los bordes laterales del balcón.

■ Se tendrán en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir en estos casos una disminución de las distancias antes indicadas.

■ Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 metros a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11.

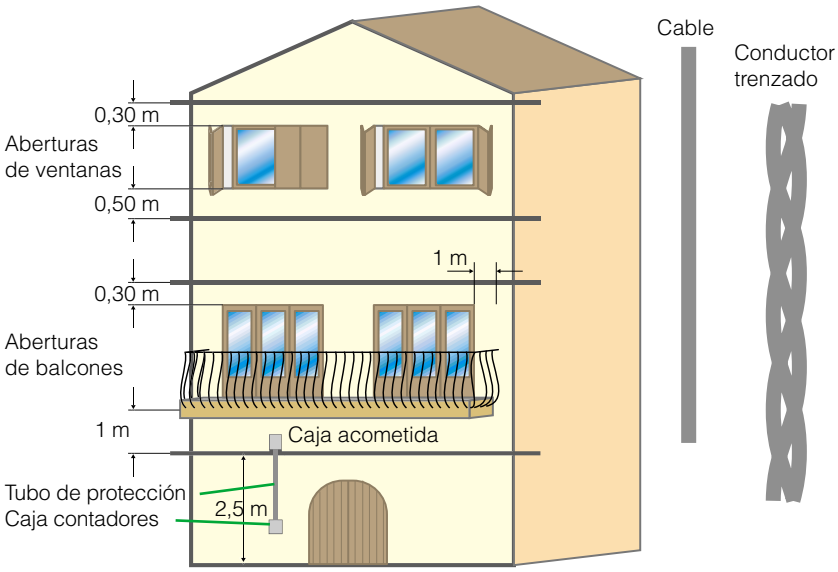


Fig. F7-029: *situación de conductores aislados en fachadas.*

Cables tensados:

■ Los cables con neutro fiador podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento como elemento resistente.

■ Para el resto de los cables tensados, se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.

■ Distancias al suelo: 4 m, salvo lo especificado, para cruzamientos.

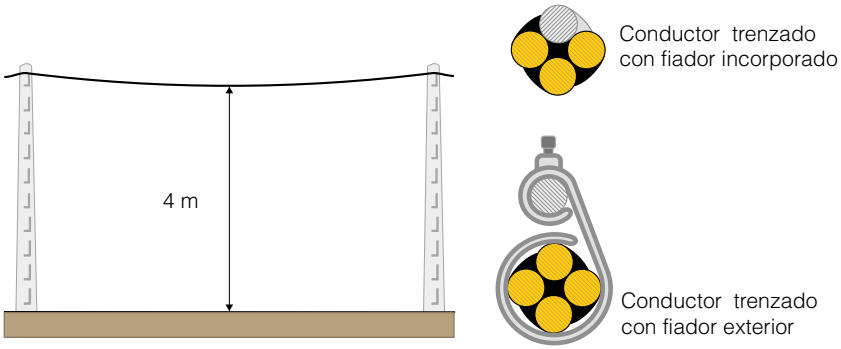


Fig. F7-030: *situación de conductores aislados al aire.*

Conductores desnudos:

■ Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores, de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión.

■ La fijación de los conductores al aislador debe hacerse preferentemente en la garganta lateral del mismo, por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de forma que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.

■ Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

■ Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 %, a los valores indicados en el apartado “Forma de cálculo mecánico”.

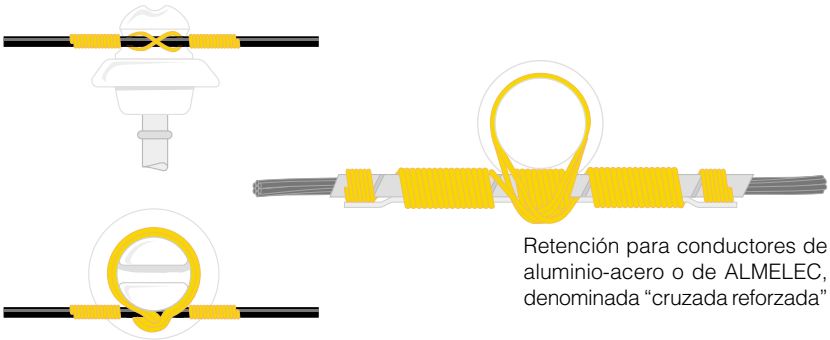


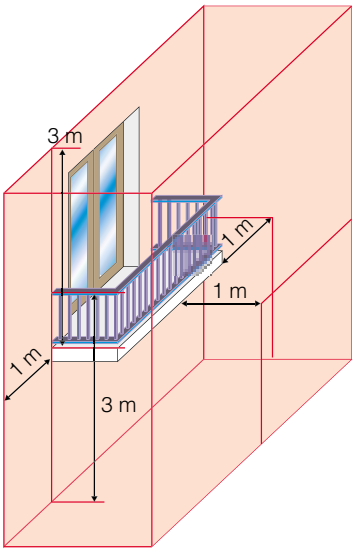
Fig. F7-031: *ejemplos de fijación de conductores a los aisladores.*

Distancias con respecto al suelo y a las edificaciones de las redes con conductores desnudos

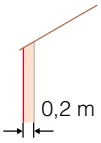
Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las edificaciones:

- Al suelo: 4 m
- A los tejados: 1,80 m para los conductores no puestos a tierra
  1,50 m para los conductores puestos a tierra
  1 m para tejados con inclinaciones superiores a 45° (sexagesimales)
- A las chimeneas: 1,8 m en altura y 0,8 m en el entorno horizontal
- A las terrazas: 3 m
- A los balcones: 3 m de barandilla hacia el suelo, 3 m del suelo del balcón hacia arriba y 1 m de los laterales de la barandilla
- A las fachadas: 0,20 m en zona sin aberturas
- A las fachadas: 1 m en zona con aberturas, desde 0,4, por encima de la abertura, hasta 3 m por debajo de la protección (baranda) y a un metro de los laterales

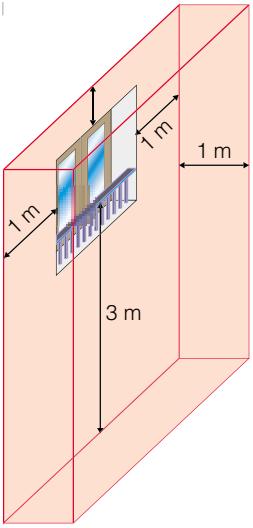
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, en las proximidades de un balcón



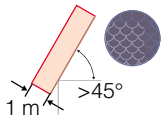
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un muro sin aberturas



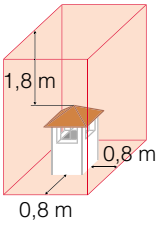
Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, en las proximidades de una ventana



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un tejado con inclinación superior a 45° sexagesimales



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, al entorno de una chimenea



Volumen a respetar por las líneas aéreas, con conductores desnudos, frente a un tejado con inclinación no superior a 45° sexagesimales

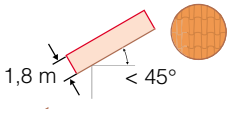


Fig. F7-032: *zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.*

Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones:

■ Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades serán, como mínimo, las siguientes:

- □ En vanos hasta 4 metros 0,10 m
- □ En vanos de 4 a 6 metros 0,15 m
- □ En vanos de 6 a 30 metros 0,20 m
- □ En vanos de 30 a 50 metros 0,30 m

■ Para vanos mayores de 50 m, se aplicará la fórmula:

$$D = 0{,}55\ \sqrt{F}$$

en la que (F) es la flecha máxima en metros.

■ En los apoyos en los que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven, podrá disminuirse hasta un 50 % de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

■ Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de vientos muy fuertes.

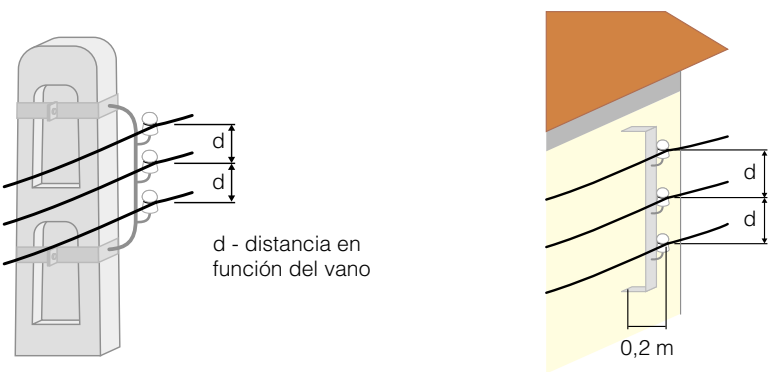


Fig. F7-033: *distancias entre conductores.*

Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos:

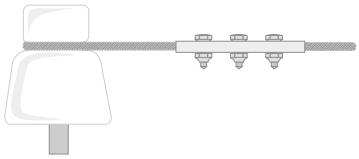
■ Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz, de modo que en ellos la elevación de la temperatura no sea superior a la de los conductores.

■ Los empalmes deberán soportar, sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.

■ En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.

■ Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

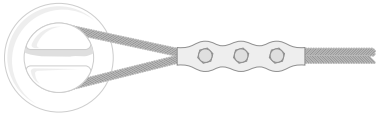
■ Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.



□ Empalme de un conductor.



□ Amarre del extremo de un conductor.



□ Empalmes de dos conductores de diferente matrial con corrosión electroquímica.

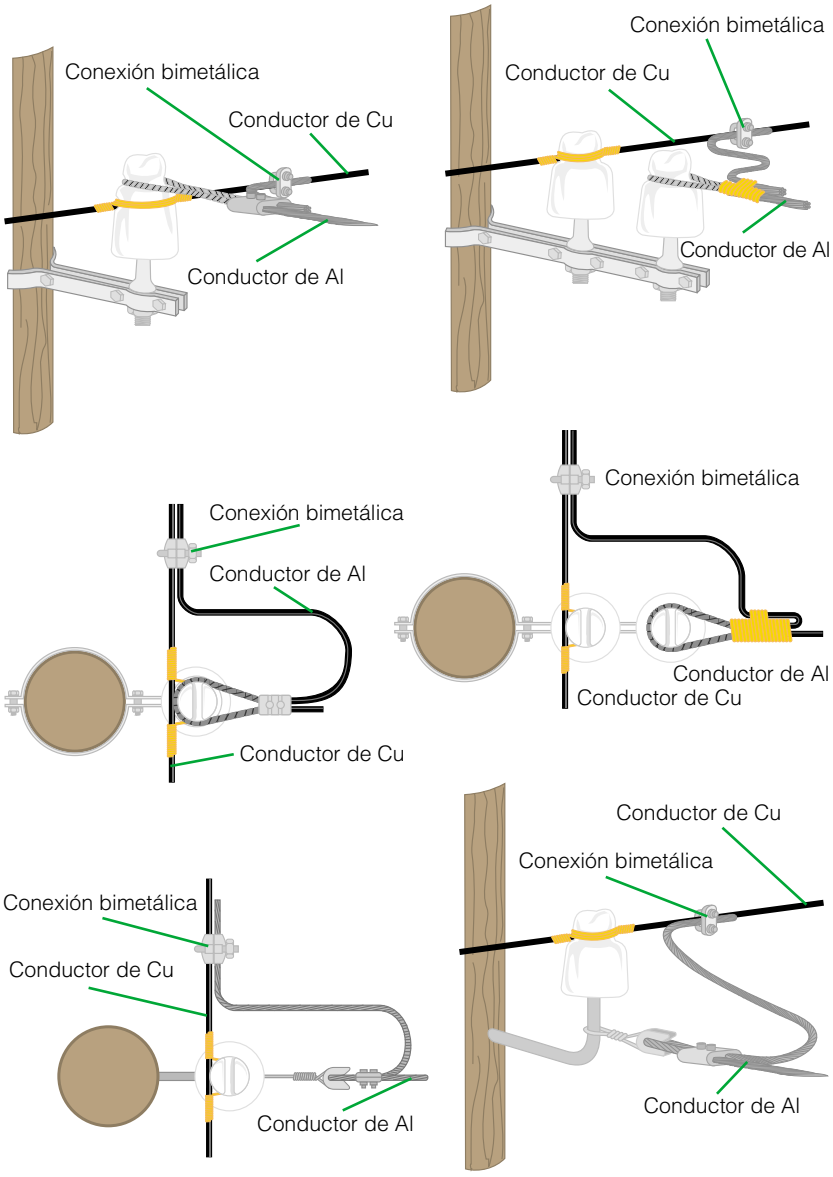


Fig. F7-034: *empalmes, derivaciones y fijaciones de los conductores.*

Conductor neutro

Sección del conductor neutro:

■ Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución de la sección mínima del conductor neutro será:

□ Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.

□ Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm^2 para cobre y de 16 mm^2 para a aluminio.

■ En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo, AMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos, se admite que no lleve identificación alguna cuando éste conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

Continuidad del conductor neutro:

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

■ Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro, antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.

■ Uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo en este caso ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

Puesta a tierra del neutro:

■ El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en el centro de transformación, o central generadora de la alimentación, en forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Teóricas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN-C, el conductor neutro deberá estar puesto a tierra en otros puntos y, como mínimo, una vez cada 500 metros de longitud de línea.

■ Para efectuar esta puesta a tierra se elegirán con preferencia los puntos de donde partan las derivaciones importantes.

■ Cuando en los mencionados esquemas de distribución tipo la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase, en este apoyo, estarán unidos al conductor neutro.

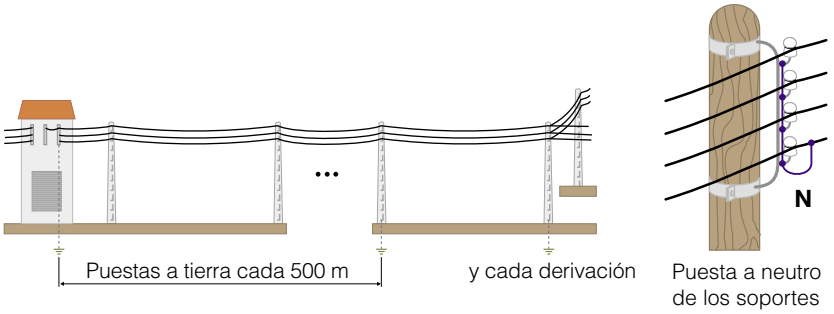


Fig. F7-035: *puestas a tierra del conductor neutro.*

■ En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

Instalación de apoyos

Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas, o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las solicitudes actuales y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberán observarse:

■ Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones de hormigón.

■ Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc). La cimentación deberá construirse de tal forma que facilite el deslizamiento del agua y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.

■ Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados, que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m como mínimo.

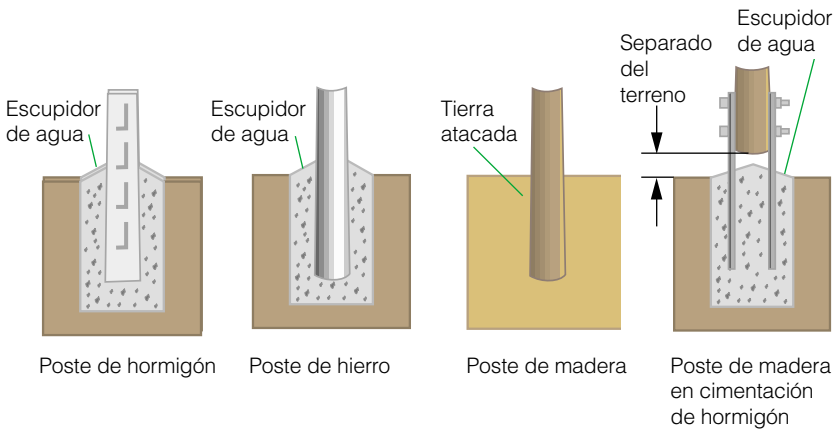


Fig. F7-036: *colocación de los apoyos (fundaciones).*

Cruces de líneas aéreas con otras alineaciones:

■ Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9. de la ITC-BT-06.

■ Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

Cruces con líneas eléctricas aéreas de AT o MT:

■ De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de AT o MT.

■ La mínima distancia vertical “d” entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior en metros a:

$$d \geq 1{,}5 + \frac{U+L1+L2}{100}$$

donde:

□ U = Tensión nominal, en kV, de la línea de alta tensión.

□ L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.

□ L2 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.

■ Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor, en alguno de los apoyos de cruce de la baja tensión, tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujeción.

■ Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso de que éstos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado, y estarán puestos a tierra.

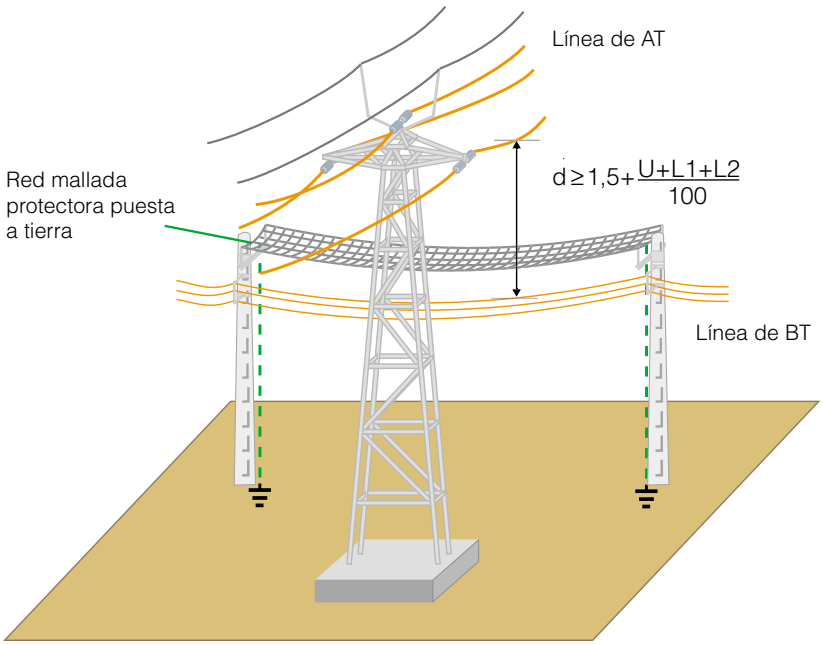


Fig. F7-037: *cruces de líneas de AT o MT con líneas de BT.*

■ En caso de que, por circunstancias singulares, sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión, será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

Cruces con otras líneas eléctricas aéreas de BT

■ Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre conductores más próximos a las dos líneas será superior a 0,50 metros y, si el cruzamiento se realiza en apoyo común, esta distancia será la señalada en el apartado “Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones” pág. F/178, para apoyos en derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

□ Cruces de líneas en diferentes soportes.

□ Cruces de líneas en el mismo soporte.

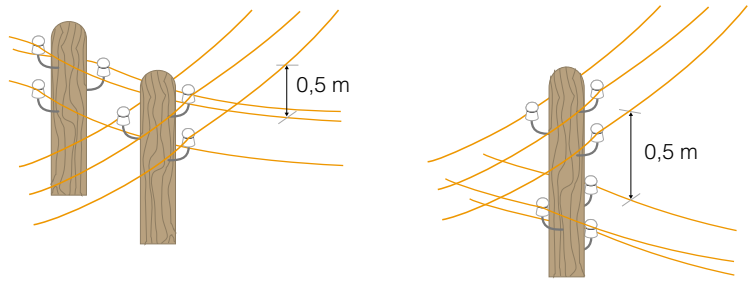


Fig. F7-038: *cruces con otras líneas aéreas de BT.*

Cruces con líneas aéreas de telecomunicación:

■ Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación.

■ Excepcionalmente, podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse, en este caso, una de las soluciones siguientes:

□ Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso de que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.

□ Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para la línea de baja tensión.

□ Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para línea de telecomunicación.

■ Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes, dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

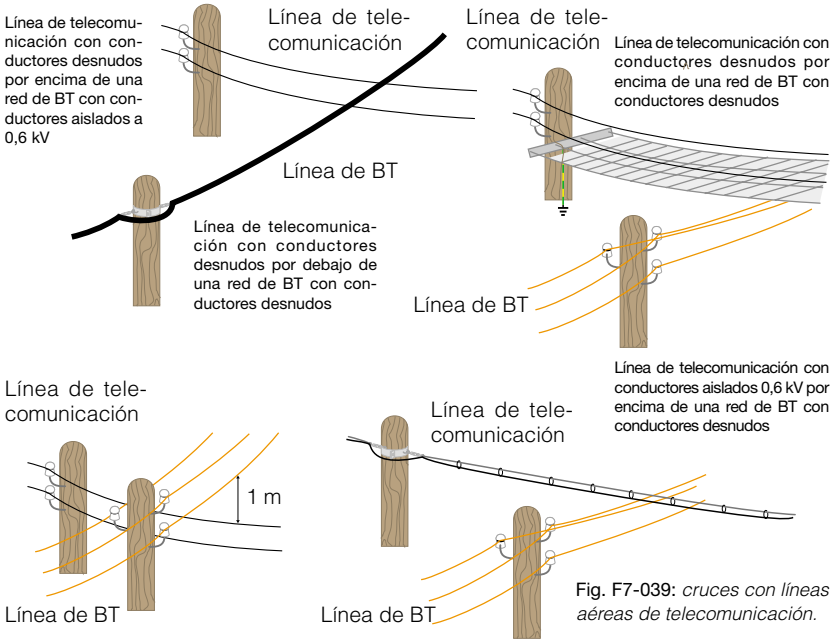


Fig. F7-039: *cruces con líneas aéreas de telecomunicación.*

F 7

Cruces con carreteras y ferrocarriles sin electrificar:

■ Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 420 daN, admitiéndose, en el caso de acometidas con conductores aislados, que se reduzca dicho valor hasta 280 daN.

■ La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 metros.

■ Los conductores no representarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose, durante la explotación y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

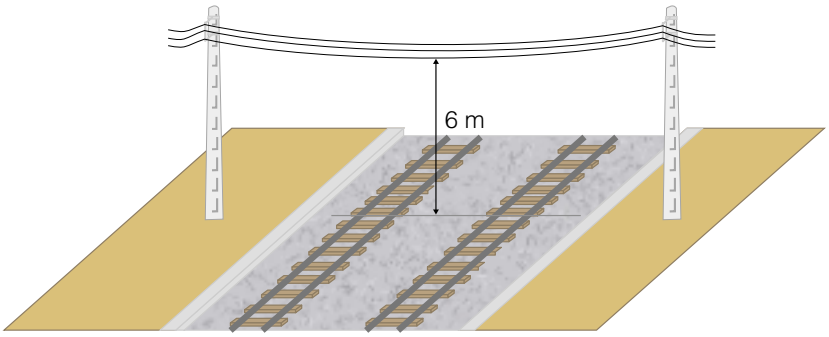


Fig. F7-040: *cruces de carreteras y líneas férreas sin electrificar.*

Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses:

■ La altura mínima de los conductores sobre los cables, los hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.

■ Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de línea de baja tensión.

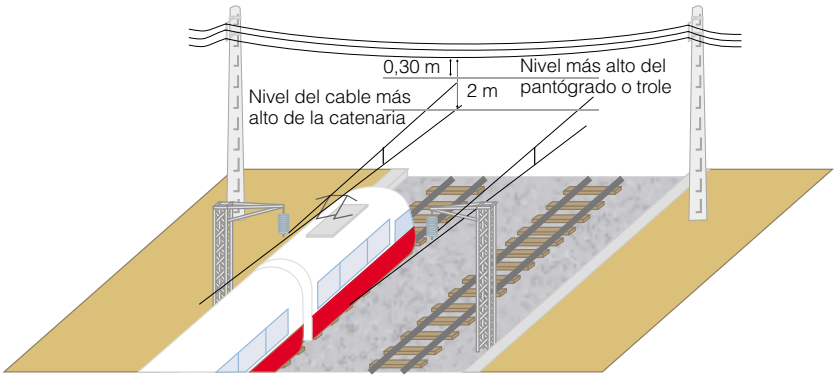


Fig. F7-041: *cruces de líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses.*

Cruces con teleféricos y cables transportadores

Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo esta distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

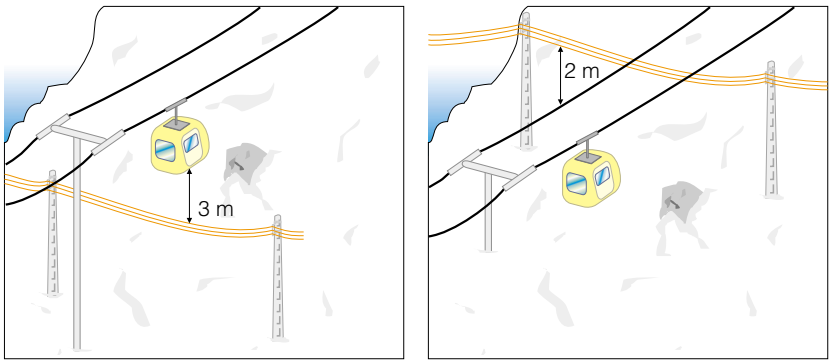


Fig. F7-042: *cruces de teleféricos y cables transportadores.*

Cruces con ríos o canales navegables:

■ La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua, para el máximo nivel que se pueda alcanzar, será de H = G + 1 m, donde G es el gálibo.

■ En caso de que no exista gálibo definido, se considerará éste igual a 6 metros.

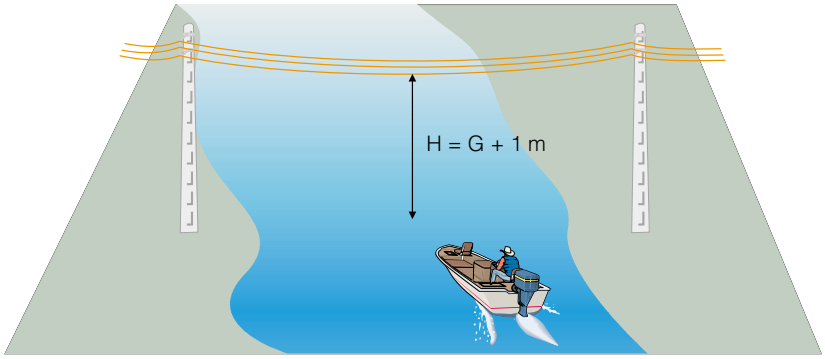


Fig. F7-043: *cruces de ríos o canales navegables.*

Cruces con antenas receptoras de radio y televisión:

■ Los conductores de las líneas de baja tensión, cuando estén desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 metro con respecto a la antena en sí, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

■ Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

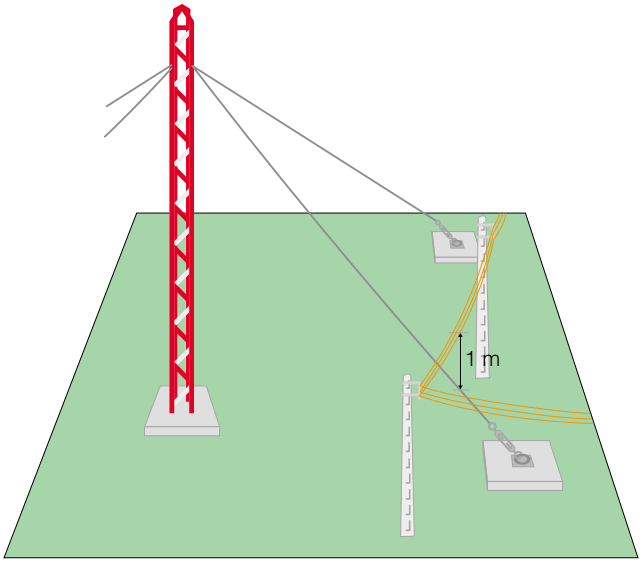


Fig. F7-044: *cruces de antenas receptoras de radio y televisión.*

Cruces de conducciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de empalmes de las canalizaciones eléctricas, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Para líneas aéreas desnudas, la distancia mínima será 1 m.

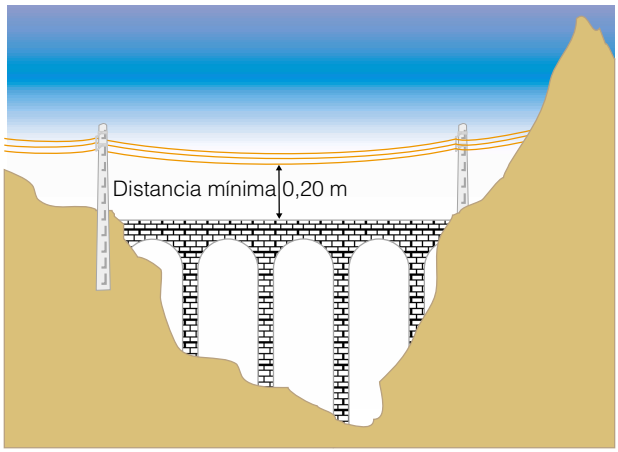


Fig. F7-045: *cruces de conducciones de agua y gas.*

Paralelismos y proximidades de líneas aéreas con otras alineaciones:

■ Con líneas eléctricas de AT o MT:

□ Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión, a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

□ Se exceptúan de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión, igual o inferior a 66 kV, no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

□ Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión, cuando se cumplan las condiciones siguientes:

– Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.

– La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.

– En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.

– El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de la puesta a tierra de la línea de alta tensión.

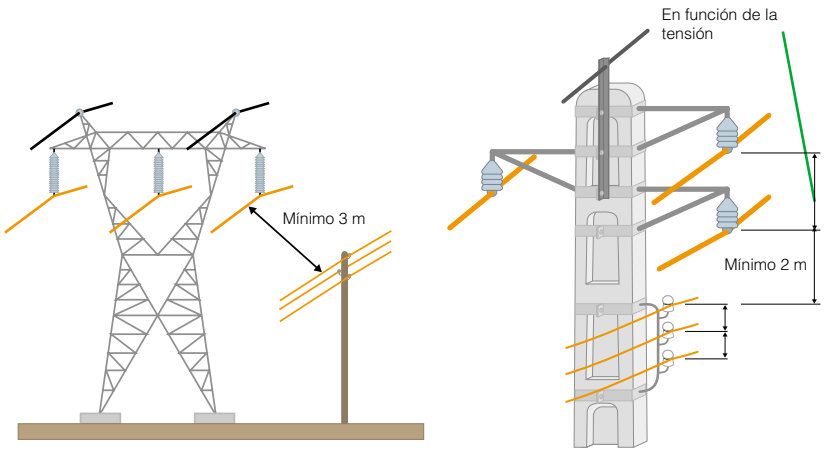


Fig. F7-046: *paralelismos con líneas de AT o MT.*

■ **Con otras líneas eléctricas de BT o telecomunicación:**

□ Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m.

□ Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.

□ Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas serán las establecidas en el apartado “Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones”, pág. F/178.

■ **Con calles y carreteras:**

□ Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m, cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros si no vuelan junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

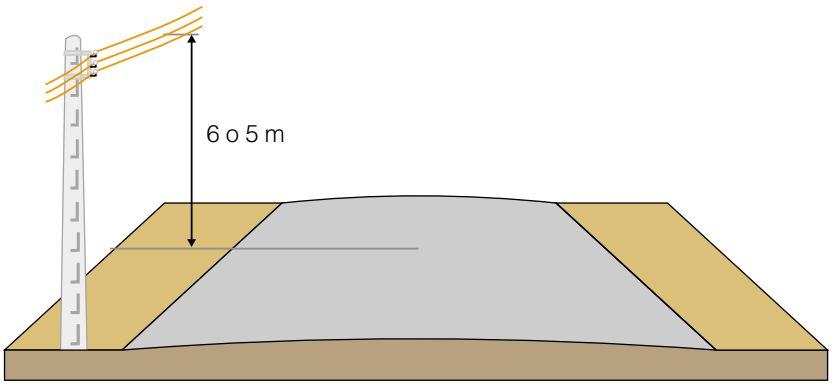


Fig. F7-047: *paralelismos con calles y carreteras.*

■ **Con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses:**
La distancia horizontal de los conductores a la instalación de las líneas de contacto será de 1,50 m, como mínimo.

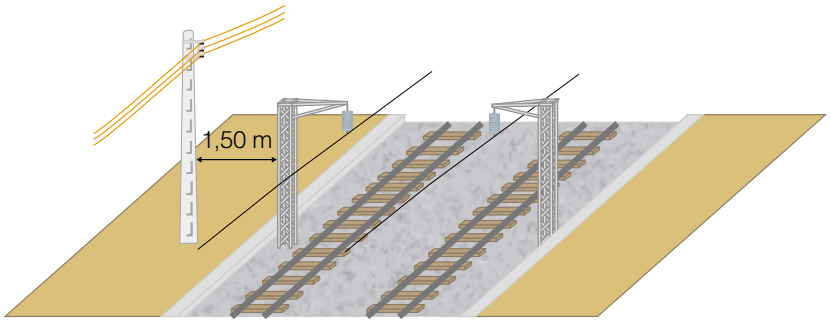


Fig. F7-048: *paralelismos con líneas férreas electrificadas, tranvías y trolebuses.*

■ **Con zonas de arbolado**
Se utilizan preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas, no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

■ **Con canalizaciones de agua:**
□ Las distancias mínimas entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua serán de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica, o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua, será de 1 m.
□ Se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
□ Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

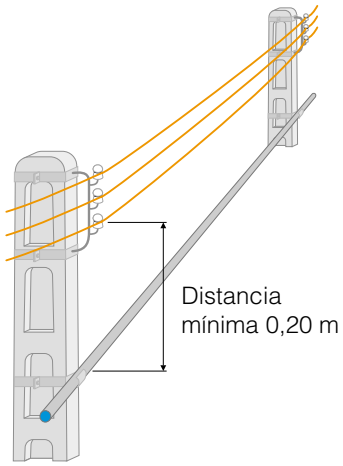


Fig. F7-049: *paralelismos con conductos de agua.*

■ **Con canalizaciones de gas:**

□ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica, o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de gas, será de 1 m.

□ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

□ Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

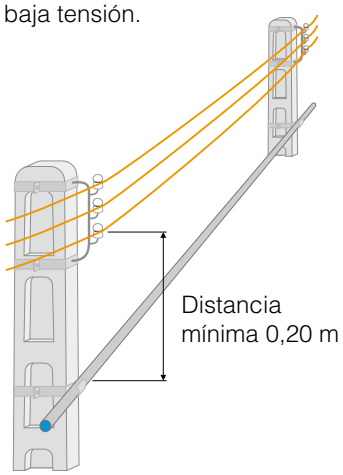


Fig. F7-050: *paralelismos con conductos de gas.*

7.1.2. Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías

Los conductores

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán, además, debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas:

■ En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la Norma UNE 20.435:

□ En la Tabla F7-051 se dan la temperaturas máximas admisibles en el conductor, según los tipos de aislamiento.

□ En las Tablas F7-052, 053, 054, se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicada en el apartado “Intensidades en función de las condiciones de instalaciones” de esta página. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado “Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible”, pág. F/192, se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las Tablas F7-055, 056, 057, 058. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

Temperaturas admisibles:

■ Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar, sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas y químicas. Esta temperatura estan en función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

■ En la Tabla F7-051, se especifican con carácter informativo las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Cables aislados con aislamiento seco, temperatura máxima en °C asignada al conductor.

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente θ_s	Cortocircuito $t \leqslant 5$ s
Policloruro de vinilo (PVC)		
$S \leqslant 300$ mm^2	70	160
$S > 300$ mm^2	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno propileno (EPR)	90	250

Tabla F7-051: *cables aislados con aislamiento seco, temperatura máxima en °C asignada al conductor.*

Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas:

■ A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará la siguiente instalación tipo:

□ Un solo cable tripolar o

□ Un solo cable tetrapolar o

□ Un terno de cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 k·m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25 °C.

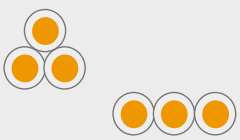
■ Intensidades máximas admisibles en amperios, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente):

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad (A)
3 · 50 Al + 16 Cu	50	160
3 · 95 Al + 30 Cu	95	235
3 · 150 Al + 50 Cu	150	305
3 · 240 Al + 80 Cu	240	395

Tabla F7-052: *intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente).*

- Temperatura máxima del conductor: 90 °C.
- Temperatura del terreno: 25 °C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

■ Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente):

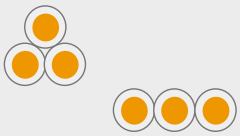
Sección nominal mm^2	Terna de cables (1)			1 cable tri o tetra-P			2 cables unipolares			1 cable bipolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76	119	115	105	110	105	93
25	125	120	110	115	110	98	153	147	135	141	135	120
35	150	145	130	140	135	120	184	178	159	172	165	147
50	180	175	155	165	160	140	220	214	190	202	196	172
70	220	215	190	205	220	170	270	263	233	251	270	208
95	260	255	225	240	235	210	319	312	276	294	288	257
120	295	290	260	275	270	235	361	355	319	337	331	288
150	330	325	290	310	305	265	404	398	355	380	374	325
185	375	365	325	350	345	300	459	447	398	429	423	368
240	430	420	380	405	395	350	527	515	466	492	484	429
300	485	475	430	460	445	395	594	582	527	564	545	484
400	550	540	480	520	500	445	674	662	588	637	613	545
500	615	605	525	–	–	–	753	741	643	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–	845	833	735	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

Tabla F7-053: *intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente).*

- Tipo de aislamiento:
  – XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
  – EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
  – PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
- Temperatura del terreno: 25 °C.
- Profundidad de instalación: 0,70 m.
- Resistividad térmica del terreno: 1 k · m/W.

■ **Intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente):**

Sección nominal mm²	Terna de cables (1)			1 cable tri o tetra-P			2 cables unipolares			1 cable bipolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56	88	86	77	81	78	68
10	96	94	85	88	85	75	118	115	104	108	104	92
16	125	120	110	115	110	97	153	147	135	141	135	119
25	160	155	140	150	140	125	196	190	172	184	172	153
35	190	185	170	180	175	150	233	227	208	221	214	184
50	230	225	200	215	205	180	282	276	245	263	251	221
70	280	270	245	260	250	220	343	331	300	319	306	270
95	335	325	290	310	305	265	410	398	355	380	374	325
120	380	375	335	355	350	305	466	459	410	435	429	374
150	425	415	370	400	390	340	521	508	453	490	478	417
185	480	470	420	450	440	385	588	576	515	551	539	472
240	550	540	485	520	505	445	674	662	594	637	619	545
300	620	610	550	590	565	505	760	747	674	723	692	619
400	705	690	615	665	645	570	864	845	753	815	790	698
500	790	775	685	–	–	–	968	949	839	–	–	–
630	885	870	770	–	–	–	1084	1066	943	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

Tabla F7-054: *intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).*

□ Tipo de aislamiento:
– XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
– EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
– PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
□ Temperatura del terreno: 25 °C.
□ Profundidad de instalación: 0,70 m.
□ Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W

Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible

La intensidad máxima de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada, cuyas características se han especificado en los apartados “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162 e “Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas”, pág. F/190, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperaturas provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la Tabla F7-051.

A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

■ **Factores de corrección por una temperatura del terreno diferente a 25 °C:**

□ En la Tabla F7-055, se indican los factores de corrección, (F), de la intensidad admisible para temperaturas del terreno θ_t distintas de 25 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s, de la Tabla F7-051.

T. de servicio	Temperatura del terreno, θ_t en °C								
θ_s (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

Tabla F7-055: *factor de corrección F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C.*

□ El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

■ **Factores de corrección por una resistividad del terreno diferente a 1 k·m/W.**

En la Tabla F7-056, se indican para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno, en k·m/W										
	0,80	0,85	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

Tabla F7-056. *Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k · m/W.*

■ **Factores de corrección por agrupación de conductores**

En la Tabla F7-057, se indican factores de corrección a aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de unipolares y la distancia entre ellos.

Separación entre los cables o ternos	**Factor de corrección**							
	N.º de cables o ternos de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
d = 0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



Tabla F7-057: *factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares.*

■ **Factores de corrección por instalación a profundidad diferente de 0,7 m.**
En la Tabla F7-058, se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,90	0,98	0,97	0,95

Tabla F7-058: *factores de corrección para diferentes profundidades de instalación.*

■ **Factores de corrección por instalación de conductores enterrados en zanja bajo tubo o similar.**
En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado "Intensidades en función de las condiciones de instalación enterradas", pág. F/190, además de lo indicado a continuación:
□ Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.
□ Canalizaciones bajo tubo de corta longitud:
– Se entiende por corta longitud instalaciones que no superen los 15 m.
– En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales, no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.
□ Otras canalizaciones entubadas:
– En el caso de una línea con cable tripolar o con un terno de cables unipolares en el interior del mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.
– Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares, situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.
– Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables

En las tablas F7-059, F7-060, F7-061 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire. En condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado "Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles", pág. F/196, se aplicarán los factores de corrección que correspondan, tablas F7-062, F7-063 y F7-064. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo:
■ **Condiciones de instalación en galerías.**
A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:
□ Un solo cable tripolar o
□ Un cable tetrapolar o
□ Un terno de cables unipolares en contacto mutuo con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire.
■ Siendo la temperatura del medio ambiente de 40 °C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad (A)
3 · 50 Al + 16 Cu	50	125
3 · 95 Al + 30 Cu	95	195
3 · 150 Al + 50 Cu	150	260
3 · 240 Al + 80 Cu	240	360

Tabla F7-059: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conduct ores de aluminio y con conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas.*

- Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
- Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm^2	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	–	–	–
630	950	915	765	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla F7-060: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C).*

- Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Intensidades máximas admisibles, en amperios, en servicio permanente, para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares (1) 			1 cable trifásico 		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	–	–	–
630	950	915	765	–	–	–

(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla F7-061: *intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C).*

■ Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
■ Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
■ Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Condiciones especiales de instalación en galerías y factores de corrección de intensidades admisibles

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas, cuyas características se han especificado en el apartado “Intensidad máxima admisible, en amperios, para conductores en instalación al aire en galerías o canales revisables”, pág. F/194, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura, provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la Tabla F7-051:

■ **Factores de corrección por una temperatura ambiente diferente a 40 °C**

En la Tabla F7-062, se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, θ_a, distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θ_s en la Tabla F7-051.

T. de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77
70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,81	0,71	0,58

Tabla F7-062: *coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C.*

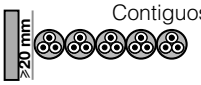
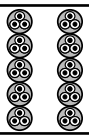
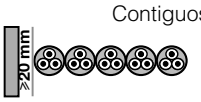
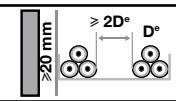
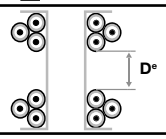
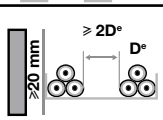
□ El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de la tabla será:

$$F = \frac{\theta s - \theta a}{\theta s - 40^{\circ}}$$

□ Se observa que en ciertas condiciones de instalaciones (en canalillos, galerías pequeñas, etc.), donde no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.
□ La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 k.
□ La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la Tabla F7-062.

■ **Factores de corrección por agrupación de conductores:**

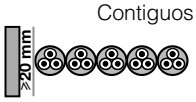
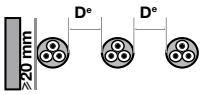
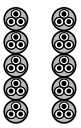
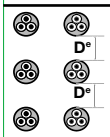
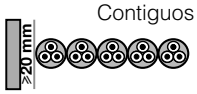
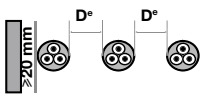
En las Tablas F7-063 y 064 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos, constituidos por cables unipolares o multipolares, en función del tipo de instalación y número de circuitos.
□ Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,00	0,85	–	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	–	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.
(2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.
(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla F7-063: *Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire.*

□ Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos.

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (1)					
			1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	–
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
Bandejas verticales perforadas (3)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
	Espaciados 	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	–
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	–
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	Contiguos 	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	–

(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.
(2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla F7-064. *Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos.*

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y en los cables aislados con diferentes materiales, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

■ Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio.

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	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
S ⩽ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
S > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla F7-065: *densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio.*

■ Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre.

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									
S ⩽ 300 mm²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
S > 300 mm²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

Tabla F7-066: *densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre.*

■ Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema, no contemplados en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20.435 o calcularse según la norma UNE 21.144.

El conductor neutro

Dependiendo del número de conductores cuya distribución se haga la sección mínima del conductor neutro será:

■ Con dos o tres conductores: iguales a la de los conductores de fase.

■ Con cuatro conductores: la sección del neutro será, como mínimo, la de la Tabla F7-067.

Conductores de Cu en (mm²)		Conductores de Al en (mm²)	
Conductores de fase	Sección neutro	Conductores de fase	Sección neutro
6	6	–	–
10	10	–	–
16	10	16	16
25	16	25	16
35	16	35	16
50	25	50	25
70	35	70	35
95	50	95	50
120	70	120	70
150	70	150	70
185	95	185	95
240	120	240	120
300	150	300	150
400	185	400	185

Tabla F7-067: *sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores.*

Instalaciones subterráneas de cables aislados:

■ Las canalizaciones de distribución y suministro de energía se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras.

■ El trazado será lo más rectilíneo posible y, a poder ser, paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Así mismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto, los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección. Ver apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas, se abrirán las calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

■ Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las formas indicadas a continuación.

Conducciones con conductores directamente enterrados:

■ La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

■ Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse entubando los conductores. Ver “Canalizaciones entubadas”. O por el contrario, deberán aumentarse en los casos de cruzamientos o paralelismos. Ver apartados “Cruzamientos” y el de “Paralelismos”, a continuación.

■ Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

□ El lecho de la zanja qua va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

□ Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y la parte superior del cable de 0,25 m.

□ Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

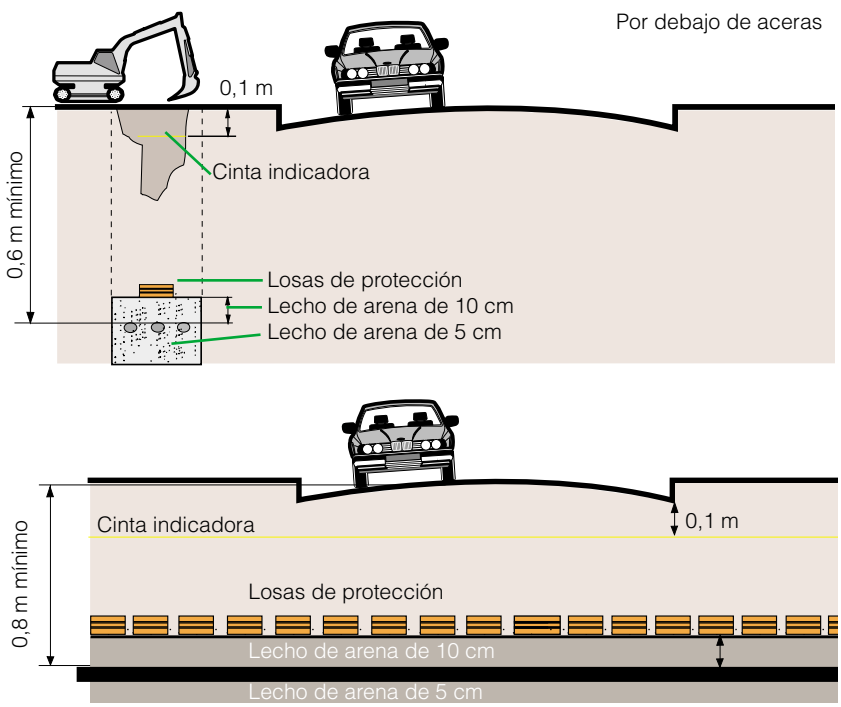


Fig. F7-068: *colocación de conductores directamente enterrados.*

Conducciones con conductores entubados y enterrados:

■ Serán conformes con las especificaciones del apartado “Instalaciones enterradas”, pág. F/244. No se instalará más de un circuito por tubo.

■ Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

■ Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

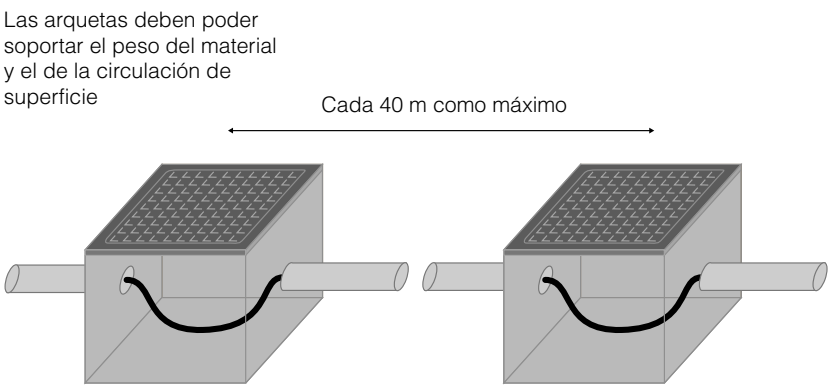


Fig. F7-069: *situación de conductores entubados enterrados bajo aceras o calzadas.*

■ A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

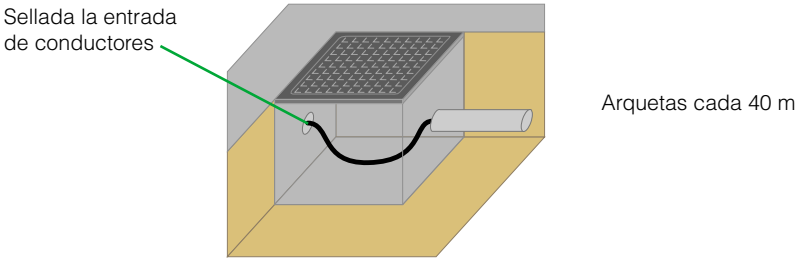


Fig. F7-070: *sellado de las conducciones subterráneas y los conductores en los registros.*

Conducciones en galerías subterráneas

Se consideran los tipos de galería:

■ Galería transitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas. Las galerías transitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones.

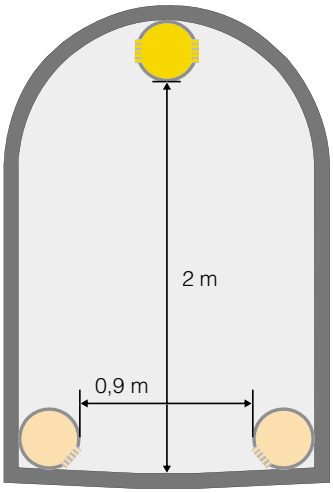
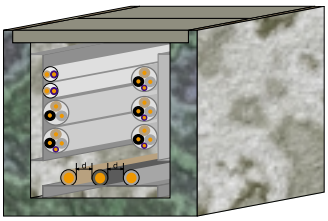


Fig. F7-071: *galerías transitables.*

■ galería registrable o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y donde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.



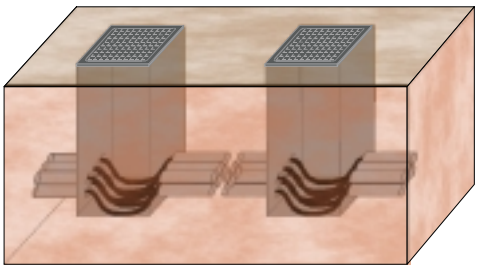


Fig. F7-072*: galerías no transitables.*

Galerías transitables

Condiciones generales en galerías transitables:

■ Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes.

■ Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las del tráfico, que correspondan.

■ En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

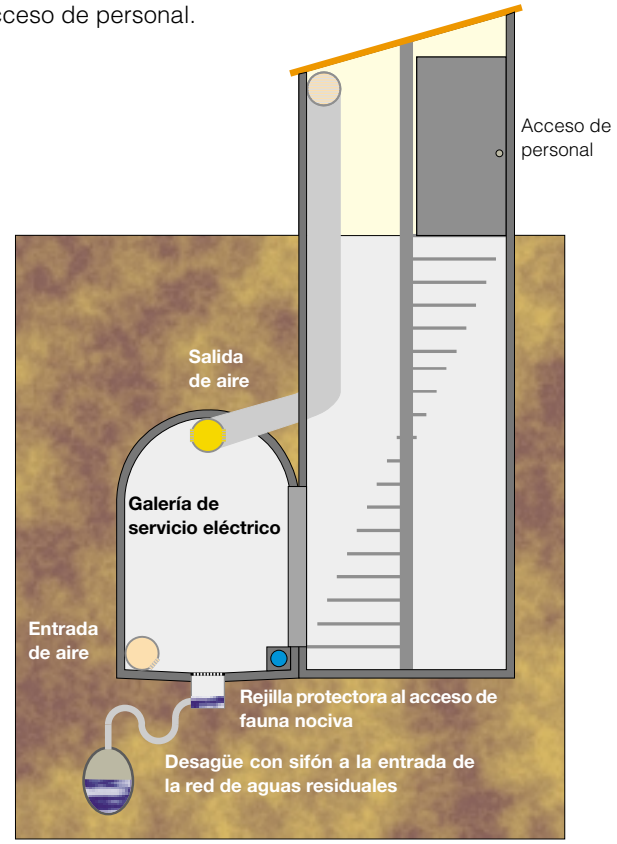
■ Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías. Deberá permitirse la entrada y salida de los materiales.

■ La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.

■ Los suelos de las galerías serán antideslizantes, deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

■ Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

□ Acceso de personal.



□ Acceso de materiales.

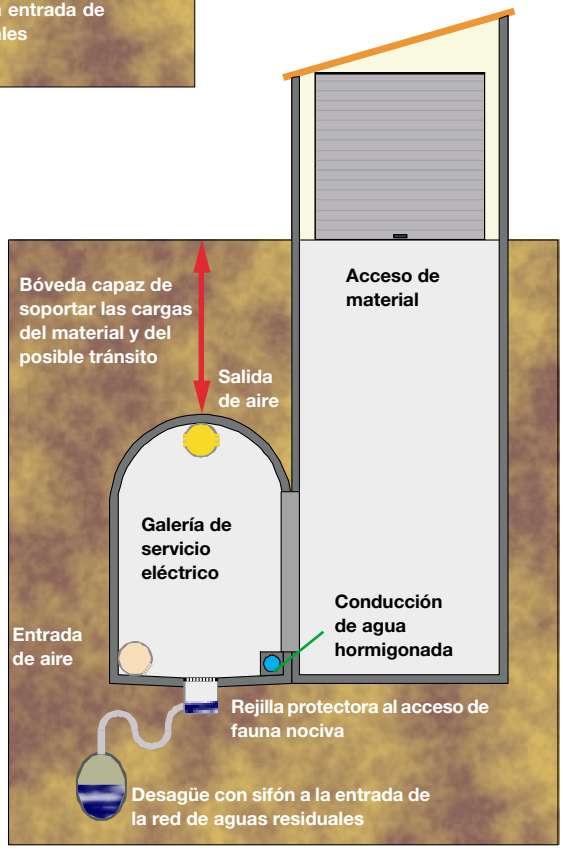


Fig. F7-073: *características generales de las galerías.*

■ Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable, que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacúa.
■ Es recomendable que los desagües dispongan de doble sifón para evitar la penetración de gases, un correcto mantenimiento de renovación de agua del primer sifón y una reja para evitar la entrada de animales.

Conducciones a instalar en galerías transitables:

■ Las galerías transitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas.
■ Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento.
■ Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).
■ Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto, procurando conservar su posición relativa con los demás.
■ Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.
■ Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quien pertenecen.

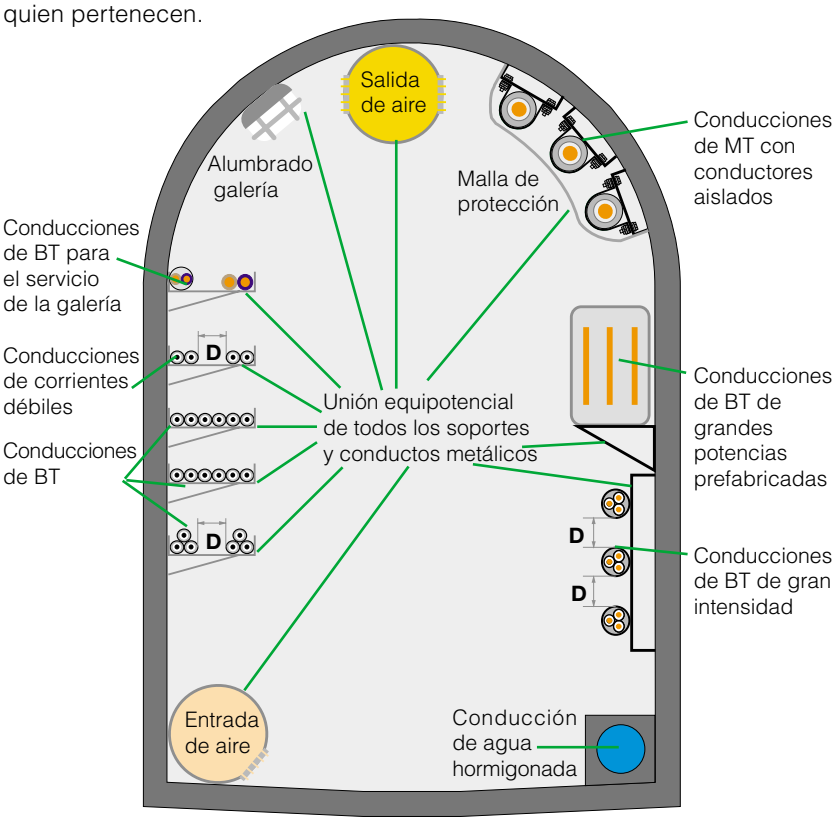


Fig. F7-074: *galerías para el servicio eléctrico.*

Sujeción de los cables en galerías transitables:

■ Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujección (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que puedan presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.

■ Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujección, así como su separación.

■ En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase con respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

■ Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor, se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

□ emplear conductores del mismo material, sección y longitud;

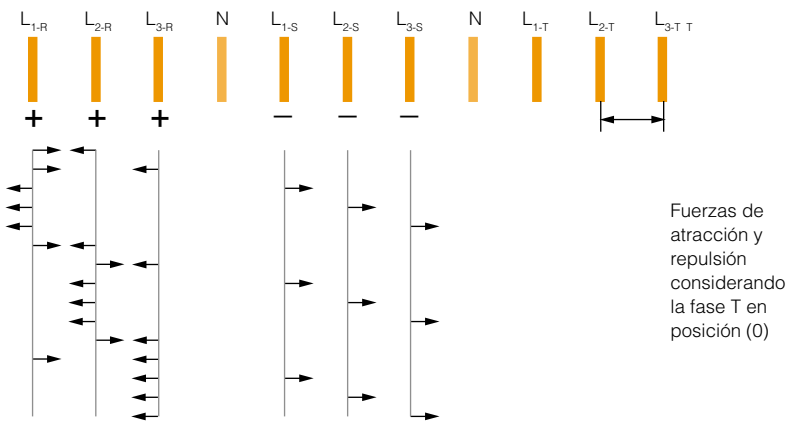
□ los cables se agruparán en ternas dispuestas al tresbolillo, en uno o varios niveles:

– cables al tresbolillo: RST, TSR, RST;

– cables en tres planos: un nivel RST, TSR, RST. Varios RST, TSR.

■ En una red trifásica si consideramos el momento que una fase está en posición (cero), otra fase estará adelantada (+) y la otra retardada (–); si consideramos el caso más desfavorable para los esfuerzos electrodinámicos, que es el cortocircuito bifásico, podemos considerar:

□ En una distribución tradicional tres conductores por fase:



□ En una distribución alternada (sandwich):

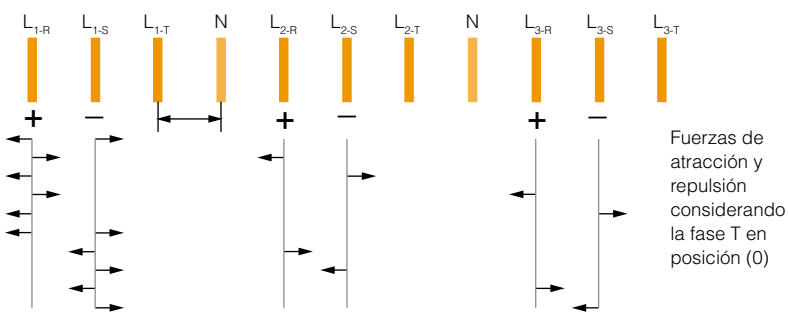


Fig. F7-075: *situación de los cables y amarre para la compensación de los esfuerzos electrodinámicos.*

El coeficiente K a aplicar en la primera solución es de K = 1,49 y en la segunda K = 0,37.
En el último volumen desarrollaremos la fórmula de cálculo de los esfuerzos electrodinámicos.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles en galerías transitables

Todos los elementos metálicos para la sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.), se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería. (Ver Fig. F7-074: galerías para el servicio eléctrico.)

Galerías transitables de longitud superior a 400 m

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones especificadas anteriormente para las galerías, dispondrán de:
a) iluminación fija interior;
b) instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm;
c) indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas;
d) acceso de personas cada 400 m como máximo;
e) alumbrado se señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores;

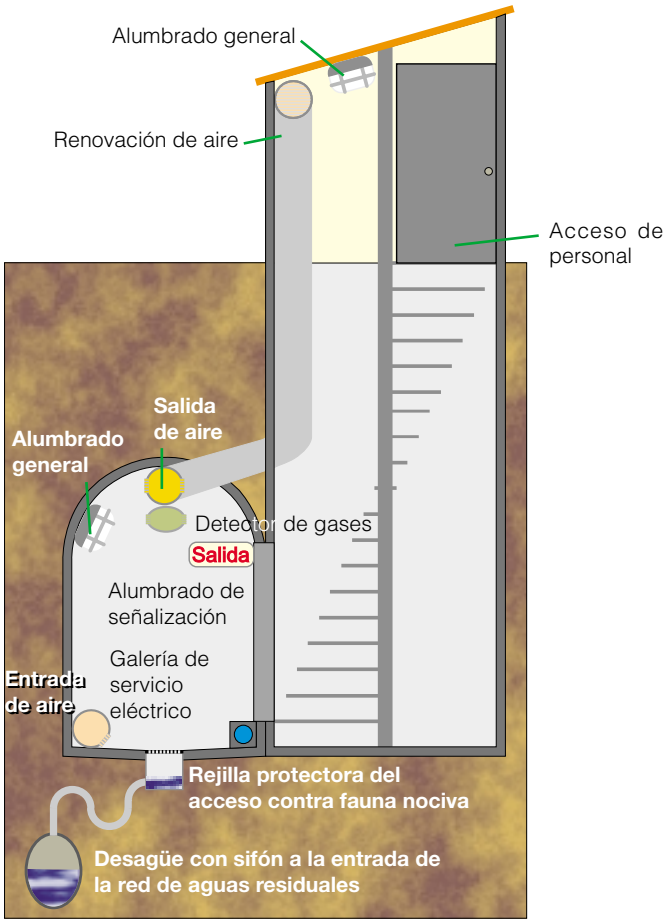


Fig. F7-076: *galerías transitables de más de 400 m.*

f) tabiques de sectorización contra incendios (RF120), según NBE-CPI-96;
g) puertas cortafuegos (RF90), según NBE-GPI-96.

Galerías o zanjas no transitables (registrables):

■ En tales galerías se admiten cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación.

■ No se admite la existencia de canalizaciones de gas.

■ Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que, en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo disponemos de una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación, y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, disponemos los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

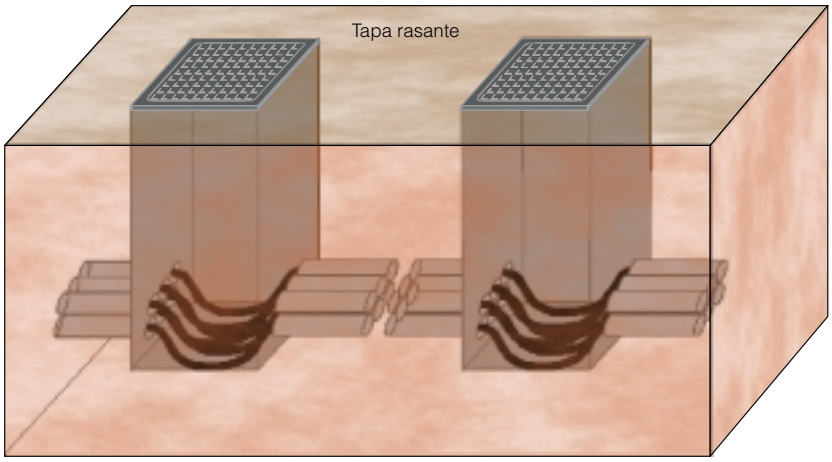


Fig. F7-077*: galerías o zanjas no transitables (registrables).*

■ Las condiciones de seguridad más destacables que debe cumplir este tipo de instalación son:

□ estanqueidad de los cierres, y

□ buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

En atarjeas o canales registrables:

■ En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo), manipulables a mano.

■ Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso puede ser preferible utilizar canales distintos.

■ El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe riesgo de explosión, ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

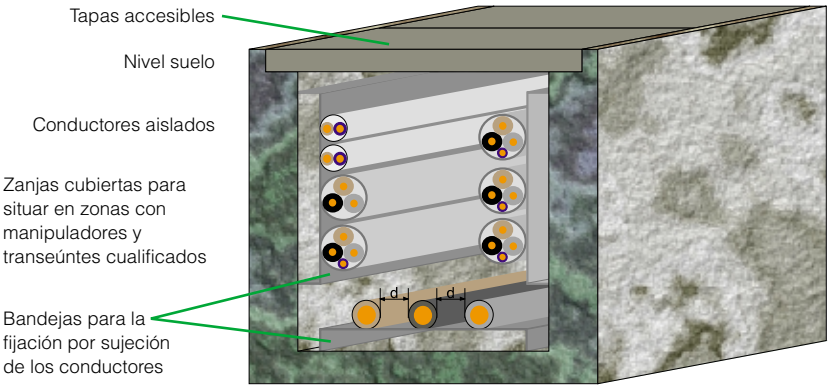


Fig. F7-078: *instalaciones en canales a ras de suelo registrables.*

Instalaciones vistas en bandejas:

■ Normalmente este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas, en la parte interior de edificios no sometida a la intemperie y donde el acceso quede restringido a personal autorizado.

■ Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

■ En el apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, pág. F/214, tendremos la oportunidad de tener una mayor información del tipo de instalación y características.

Cruzamientos:

■ Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos competentes, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

■ Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, se deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado “Intensidades máximas de utilización en régimen permanente en líneas enterradas”, pág. F/190.

■ Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente, puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considera más adecuado. Su instalación precisa zona amplias, despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar, para la ubicación de la maquinaria.

Calles y carreteras:

■ Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en el apartado “Instalaciones enterradas”, pág. F/244, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m.

■ Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

■ La ejecución de la instalación deberá cumplir las condiciones del apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

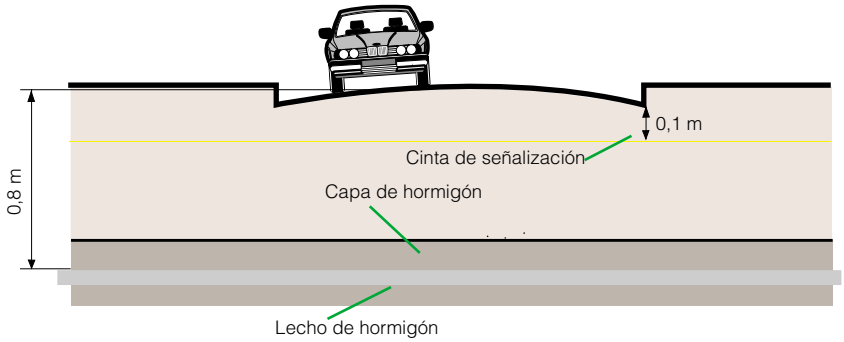


Fig. F7-079: *instalaciones subterráneas en el cruce de carreteras y caminos.*

Cruces de líneas de ferrocarriles:

■ Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en el apartado "Instalaciones enterradas", pág. F/244, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa.

■ Los tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

■ La ejecución de la instalación deberá cumplir las condiciones del apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

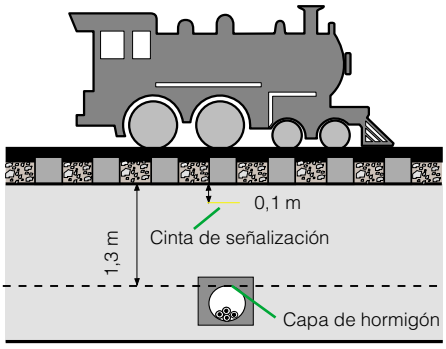


Fig. F7-080: *instalaciones subterráneas en el cruce de líneas férreas.*

Cruces con otros cables de energía eléctrica:

■ Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurran por encima de los de alta tensión.

■ La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será:

□ 0,25 m con cables de alta tensión;

□ 0,10 m con cables de baja tensión.

■ La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado "Otros esfuerzos mecánicos (AJ)", pág. F/162, para poder soportar los esfuerzos derivados del tránsito y la identificación de su situación.

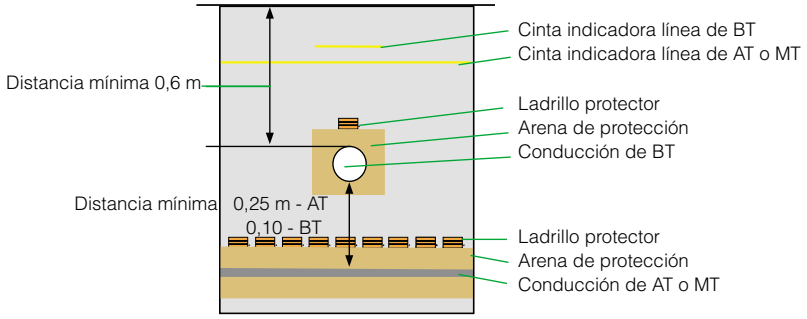


Fig F7-081: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de AT o MT.*

Cables de telecomunicación:

■ La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.

■ La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

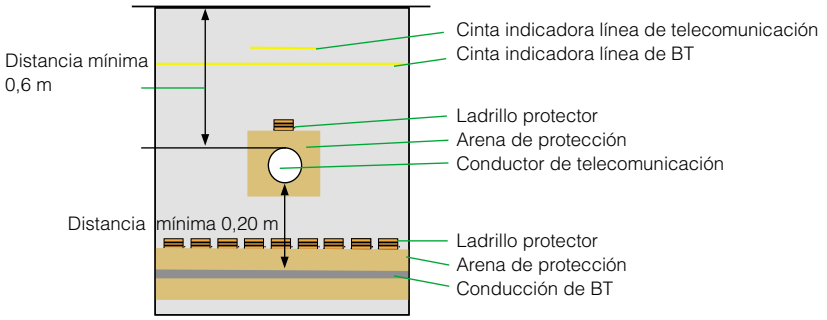


Fig. F7-082: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de líneas de telecomunicación.*

Canalizaciones de agua y gas:

■ Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

■ La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m.

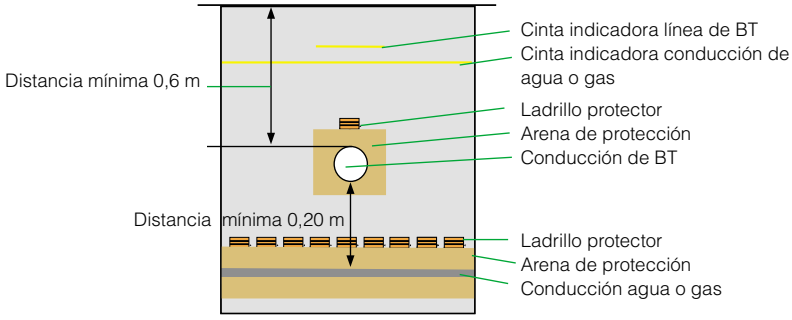


Fig. F7-083: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de conducciones de agua o gas.*

■ Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior de 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

Conducciones de alcantarillado:

■ Se procurará pasar los cables encima de las conducciones de alcantarillado.

■ No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada.

■ Si no es posible, se pasará por debajo y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

Depósitos de carburante:

■ Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162, y distarán como mínimo 0,20 m del depósito.

■ Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

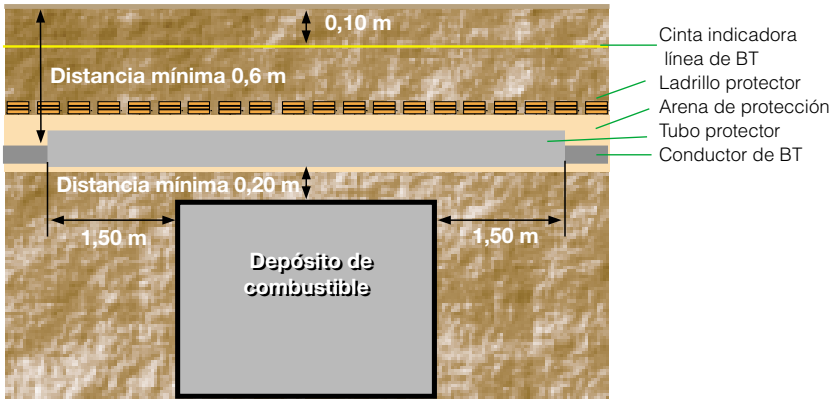


Fig. F7-084: *instalaciones subterráneas de BT en el cruce de depósitos de combustible.*

Paralelismos o proximidad

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Con otros cables de energía eléctrica:

■ Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de:

□ 0,10 m con los cables de baja tensión y

□ 0,25 m con los cables de alta tensión.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

■ En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

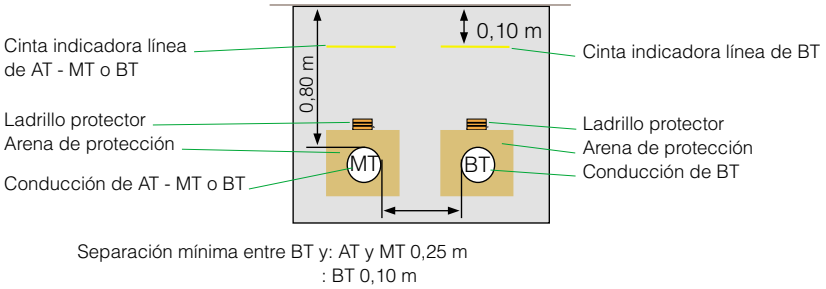


Fig. F7-085: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y otras tensiones.*

Con cables de telecomunicación:

■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

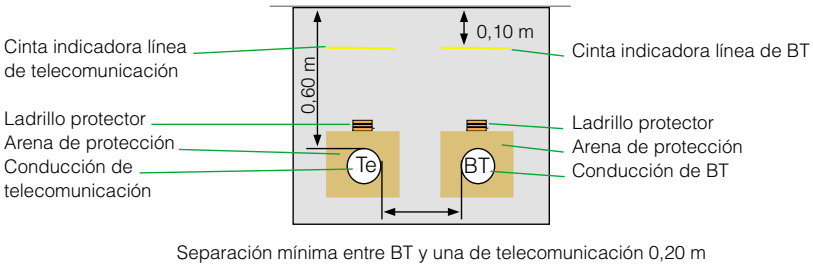


Fig. F7-086: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y líneas de telecomunicación.*

Con canalizaciones de agua:

■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m.

■ La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.

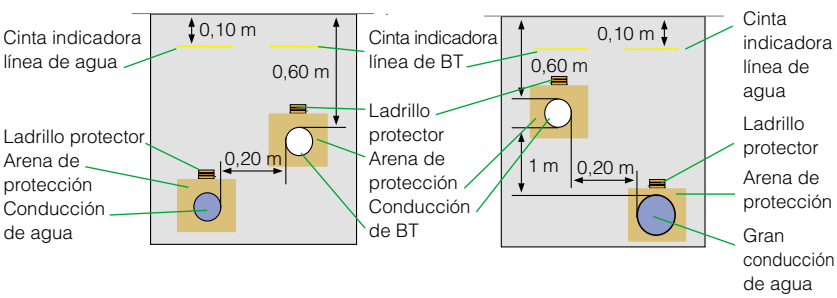


Fig. F7-087: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de agua.*

■ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
■ Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Con canalizaciones de gas:
■ La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m.
■ La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
■ Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.
■ Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

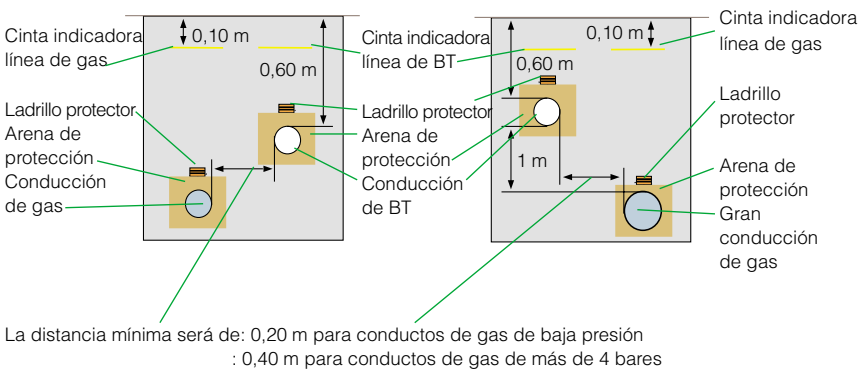


Fig. F7-088: *paralelismos con instalaciones subterráneas de BT y conductos de gas.*

Con acometidas de BT:
■ En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzcan en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.
■ Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
■ La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

7.2. Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras

Sistemas aceptados de distribución de energía:

■ **Distribución con conductores aislados** (cables), más los sistemas de fijación, soporte y protección mecánica.
La forma de colocación de los cables, la de sus fijaciones y protecciones influye en la intensidad que son capaces de conducir.

■ **Distribución con canalizaciones prefabricadas.** Las canalizaciones prefabricadas se distinguen por su facilidad de puesta en servicio y flexibilidad de instalación y modificación.

■ **Ejemplos de realizaciones:**

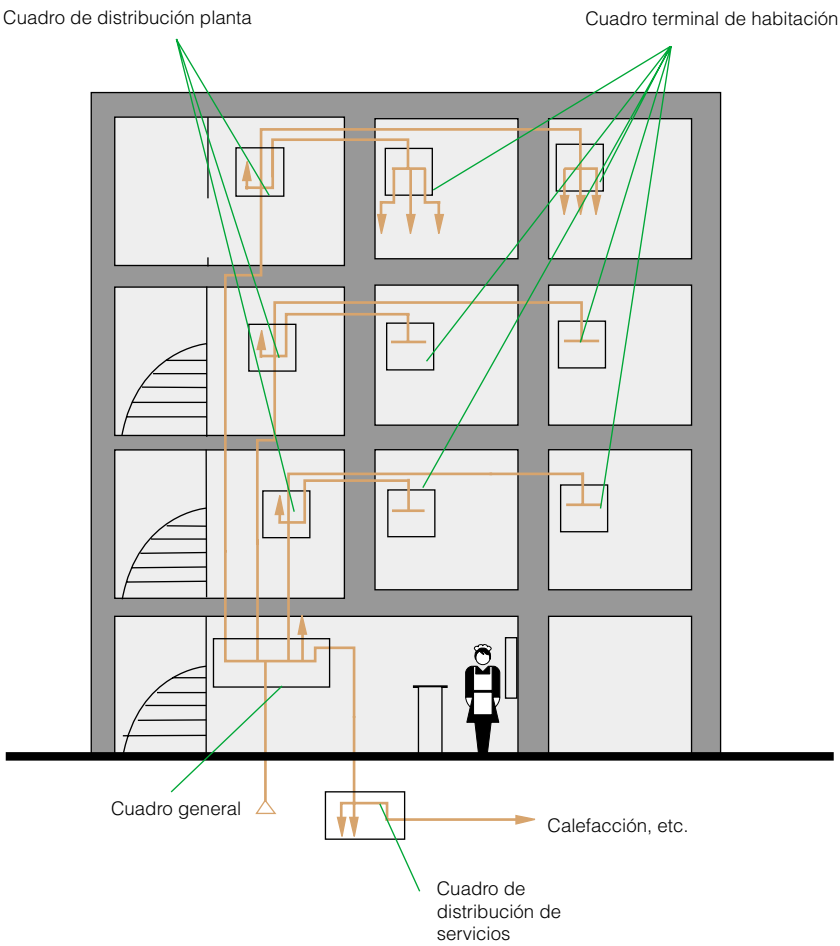


Fig. F7-089: *ejemplo de distribución radial en un hotel con cables.*

Criterios de elección

Los criterios principales de elección son:

■ La inversión (material + mano de obra de montaje + pólizas de cubrimiento de riesgo, implícito en la Directiva de Responsabilidad Civil), las facilidades en la posibilidad de modificaciones y ampliaciones, así como la carga incendiaria en según qué locales.

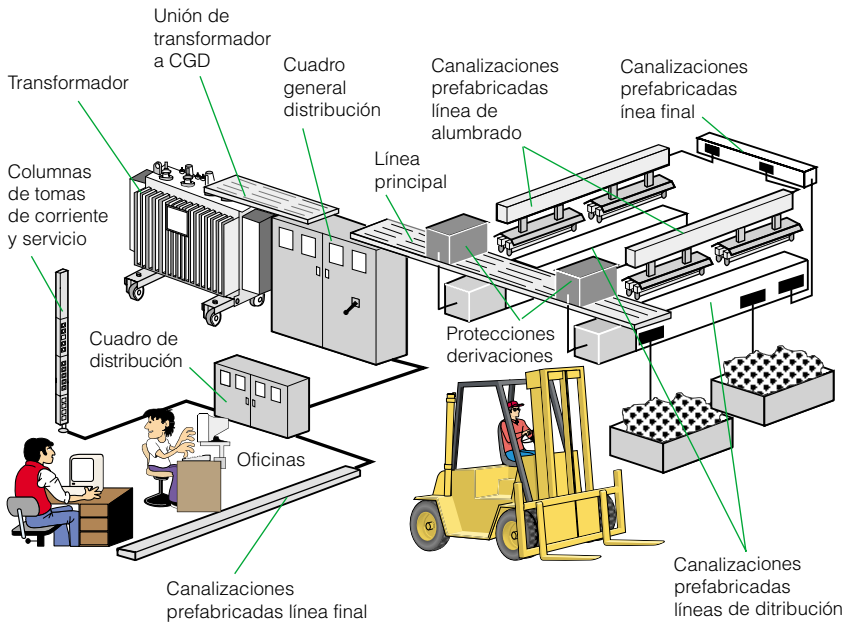


Fig. F7-090: *ejemplo de distribución radial en una industria con canalizaciones prefabricadas.*

■ La flexibilidad. Con una distribución por cables, el coste de las modificaciones varía de forma importante en función de la distancia entre el cuadro y el punto de alimentación.
Si la frecuencia de las modificaciones es importante y por la actividad del utilizador la capacidad incendiaria es importante, es mucho más favorable la utilización de canalizaciones prefabricadas.

Subdivisión 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 un piso, 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 aguas arriba.
■ Deberemos procurar que la forma de realizar las instalaciones nos permita poder seccionar un circuito, sin tener que efectuar una desconexión del interruptor seccionador situado aguas arriba y que controla otros circuitos, los cuales deberíamos de dejar sin alimentación mientras actuamos en el circuito requerido. Con interruptores desenchufables se consiguen continuidades de servicio superiores y si en los cuadros mantenemos grados de protección de aislamiento IPXXB, podremos realizar algunos trabajos en tensión.
■ Procurar subdividir los circuitos de alumbrado en varias líneas, para que el fallo de una de ellas no deje sin alumbrado toda una superficie.
■ Toda 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 a la línea o carga del propio fallo;
□ facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos;
□ evitar los riesgos que podría resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si sólo hay un circuito de alumbrado.
Ver apartado K4-5, “La calidad de la red”, del 4.° Volumen.

Equilibrio de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquéllas queden repartidas entre sus fases o conductores polares.

Los armónicos y el neutro

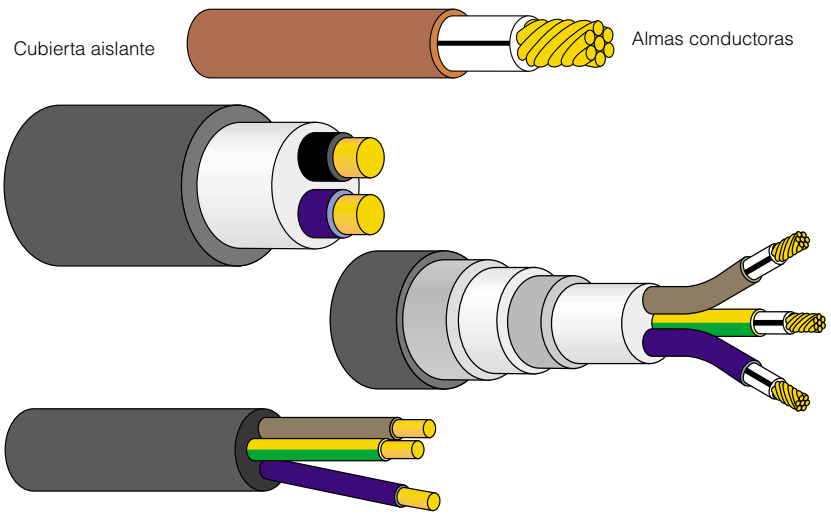
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, en tramos que por su intensidad no es conveniente una compensación con compensadores activos; salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de la fases.
Ver apartados K4-4.5, “Instalación de un compensador activo de armónicos tipo shunt”, y K4-4.6, “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, del 4.º Volumen.

7.2.1. Instalaciones con conductores aislados y conducciones

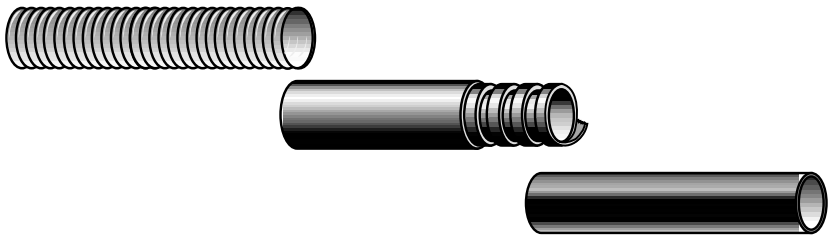
■ Un conductor es siempre unipolar y comprende el alma conductora y la cubierta aislante.



■ Un cable está compuesto por un conjunto de almas conductoras, eléctricamente distintas y mecánicamente solidarias, generalmente bajo un revestimiento aislante (cubierta, trenza, armadura, etc.).

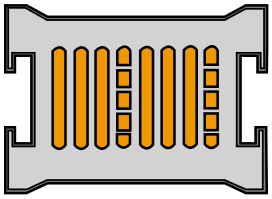


■ El término canalización designa a las envolturas que ubican cables y los elementos que aseguran su fijación y, en algunos casos, su protección mecánica.



F
7

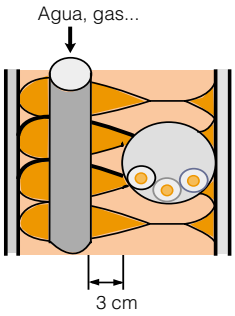
■ El término canalización prefabricada designa a los conjuntos de canalización y conductores perfectamente definidos.



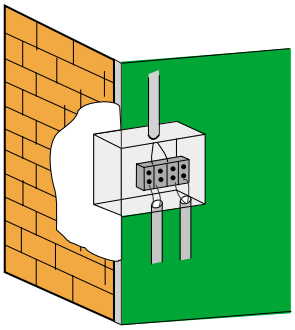
El reglamento de BT y la normativa UNE especifican las características de los cables y las conducciones, tanto para instalaciones vistas como empotradas.

Instalaciones empotradas o vistas:

■ Las conexiones deben realizarse en cajas, accesibles exteriormente.



Registros y cajas de conexiones accesibles por tapa

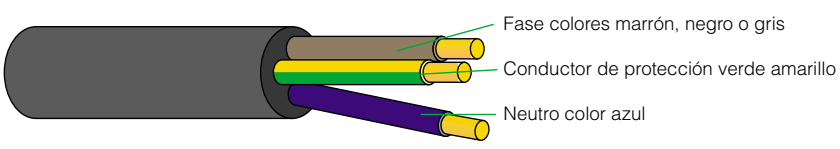


■ Los conductores deben protegerse de las demás instalaciones de los edificios, agua, gas, calefacción, etc. La figura F7-012, pág. F/164, indica las formas de colocación en función:
■ Del tipo de conductor o cable.
■ Del tipo de fijación o canalización.

Designación de los conductores, cables y canalizaciones

Identificación de los conductores:

■ Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente en lo que respeta al conductor neutro y al conductor de protección. La identificación se realiza por medio de los colores que presentan 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.
■ 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 o negro.
■ Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.



F
7

■ Forma de designación de los conductores y cables según la CEI

Los conductores deberán estar marcados según las indicaciónes siguientes:

Código de designación	FRN	07	R	N	H2	A	F	3	G	1,5
Cable armonizado	**H**									
Cable derivado de un tipo armonizado	**A**									
Cable de un tipo nacional	**FRN**									
Tensión de servicio entre conductores										
300 V máximo		**03**								
500 V máximo		**05**								
750 V máximo		**07**								
1.000 V máximo		**1**								
Símbolo del material aislante										
Caucho etileno propileno (EPR)			**B**							
Caucho natural o equivalente (Rubber)			**R**							
Policloruro de vinilo (PVC)			**V**							
Polietileno reticulado (PR)			**X**							
Policloropreno (Neopreno) (PCP)			**N**							
Símbolo del material de la cubierta										
Caucho etileno propileno (EPR)				**B**						
Caucho natural o equivalente (Rubber)				**R**						
Policloruro de vinilo (PVC)				**V**						
Polietileno reticulado (PR)				**X**						
Policloropreno (Neopreno) (PCP)				**N**						
Construcción epecial (eventual)										
Cable plano “divisible”					**H**					
Cable plano “no divisible”					**H2**					
Naturaleza del alma del conductor										
Cobre (no tiene código, por defecto Cu)										
Aluminio						**A**				
Carácter mecánico del alma conductora										
Única, masiva, rígida							**U**			
Trenzada de varillas, rígidas							**R**			
Trenza clase 5 (flexible)							**F**			
Trenza flexible clásica (instalación fija)							**K**			
Trenza extra flexible clase 6							**H**			
Composición del cable										
Número de conductores								**x**		
Ausencia del conductor verde-amarillo									**X**	
Con conductor verde-amarillo									**G**	
Sección del conductor (en números que indican mm²)										**x**

(1) Comité Europeo de Normalización Eléctrica.

Tabla F7-091: *tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC(1).*

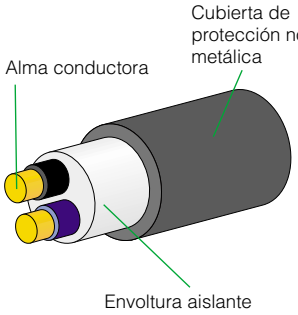


Fig. F7-092*: conductor del ejemplo.*

■ **Ejemplo:**

Denominación H07 RN-F 3G 1,5

H - Cable armonizado.
07 - Tensión nominal 450/750 V.
R - Aislamiento de caucho natural.
N - Cubierta de polipropileno.
– - No es plano.
- (Por omisión) de cobre.
F - Flexible (5).
3 - Tres conductores.
G - Conductor de tierra (verde/amarillo).
1,5 - Sección de 1,5 mm^2.

■ **Conductores estandarizados por CENELEC**

Conductores y cables	Designación según CENELEC	N.º conductores	Sección
Cables rígidos sin halógenos	FRN 1X1X2	1 a 5	1,5 - 630
	FRN 1X1G1	1 a 5	1,5 - 630
	FNR 1X1X2Z4X2	1 a 5	1,5 - 300
	FRN 1X1G1Z4G1	1 a 5	1,5 - 300
Cables flexibles aislados con elastómeros	H 07 RN-F	2 a 5	1,5 - 500
	FRN 07 RN-7	7 a 37	1,5 - 4
Cables aislados con policloruro de vinilo	FRN 05VV-U	2 a 5	1,5 - 35
	FRN 05VV-R	2 a 5	1,5 - 35
	H 05VV-F	2	0,75 - 2,5
	H 05VVH2-F	1	0,75 - -
Cables aislados con policloruro de vinilo	H 07V-U	1	1,5 - 400
	H 07V-R	1	1,5 - 400
	H 07VK	1	1,5 - 240
Conductores aislados sin halógenos	FRN 0...-U	1	1,5 - xxx
	FRN 0...-R	1	1,5 - xxx
	FRN 0...-	1	1,5 - xxx

Tabla F7-093: *tabla de los principales conductores y cables estandarizados por CENELEC.*

Selección e instalación de las canalizaciones

Las canalizaciones deben elegirse en función de su propia utilización, del entorno donde hay que ubicarlas y de la disponibilidad necesaria de las mismas.

Tipos de canalizaciones

Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función del tipo de conductores o cables, deben estar de acuerdo con la Tabla F7-094, y la situación de las canalizaciones con la Tabla F7-095, en el supuesto de que sus características sean adecuadas a las influencias externas de la zona de instalación.

La tabla F7-096, pág. F\223, trata el tema de conformidad a la CEI y al Reglamento de BT.

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Conductores desnudos		–	–	–	–	–	–	+	
Conductores aislados		–	–	+	*	+	–	*	–
Cables con cubierta (incluidos cables armados ycon aislamiento mineral)	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

(+) = Admitido; (–) = No admitido; (0) = No aplicable o no se utiliza prácticamente; (*) = Se admiten conductores aislados si la cubierta sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y el canal es IP4X o IPXXD.

Tabla F7-094: *sistemas de instalación de las canalizaciónes en función de los conductores.*

■ Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de su situación, deben estar de acuerdo con la Tabla F7-095.

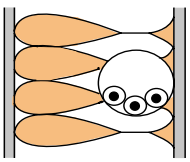
Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Huecos de la construcción	Accesibles	25	21, 25	22	31, 32, 35	23	12, 13, 14, 15, 16	–	0
	No accesibles	21, 25 73, 74	0	23, 73 74	0	23 23	0 0	– -	– –
Canal de obra		43	43	41, 42	31, 32	4, 23	12, 13, 14, 15, 16	–	–
Enterrados		62, 63	0	61	–	61	0	–	–
Empotrados en la estructura		52, 53	51	1, 2, 5	33, 75	24	0	–	–
En montaje superficial		–	11	3	31, 32, 71, 72	4	12, 13, 14, 15, 16	18	–
Aéreo		–	–	0	34	–	12, 13, 14, 15, 16	18	1
Sumergido		81	81	0	–	0	0	–	–

Los números que se indican en las casillas hacen alusión al n.º de referencia del sistema de instalación correspondiente a la Tabla F7-009.
(–) No admitido (0). No aplicable o no se utiliza en la práctica.

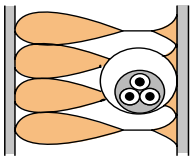
Tabla F7-095: *sistemas de instalación de las canalización en función de su situación.*

Nota: Están permitidos otros métodos de instalación de canalizaciones que no hayan sido incluidos en la Tabla F7-095, siempre que cumplan los requisitos de este capítulo.

Métodos de instalación



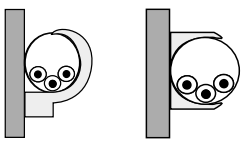
Descripción de los métodos de referencia:
■ Método de referencia A y A2:
A: cables unipolares aislados en el interior de tubos de paredes térmicamente aislantes.
A2: cables multiconductores en el interior de tubos en paredes térmicamente aislantes.



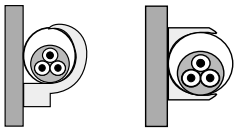
□ El muro o tabique está constituido por un revestimiento exterior estanco, un aislamiento térmico y un revestimiento interior de madera o material análogo, con una conductancia térmica de 10 m·k/W.
□ El tubo está fijado próximo, pero sin tocarlo necesariamente, a la capa de revestimiento interior.
□ El tubo puede ser metálico o de materia plástica.
□ El calor desprendido del cable se disipa solamente a través de esta capa interior.

■ Método de referencia B y B2:

B: cables unipolares aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.



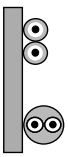
B2: cables multiconductores aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.



□ El tubo está montado de tal forma que la distancia entre él tubo y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.
□ El tubo puede ser metálico o de material plástico.
□ Si el tubo está fijado sobre un muro o tabique de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).

■ Método de referencia C:

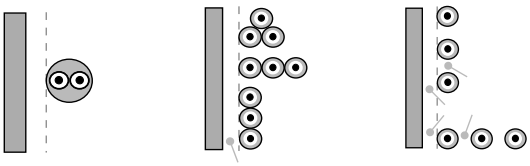
C: cables unipolares o multiconductores sobre un tabique de madera.



□ El cable está montado de tal forma que la distancia entre él y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces su diámetro.
□ Si el cable está fijado sobre un muro o tabique de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).

■ Método de referencia E, F y G.

E, F y G: cable unipolar o multiconductor al aire libre.



□ El cable está montado de tal forma que no existen dificultades para la disipación del calor.
□ El calentamiento por radiación solar o por otras fuentes de calor se tendrá en cuenta.

□ Deben tomarse precauciones para no impedir la convección natural del aire. En la práctica, una separación entre el cable y toda superficie adyacente debe ser al menos de 0,3 veces el diámetro exterior del cable, para cables multiconductores y 0,1 para cables unipolares, para poder considerar las corrientes admisibles correspondientes a instalaciones al aire.

Configuración de los circuitos

Las corrientes admisibles indicadas en la tabla F7-131 son válidas para circuitos sencillos, constituidos por el siguiente número de conductores:

■ Métodos de referencia:

A y B:

□ dos conductores aislados o dos cables unipolares



□ tres conductores aislados o tres cables unipolares.



A2 y B2:

□ un cable de dos o tres conductores

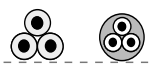


C:

□ dos cables unipolares o un cable de dos conductores



□ tres cables unipolares o un cable de tres conductores



E, F y G:

□ Las corrientes admisibles, indicadas en la Tabla F7-131, son válidas para cables de dos o tres conductores, dos o tres cables unipolares dispuestos según se indica para cada método de referencia.

Número de conductores cargados:

■ Los valores de corriente admisibles indicados para los conductores cargados son válidos, para un cable de dos conductores.

■ Los cables de tres conductores pueden soportar corrientes admisibles más elevadas cuando solamente están cargados dos conductores.

■ Los valores de corrientes admisibles indicadas para tres conductores cargados son igualmente válidos en un sistema trifásico con neutro equilibrado.

■ Los cables de cuatro o cinco conductores, pueden transportar corrientes admisibles más elevadas, cuando solamente se cargan tres conductores. Este tema está en estudio por la CEI.

Consideraciones de instalación:

■ Para determinar las corrientes admisibles en un cable se considera una bandeja no perforada cuando los agujeros ocupan menos del 30% de su superficie.

■ Una bandeja de escalera se considera como soporte metálico si la superficie sobre la que se apoyan los cables ocupan menos del 10% de la superficie.

Variación de las condiciones de instalación en un recorrido:

■ Cuando por razones de protección mecánica se dispone un cable en un conducto o canal para instalaciones (canaleta), en una longitud no superior a un metro, no será necesaria la reducción de corrientes admisibles, siempre que el conducto o canal para instalaciones (canaleta) esté al aire o instalado sobre una superficie vertical.

■ Cuando una canalización está empotrada o instalada sobre un material de resistencia térmica superior a 2 m·K/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,2 m.

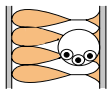
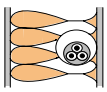
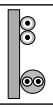
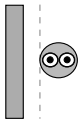
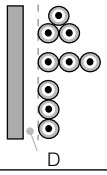
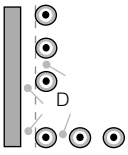
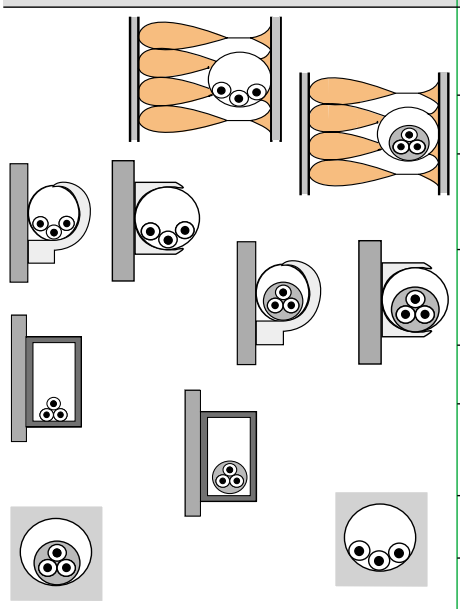
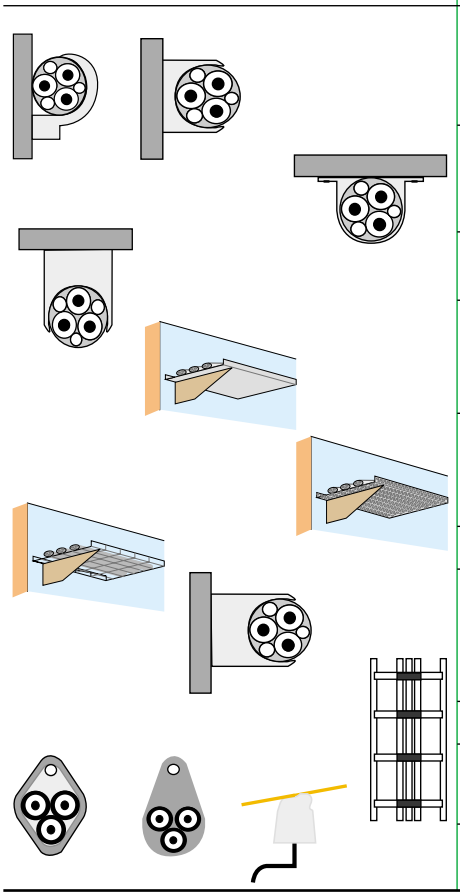
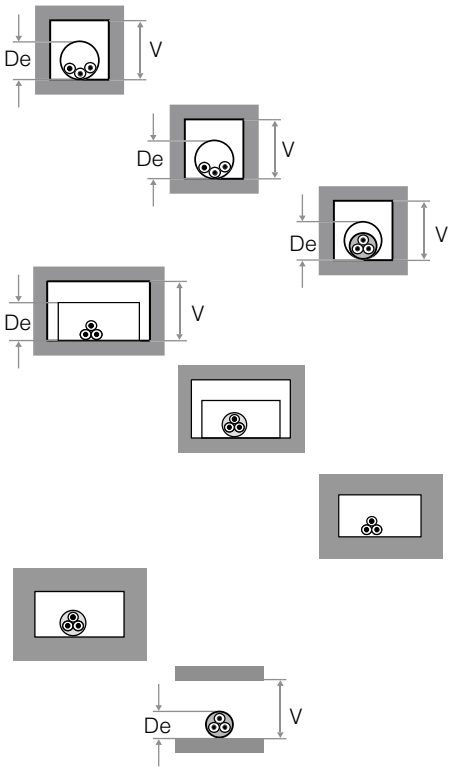
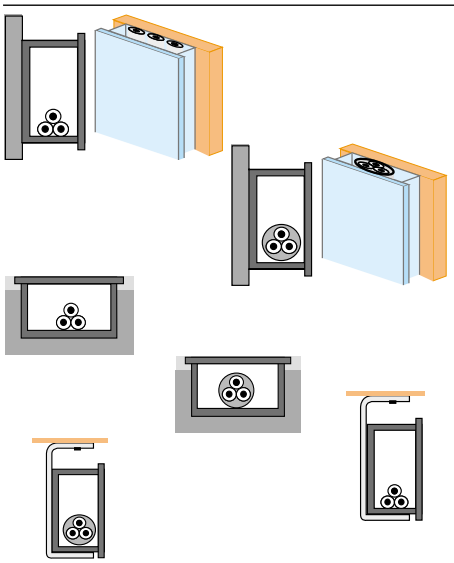
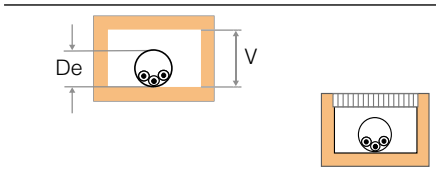
Metódos de referencia (52-B1)									
Instalación de referencia			Tablas y columnas						
			Aislamiento PVC 2 3 conductores		Aislamiento XLPE o EPR 2 3 conductores		Aislamiento mineral 1, 2 y 3 conductores	Factor de tempera-tura ambiente	Factor de agrupa-miento
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Conductores aislados en tubos empotrados, en paredes aislantes	A	52-C1 col. A	52-C3 col. A	52-C2 col. A	52-C4 col. A	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores en tubos empotrados, en paredes aislantes	A2	52-C13 col. 2	52-C13 col. 4	52-C14 col. 2	52-C14 col. 4	–	52-D1	52-E1
	Conductores aislados en tubos, sobre un tabique de madera	B	52-C1 col. B	52-C3 col. B	52-C2 col. B	52-C4 col. B	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores en tubos, sobre un tabique de madera	B2	52-C13	52-C13	52-C14	52-C14	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores posados sobre un tabique de madera	C	52-C1 col. C	52-C3 col. C	52-C2 col. C	52-C4 col. C	70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C6	52-D1	52-E1
	Cables de dos o tres conductores al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre en contacto mutuo. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre, sin contacto mutuo Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 °C cubierta 52-C7 105 °C cubierta 52-C8	52-D1	–

Tabla F7-096: *métodos de referencia.*

Nota: En la UNE 20.460-94/5-523, se mantiene un referenciado de las tablas propio de la norma, ésta corresponde a la 52-B1, en cuanto a la forma de instalación, que en este manual hemos referenciado F7-096. En referencia a las intensidades capaces de soportar, la UNE las referencia con los números 52-C del 1 al 14 y una específica con un 20, en el manual la referencia a todas las tablas es la F7-097, pero mantenemos la referencia C1 - C2 - ..... - C14 en las columnas correspondientes.
Por tanto, todas las referencias de la tabla corresponden a la F7-097, el número 52 es el genérico de todas las tablas de la norma, la referencia C(N.º) corresponde a la tabla de la norma y en esta tabla a la columna de la Tabla F7-097.

Métodos de instalación de las canalizaciones (52-B2)			
Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1) 3)]	A	1
	Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1) 3)]	A2	2
	Conductores aislados en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo	B	3
	Cables multiconductores en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo	B2	3A
	Conductores aislados en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera	B	4
	Cables multiconductores en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera	[4)]	4A
	Conductores aislados en conductos empotrados en muros de obra[2)]	B	5
	Cables multiconductores en conductos empotrados en un muro de obra[2)]	(En estudio)	5A
	Cables uni o multiconductores con o sin armadura: ■ Fijados sobre tabique de madera o espaciados a 0,3 veces el diámetro del cable	C	11
	■ Fijados al techo de madera	C Con coef. de ref. 3 de (52-E1)	11A
	■ Separados del techo	(En estudio)	11B
	■ En bandejas no perforadas [2)]	C Con coef. de ref. 2[6)] de (52-E1)	12
	■ En bandejas perdoradas o bandejas de rejilla en tendido horizontal o vertical[1) 2)]	E o F Con coef. de ref.4[5) 6)] de (52-E1)	13
	■ En soportes en tendido horizontal o vertical		14
	■ Fijados mediante abrazaderas y separados de la pared o del techo	E o F Con coef. de ref. 4-5 de (52-E1) o bien G[5) 6)]	15
	■ Sobrebandejas de escalera		16
	■ Cables con cubierta uni o multiconductores suspendidos de, o incorporando un cable fiador	E o F	17
	■ Conductores desnudos o aislados sobre aisladores	G	18

F
7

Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables con cubierta uni o multiconductores en huecos de la construcción[7) 8) 6)]	1,5 De ⩽V <5 De (B2) 5 De⩽V<50 De (B)	21
	Conductores aislados con tubos en huecos de la construcción[7) 9) 6)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V (B)	22
	Cables uni o multiconductores aislados con tubos en huecos de la construcción	*)	22A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular en huecos de la construcción[7) 9) 6)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V(B)	23
	Cables uni o multiconductores en conductos de sección no circular en huecos de la construcción	*)	23A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 m · K/W[7) 8) 6)]	1,5 De ⩽V <5 De (B2) 5 De⩽V<50 De (B)	24
	Cables uni o multiconductores embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 m · K/W	*)	24A
	Cables con cubierta uni o multiconductores: □ En falsos techos. □ En falsos suelos[7) 8) 6)]	Ver 24	25
	Conductores aislados o cables unipolares en canales para instalaciónes (canaletas) fijadas a un tabique de madera: □ En sentido horizontal[10)] □ En sentido vertical[10) 11)]	 B B	31 32
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) fijadas a tabiques de madera: □ En sentido horizontal[10)] □ En sentido vertical[10) 11)]	 12) 12)	31A 32A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10)]	B	33
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10)]	B2	33A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10)]	B	34
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10)]	B2	34A
	Conductores aislados en tubos o cables multiconductores en canales de obra (atarjeas) cerrados en recorrido horizontal o vertical[11) 14)]	1,5 De ⩽V <20 De (B2) 20 De⩽V (B)	41
	Conductores aislados con tubos en canales de obra (atarjeas) ventiladas[13) 15)]	B	42

F
7

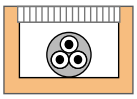
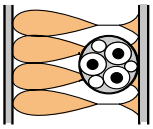
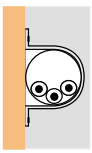
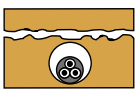
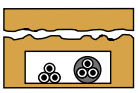
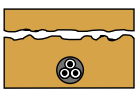
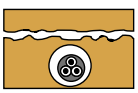
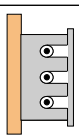
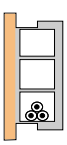
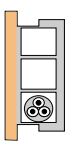
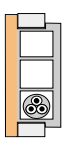
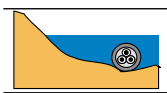
Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables uni o multipolares en canales de obra (atarjeas) abiertos o ventilados[15]	B	43
  	Cables multiconductores con cubierta empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes	A	51
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 m · K/W, sin protección mecánica complementaria[16]	C	52
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 m · K/W, sin protección mecánica complementaria[16]	C	53
   	Cables uni o multiconductores con cubierta en tubos o en conductos de sección no circular enterrados		61
	Cables uni o multiconductores con cubierta enterrados: ▫ Sin protección mecánica adicional ▫ Con protección mecánica adicional		 62 63
     	Conductores aislados en molduras[19]	A	71
	Conductores aislados, cables unipolares dentro de canales de zócalo	B[19]	72
	Cables multiconductores dentro de canales en los zócalos (*) Comportamiento para cables de comunicaciones y datos	B2	72A
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las puertas[17]	A	73
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las ventanas[17]	A	74
	Conductores aislados o cables uni o multipolares en canales enrasadas		75
	Cables uni o multiconductores con cubierta sumergidos en agua		81

Tabla F7-097: *métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1).*

Notas:
1) La pared interior tiene una conductividad térmica no inferior a 10 W / m · °K.
2) La resistividad térmica de la obra de albañilería no es superior a 2 m · K/W.
3) Para un cable multiconductor directamente en muro aislado, véase referencia 51
4) En estudio por la CEI, pueden utilizarse los valores dados para el método B2.

5) Para ciertas aplicaciones puede ser más apropiado utilizar factores específicos, por ejemplo las tablas 52-E4 y 52-E5.
6) Estos valores pueden utilizarse también en recorridos verticales. Cuando las condiciones de ventilación están limitadas, la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de incrementarse considerablemente. El tema está en estudio por la CEI.
7) V = menor dimensión o diámetro del hueco, o dimensión del alveolo del bloque vertical, hueco del techo o del suelo. Si V es mayor que 50 D_e, los métodos C, E o F son adecuados. La profundidad de un hueco es más importante que su anchura.
8) D_e = diámetro exterior de un cable multiconductor:
□ 2,2 veces el diámetro de un cable, cuando tres cables unipolares están instalados en triángulo;
□ 3 veces el diámetro de un cable cuando tres cables están instalados contiguos.
9) D_e = diámetro exterior del conductor o altura del bloque alveolado.
10) Los valores de la Tabla F7-131, columnas C1 a C4, C13 y C14, para el método B y B2 son válidos para un solo circuito. En el caso de varios circuitos, los factores de corrección de la Tabla F7-134 (52-E1) deben aplicarse, incluso, si se prevén tabiques de separación.
11) Deben tomarse precauciones en casos de trazados verticales y si las condiciones de ventilación están limitadas: la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de aumentar. Este tema está en estudio por la CEI.
12) En estudio por la CEI. (Pueden utilizarse momentáneamente los valores indicados para el método B2).
13) Para cables multiconductores, instalados según el tipo de instalación n.º 42, se utilizará el método de referencia B2.
14) D_e = diámetro exterior del tubo.
V = altura interior del paso de conductores.
15) Es recomendable limitar el empleo de estos tipos de instalación en emplazamientos, donde su acceso está permitido sólo a personas autorizadas y donde sea posible evitar la reducción de corrientes admisibles y riesgos de incendio, debidos a la acumulación de residuos.
16) Para cables de sección no superior a 16 mm^2 la corriente admisible puede ser superior. (Ver apartado “Descripción de los métodos de referencia” pág. F/220.)
17) Se supone que la conductividad térmica del medio circundante es baja, debido a los materiales de construcción y a los posibles espacios de aire.
Cuando la construcción es térmicamente equivalente a los métodos 31 o 32, pueden utilizarse los métodos de referencia B o B2.

Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas (ver pág. F/219)

Dimensiones de los cables:

■ Para cables multiconductores con aislamiento de polímeros cuyos conductores tengan una sección inferior o igual a 16 mm^2, los valores de corrientes admisibles se basan en los cables cuyas dimensiones sean apropiadas a los conductores circulares. Para conductores de mayor sección, se indican los valores para conductores sectoriales.

■ Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo la forma del conductor) y las tolerancias de fabricación conducen a una gama de dimensiones posibles para cada sección nominal. Los valores indicados en las tablas se han elegido teniendo en cuenta estas variaciones de valores con garantía y uniendo los valores para una curva regular, en función de la sección nominal de los conductores.

■ Los valores de corrientes admisibles, los factores de temperatura ambiente y de agrupamiento dados se aplican a los cables sin armadura y a los conductores aislados de conformidad a las normas UNE 21.031, 21.123 y 21.157, siempre para los espesores de aislamiento correspondientes a tensiones de 1 kV en c.a., a 50 o 60 Hz y 1,5 kV en c.c.

■ Los valores de las tablas para cables multiconductores pueden utilizarse para cables armados, con la condición de que cada cable contenga todos los conductores de un circuito en c.a., y los valores estén dentro del margen de seguridad.

■ Los valores de las tablas pueden usarse igualmente con garantía para cables con conductor concéntrico y pantalla o envolvente metálica.

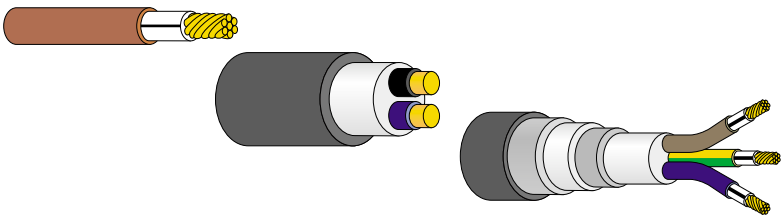
■ Los valores de las tablas pueden aplicarse para circuitos en corriente continua.

■ Las corrientes admisibles, indicadas en las tablas, están determinadas para

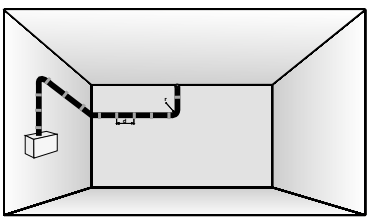
los tipos de conductores y cables aislados y para los tipos de instalación normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas fijas:
□ la Tabla F7-097 indica los métodos de referencia de instalación y las correspondientes tablas de corrientes admisibles.
□ las Tablas F7-133 y F7-134 indican variaciones en los tipos de instalación, y el procedimiento a utilizar para reducir los valores de corriente admisibles en los métodos de referencia.

Conducciones con cables aislados fijados directamente sobre paredes:

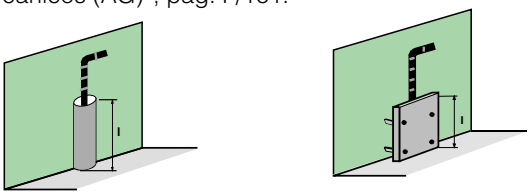
■ Se utilizarán cables de tensiones nominales no inferiores a 0,6/1 kV, de acuerdo a la norma UNE 20.460-5-52, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).



■ Para la ejecución de las conducciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
□ Se fijarán sobre las paredes, por medio de bridas, abrazaderas o collares, de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
□ Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos no excederá de 0,4 metros. Ver “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.



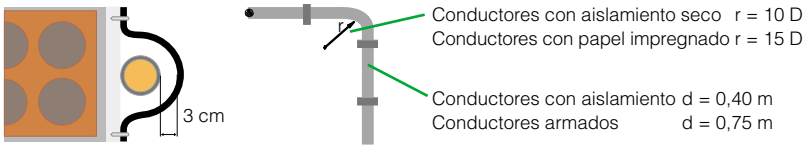
□ Cuando los cables deban disponer de protección mecánica, por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos. Ver “Impactos por efectos mecánicos (AG)”, pág. F/161.



□ Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable. Ver “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.
□ Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de

3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables, cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla. Ver "Fuentes externas de calor", pág. F/159 y "Presencia de agua", pág. F/160.

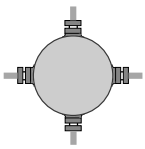
□ Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento, para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado "Conducciones entubadas", pág. F/235. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado "Conducciones en molduras y zócalos", pág. F/230.



□ Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

□ Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta esté protegida adecuadamente contra la corrosión.

□ Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes, provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento de la inaccesibilidad de las conexiones y permitan su verificación en caso necesario.



Cables aislados en el interior de huecos de la construción:

■ Los cables colocados en el interior de huecos de la construcción, según UNE 20.460-5-52, serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V.

■ Los cables con cubierta podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

■ Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

■ En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).

■ La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

■ Las paredes que separen un hueco, que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

■ Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

■ La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

■ Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.
■ Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastante alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre, no superior a 3 metros, quede dentro de los límites admisibles.

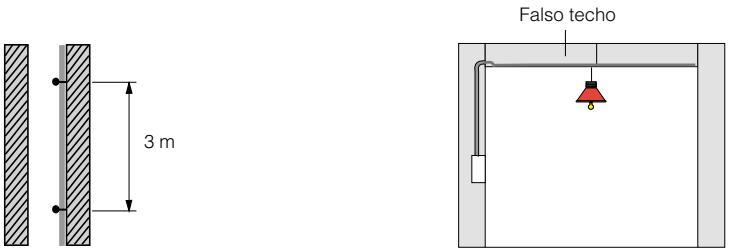


Fig. F7-098: *instalaciones en huecos de la construcción.*

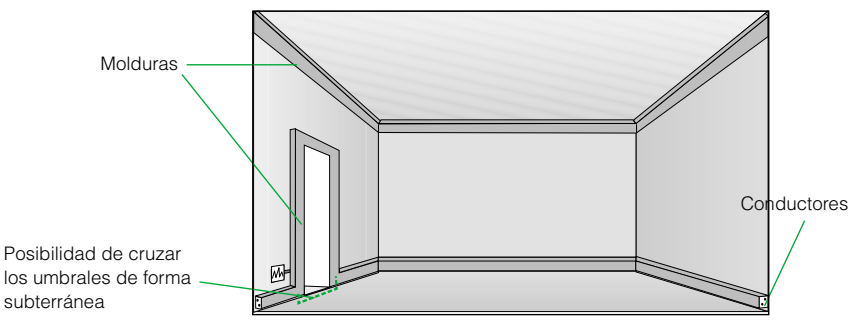
■ Se tendrá en cuenta, al disponer de puntos de fijación, que no debe quedar comprometida ésta cuando se suelten los bornes de conexión, especialmente en recorridos verticales, y se trate de bornes que están en su parte superior.
■ Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.
■ Cuando no se tomen las medidas para evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras

■ La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.
■ Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21.
■ En las canales protectoras de grado de protección a IP 4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas”, según la Norma UNE-EN 50085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

Conducciones en molduras y zócalos:

■ Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos.
■ Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.



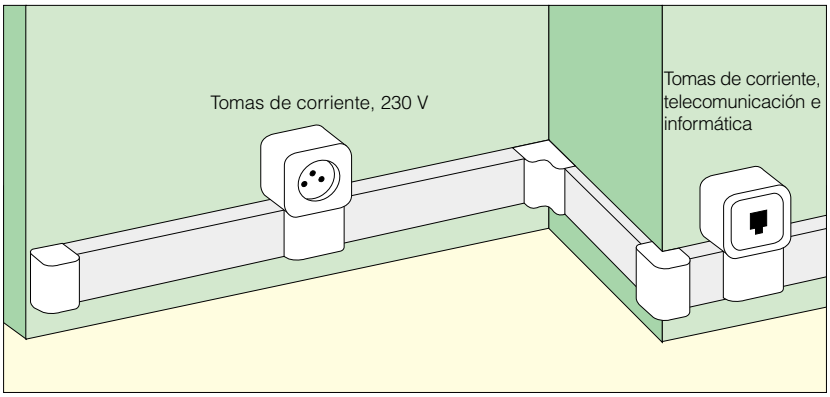


Fig. F7-099: *instalaciones con conducciones en molduras y zócalos.*

Tipos de molduras y zócalos:

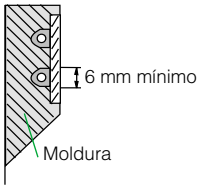
■ El bucle puede ser realizado por:

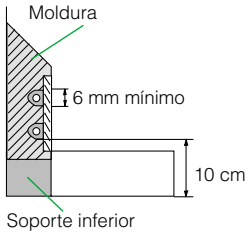
□ Un sistema estilizado de molduras o zócalos en materia plástica o de madera.

□ El sistema comprende un zócalo acanalado con tapa y los accesorios necesarios para permitir realizar uniones, derivaciones, cambios de dirección, cubiertas de final de bucle, instalación de aparamenta, asegurando una buena conducción, continuidad, aislamiento y mantener el grado de protección IP e IK correspondiente a lo largo de la instalación.

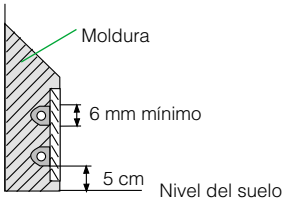
■ Condiciones de instalación:

□ La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos, de sección igual o inferior a 6 mm^2, será como mínimo, de 6 mm.





□ Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.

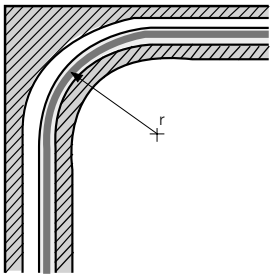


□ En caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.

□ Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo, de 1 cm, en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce, y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

□ El zócalo acanalado no debe ubicarse en las molduras de obra o yeso y la tapa del zócalo debe ser accesible a lo largo de la instalación.

□ No es adecuado situar zócalos acanalados a menos de 6,5 cm de un conducto de humos.
□ El paso de puertas o ventanas puede asegurarse:
– Por los marcos o faldones ranurados.
– Por una canalización a una profundidad mínima de 5 cm por debajo del suelo del umbral de la puerta. (Esta solución no es útil en locales húmedos o que puedan infiltrar humedad en el suelo.)
□ Sólo pueden utilizarse los conductores aislados que necesitan de una herramienta para quitar su cubierta y que la regleta que los ubica corresponde a un grado de protección IP 4X o IP 2XD.
□ Los circuitos eléctricos deben colocarse en compartimentos de regletas diferentes a los del teléfono, la televisión y los circuitos informáticos.
□ La altura mínima del eje de los alvéolos de las tomas de corriente con respecto al suelo debe ser:
– 5 cm para las tomas de corriente de 16 a 20 A
– 12 cm para las tomas de corriente de 32 A



Condiciones de empleo según los locales		
Molduras, zócalos, marcos ranurados	Estancia, habitación, desván, recibidor, cocina... IP X0	Salas con agua, servicios, sótanos, garaje, despensa... IP > X1
Plástico	Aceptado	Aceptado si el IP no es inferior al correspondiente de la sala
Madera	Aceptado	

Tabla. F7-100: *condiciones de empleo de las conducciones en molduras y zócalos en función de las condiciones ambientales del local.*

Condiciones específicas para molduras y zócalos de plástico:
■ Deben instalarse con tapas finales para poder mantener el grado de protección IP.
■ Se admite la ejecución de conexiones en el interior de las regletas al ser éstas aislantes.
■ Los conductores deben albergarse de forma holgada en las celdillas de las canaletas.
■ Las tomas de corriente de 16 A se aceptan situadas sobre el muro (instalación vista, no empotrada).
■ Las condiciones de paso de más de un circuito por una misma celdilla son:
□ Todos los conductores disponen del mismo aislamiento correspondiente al circuito de máxima tensión.
□ Todos los circuitos son protegidos de forma individual contra las sobreintensidades.
□ Todos los circuitos se alimentan de una misma fuente o derivación.

Es recomendable la utilización de conducciones en molduras o zócalos de múltiples cavidades como reserva para futuras instalaciones.

Condiciones específicas para molduras y zócalos de madera:

■ Deben instalarse con tapas finales para poder mantener el grado de protección IP.

■ Se admite la ejecución de conexiones en el interior de las regletas, al no ser conductora la madera.

■ Los conductores deben albergarse de forma holgada en las celdillas de las canaletas.

■ Las condiciones de paso de más de un circuito por una misma celdilla son:

□ Todos los conductores disponen del mismo aislamiento, correspondiente al circuito de máxima tensión.

□ Todos los circuitos son protegidos de forma individual contra las sobreintensidades.

□ Todos los circuitos se alimentan de una misma fuente o derivación.

Conducciones con cables aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

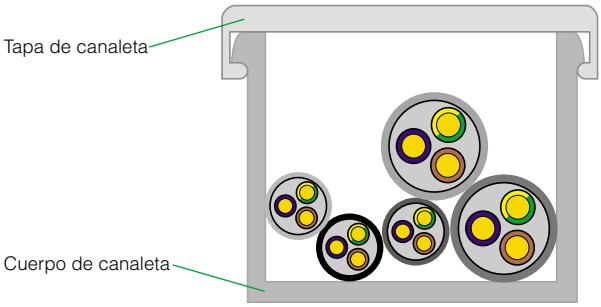


Fig. F7-101: *instalaciones con canaletas.*

Generalidades:

■ La Instrucción Técnica Complementaria que regula la utilización de las canales es la ITC-BT-21, la cual queda desarrollada en este apartado.

■ Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50.085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

■ Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema y para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

■ En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como “canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas”, según la norma UNE-EN 50.085-1, se podrá:

□ Utilizar cable aislado sin cubierta, de tensión asignada 450/750 V.

□ Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

□ Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

■ En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que pueden abrirse sin herramientas”, según la norma UNE-EN 50.085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

Características de las canaletas

En las canalizaciones para instalaciones de superficie ordinaria, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la Tabla F7-102.

Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias		
Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	⩾ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	– 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

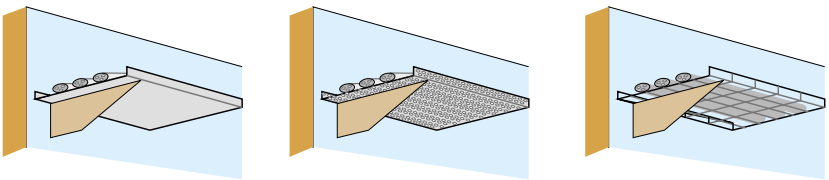
Tabla F7-102: *características de las canaletas.*

■ El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.085.
■ El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.
■ Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas 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.

Condiciones de instalación:
■ Atendiendo las instrucciones y consejos de este manual, la instalación y puesta en obra de las canales protectoras cumple lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
■ 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 de materiales conductores deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
■ No se deben utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la construcción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
■ La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas:

■ Sólo se utilizarán cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460-5-52.



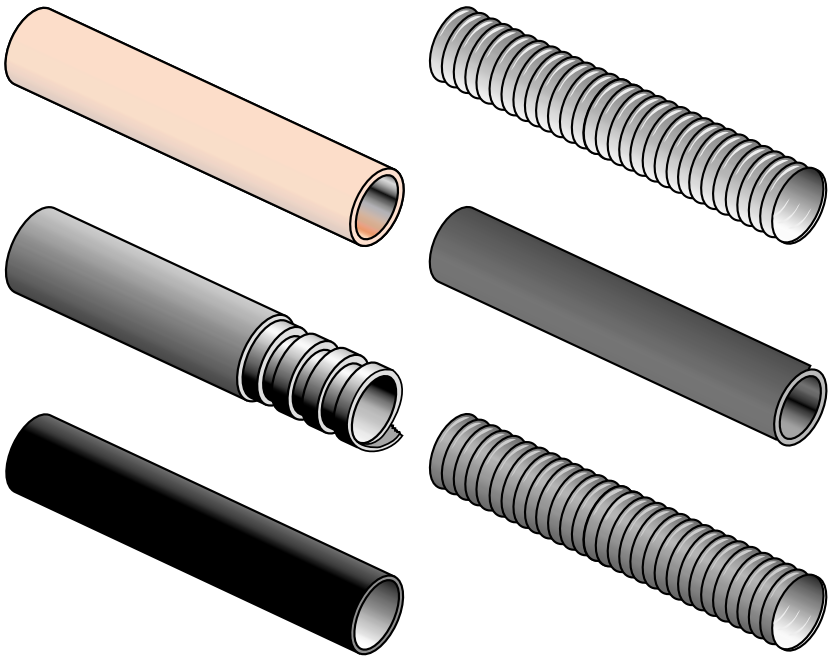
Conducciones en tubos:

■ Las conducciones de tubo pueden ser de:
□ superficie,
□ empotradas,
□ situadas en huecos de la construcción.

■ El concepto de una conducción con tubos comporta los tubos y sus accesorios (uniones, racors, tapones de final de conducción, cambios de dirección.)

■ Los tubos y sus accesorios deben mantener a lo largo de la instalación las mismas características, el mismo grado de protección IP e IK.

■ Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
□ UNE-EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos
□ UNE-EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables
□ UNE-EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles
□ UNE-EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.



■ La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

■ Las dimensiones de los tubos se definen en las recomendaciones de este manual en concordancia con:
□ Los utilizados para instalaciones electricas vistas con unión por rosca, se prescriben en la UNE-EN 60.426.
□ Los utilizados para instalaciones enterradas, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086-2-4.
□ Para el resto de instalaciones, las dimensiones de los tubos serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente.

■ La denominación se realiza en función del diámetro exterior.

■ El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

■ La resistencia a los efectos del fuego, considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá en lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE). Los tubos propagadores de llama están prohibidos.

Denominación de las conducciones según la CEI

Nuevo código de designación	3	90	3	2	8	6	1	2	25
Código de marcaje obligatorio									
1.ª cifra									
Propiedades mecánicas									
Resistencia mecánica media:									
Muy ligera	1								
Ligera	2								
Media	3								
Elevada	4								
Muy elevada	5								
2.ª y 3.ª cifras									
Clasificación a la resistencia térmica									
Conducciones clase:									
–5		05							
–25		25							
+90		90							
Código de marcaje complementario									
1.ª cifra complementaria									
Aptitud a la flexión (rigidez mecánica)									
Rígidos			1						
Curvables			2						
Transversalmente elástico			3						
Flexible			4						
2.ª cifra complementaria									
Propiedades eléctricas									
Con continuidad eléctrica				1					
Previstos para ser utilizados como aislamiento complementario				2					
Con continuidad eléctrica y previstos para ser utilizados como aislante					3				
Complementario									
3.ª cifra complementaria. Resistencia a la penetración del agua asegurando una protección contra:									
El agua de lluvia					3				
A la proyección de agua					4				
Al chorro de agua					5				
A los golpes de mar					6				
A efectos de inmersión temporal					7				
A inmersión prolongada					8				
4.ª cifra complementaria. Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos, asegurando una protección a:									
Los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm						3			
Los cuerpos sólidos superiores a 1 mm						4			
Al polvo						5			
Totalmente estanco al polvo						6			
5.ª cifra complementaria. Resistencia a la corrosión de forma:									
Externa e interna ligera							1		
Externa mediana e interna ligera							2		
Externa e interna mediana							3		
Externa elevada e interna ligera							4		
Externa elevada e interna mediana							5		
Externa e interna mediana							6		
6.ª cifra complementaria. Resistencia a los rayos solares, con una protección:									
Ligera								1	
Mediana								2	
Elevada								3	
N.º indicador del diámetro exterior en mm 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63									

Tabla F7-103: *tabla de las denominaciones de los conductos de tubo conforme a la CEI - UNE.*

Instalaciones de superficie (vistas):

■ Los tubos deberán ser preferentemente rígidos y, en casos especiales, podrán usarse tubos curvables cuyas características mínimas serán las expresadas en la tabla.

Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalacion y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2	Rígido/curvable
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos. D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla F7-104: *características de los tubos para instalaciones vistas.*

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

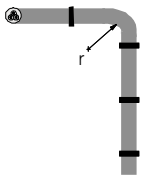
■ El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales, o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

■ Los tubos se unirán entre sí mediante manguitos adecuados a su clase de protección (IP e IK), que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

■ Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

■ Las curvas 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 UNE-EN 50.086-2-2.

■ Los radios mínimos aconsejados son:



Radios de curvatura de los tubos para conducciones eléctricas					
Diámetro nominal	Radio mínimo de curvatura (mm)				
(mm^2)	(1) (2) (4)	(3)	(5)	(6)	(7)
9	90	85	54	48	53
11	110	95	66	58	65
13	120	105	75	65	71
16	135	120	86	75	79
21	170	–	–	–	100
23	–	165	115	100	–
29	200	200	140	125	130
36	250	225	174	150	165
48	300	235	220	190	210

Leyenda:
(1) Tubos metálicos rígidos blindados.
(2) Tubos metálicos rígidos blindados, con aislamiento interior.
(3) Tubos metálicos rígidos normales, con aislamiento interior.
(4) Tubos aislantes rígidos normales.
(5) Tubos aislantes flexibles normales.
(6) Tubos metálicos flexibles normales, con o sin aislamiento interior.
(7) Tubos metálicos flexibles blindados, con o sin aislamiento interior.

Fig. F7-105: *tabla de los radios mínimos de curvatura de los tubos.*

■ Número de pliegues para curvar tubos metálicos normales con o sin aislamiento, en función del diámetro.

Nota: hoy en día prácticamente en desuso.

Número de pliegues y distancias para curvar tubos a 90°		
Diámetro nominal de los tubos (mm)	N.º de plieges	Distancia aproximada entre pliegues (mm)
9	20+/–2	5
11	20+/–2	6,5
13	20+/–2	7
16	25+/–5	8
23	30+/–5	8
29	30+/–5	8

Fig. F7-106: *tabla del número de pliegues para curvar tubos metálicos.*

■ Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

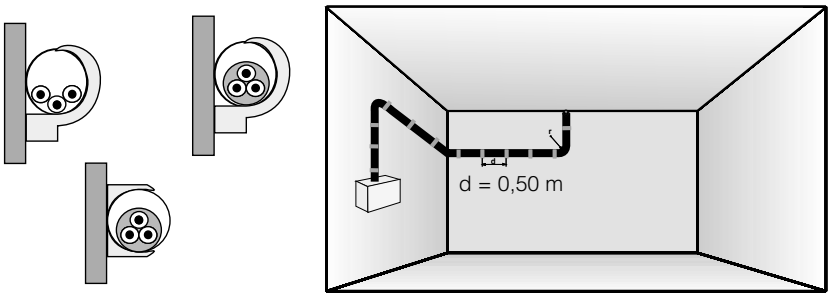


Fig. F7-107: *colocación de conductores en tubos sobre paredes.*

■ Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
■ En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo, respecto a la línea que une los puntos extremos, no serán superiores al 2 por 100.
■ Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
■ En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.
■ 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.

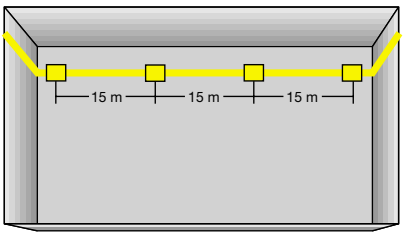


Fig. F7-108: *distancias máximas de colocación de las cajas de registro o empalme, en tramos rectos.*

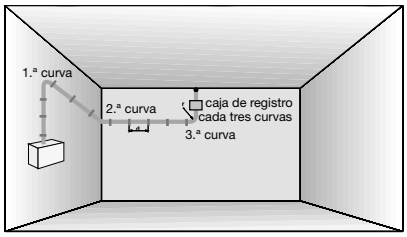


Fig. F7-109: *distancias máximas de colocación de las cajas de registro de tramos curvos.*

■ 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.
■ Durante la instalación de los conductores, para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
■ En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades 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.

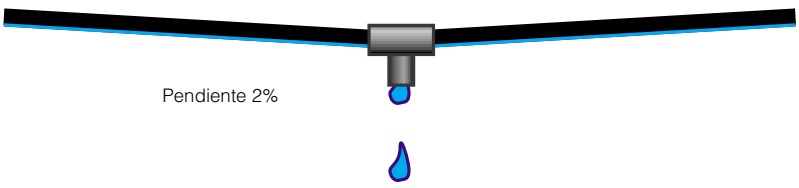


Fig. F7-110: *colocación de evacuadores de condensaciones.*

■ Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de

utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

■ No podrán utilizarse tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

■ Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

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	35
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	–		

Fig. F7-111: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

■ A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes extremas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

□ Pantallas de protección calorífuga.

□ Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.

□ Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.

□ Modificación del material aislante a emplear.

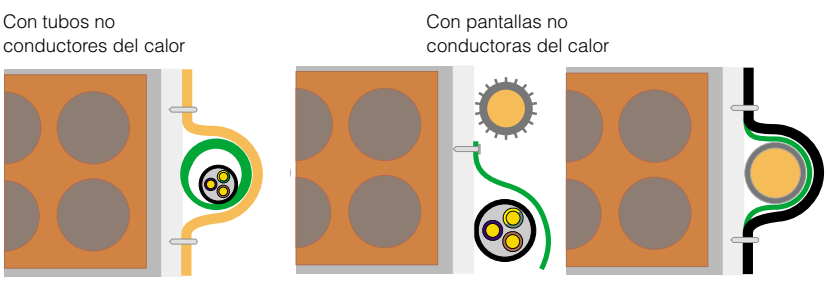


Fig. F7-112: *protección de las conducciones de puntos de emisión de calor.*

Cruces con otras canalizaciones

Para cruzar otras conducciones, los conductores deberán separarse de las mismas 3 cm. En caso de molduras preparadas y ensayadas para tal efecto, podrán colocarse a una separación de 1 cm.

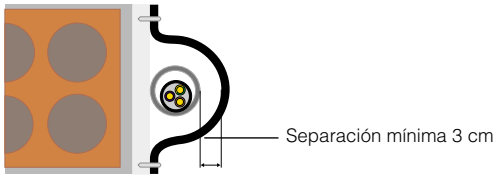


Fig. F7-113: *cruces con otras conducciones.*

Instalaciones fijas empotradas:

■ En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles; efectuaremos dos distinciones en función de la naturaleza del espacio con que han de quedar embebidos:

□ Para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), serán flexibles o curvables y sus características mínimas se describen en la Tabla F7-114.

□ Para tubos empotrados embebidos en hormigón, serán flexibles o curvables y sus características mínimas se describen en la Tabla F7-115.

Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla F7-114: *características de los tubos para instalaciones empotradas.*

■ El cumplimiento de las características indicadas en las Tablas F7-114 y F7-115 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1 para tubos rígidos, UNE-EN 50.086-2-2 para tubos curvables y UNE-EN 50.086-2-3 para tubos flexibles.

Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias, embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C(1)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

(1) Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 °C.

Tabla F7-115: *características de los tubos para instalaciones embebidas en hormigón.*

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-116 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
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	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	–
150	50	63	75	–	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Fig. F7-116: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores empotrados.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.
■ Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Tabla F-114, y las siguientes consideraciones:
□ En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
□ No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
□ Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
□ En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
□ Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento cerrado y practicable.
□ En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer de recorridos horizontales a 50 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.
■ Cuando los tubos se coloquen en huecos de la construcción, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Tabla F-115, y las siguientes consideraciones:
□ La canalizaciones ordinarias precableadas, destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla F7-115.
□ Las canalizaciones deberán realizarse con conductores aislados bajo conducto, con la condición que éstos puedan retirarse o inspeccionarse en los elementos de construcción ubicados.
□ Deben satisfacer los ensayos de autoextinguibilidad.
□ Las conexiones deberán realizarse en cajas adecuadas accesibles al exterior.
□ En los huecos verticales las conducciones deberán sujetarse para evitar la tensión de su peso cada 3 m como mínimo (en vertical).
□ El hueco deberá ser 4 veces el diámetro de la conducción.
□ El tubo flexible también es adecuado para estos menesteres.

Sujeción de los tubos en huecos de la construcción

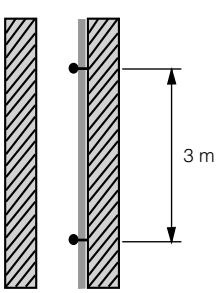


Fig. F7-117: *fijación de los tubos en huecos de la construcción.*

Elementos constructivos	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo	Sí	X	Sí	
ladrillo hueco, siendo el n.º de huecos en sentido transversal:				Unicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm.
– uno	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, solo interesará a un tabiquillo de hueco de ladrillo.
– dos o tres	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo.
– más de tres	Sí	X	Sí	No se colocarán los tubos en diagonal.
bloques macizos de hormigón .	Sí	X	X	
bloques huecos de hormigón ..	Sí	X	No	
hormigón en masa	Sí	Si	X	
hormigón armado	Sí	Si	X	
Forjados:				
placas de hormigón	Sí	Sí	No	
forjados con nervios	Sí	Sí	No	
forjados con nervios y elementos de relleno	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas ..... y bovedillas	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas ..... y tableros y revoltón	Sí	Sí	No (**)	
de rasilla	Sí	Sí	No	

X: Difícilmente aplicable en la práctica.
(*): Tubos blindados únicamente.
(**): Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en el hueco longitudinal del mismo.

Tabla F7-118: *recomendaciones de obra para intalaciones con tubos empotrados.*

Instalaciones enterradas:

■ El suelo:

□ Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras como, por ejemplo, aceras, parques y jardines.

□ Se considera suelo pesado aquel de tipo pedregoso y duro con cargas superiores pesadas como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.

■ El cumplimiento de estas características se realiza según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-4.

■ En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086-2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias, las indicadas en la Tabla F7-119.

Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N /450 N /750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Protegido contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

NA: No aplicable.
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en el suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en el suelo pesados aplica 750 N y grado Normal.

Tabla F7-119: *características de los tubos para instalaciones subterráneas.*

■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-120 figuran

Diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm) Número de conductores				
	<6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Fig. F7-120: *tabla de los diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores enterrados.*

los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

■ Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

■ Las conducciones deben protegerse:

□ Del efecto de apisonado de las tierras. Instalándolos a un mínimo de 60 cm del suelo y de acuerdo a lo establecido para cruzamientos. Esta profundidad puede variarse en función de la calidad del terreno, siempre que no soporten los efectos de la compactación. (Ver apartado “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”, pág. F/162.)

□ Del contacto con cuerpos duros.

□ Del choque de las herramientas mecánica de apertura de zanjas.

□ De las acciones químicas de los componentes del terreno.

□ Los empalmes y finales de línea deberán protegerse de forma que queden estancos.

■ Los cruzamientos:

□ Deberán cumplir los mínimos tecnológicos del Reglamento de BT y las disposiciones particulares de los entes con capacidad normativa, en sus respectivas zonas de responsabilidad.

□ Calles y carreteras: paso por aceras y caminos peatonales. (Ver apartado “Cruzamientos”, pág. F/208.)

Montaje al aire de instalaciones aéreas cortas para alimentaciones de máquinas:

■ En canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles, y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla F7-121.

■ Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductores superiores a 16 mm^2.

Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas		
Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Tabla F7-121: *características de los tubos para instalaciones al aire en alimentación de máquinas.*

■ El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-3.
■ Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla F7-122 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
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	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	35
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Tabla F7-122: *diámetros mínimos de los tubos para albergar los conductores en alimentaciones de máquinas fijas.*

■ Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados, o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.
■ Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas a cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
■ La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.
■ Se presentará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la Tabla F7-121 se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones.

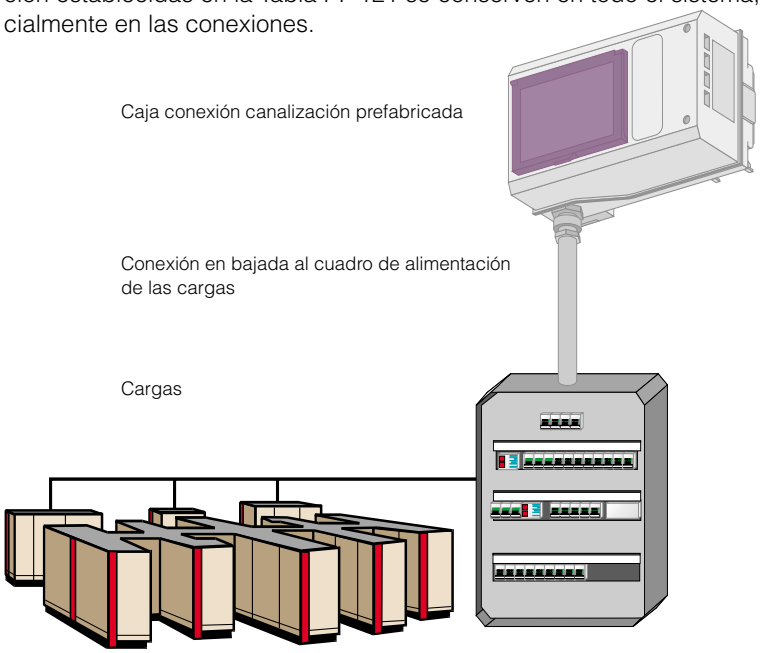


Fig. F7-123: *alimentación de una máquina desde una canalización prefabricada.*

Conductores flexibles para la alimentación de electrodomésticos:

■ Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles.

Intensidades máximas admisibles en los conductores flexibles para alimentación de electrodomésticos o similares	
Intensidad nominal del aparato, In (A)	Sección del conductor en mm^2
In ⩽ 10	0,75
10 < In ⩽ 13,5	1
13,5 < In ⩽ 16	1,5
16 < In ⩽ 25	2,5
25 < In ⩽ 32	4
32 < In ⩽ 40	6
40 < In ⩽ 60	10

Tabla F7-124: *tabla de las secciones nominales de los cables flexibles para la alimentación de los electrodomésticos.*

■ Temperaturas límite de aplicación para los conductores aislados con policloruro de vinilo PVC

En los electrodomésticos capaces de superar los 75 °C en alguna parte en contacto con los conductores eléctricos, se deberán utilizar conductores con aislamientos adecuados, por ejemplo: los hornos, los tostadores, las planchas...

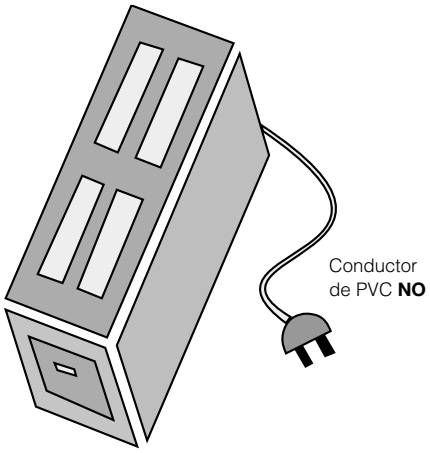


Fig. F7-125: *conductores no adecuados en función de la temperatura de utilización del electrodoméstico.*

■ Electrodomésticos de Clase I

La mayoría de electrodomésticos son de Clase I (no son elementos de doble aislamiento); por tanto, deberán llevar el conductor de protección verde-amarillo y la clavija deberá poder conectar los conductores activos y el de protección.

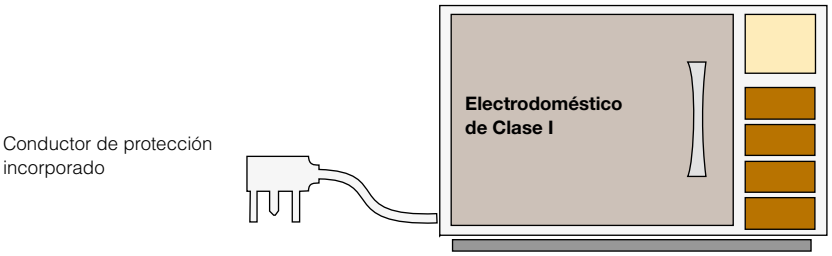


Fig. F7-126: *conductores y clavijas para los electrodomésticos de Clase I.*

Secciones de los conductores:

■ La sección de los conductores de fase (c.a.) y activos (c.c.) no debe ser inferior a los valores correspondientes de la tabla F7-127.

■ Un conductor neutro eventual debe tener la misma sección que los conductores de fase:

□ En los circuitos monofásicos de dos conductores, independientemente de la sección del conductor de fase.

□ En los circuitos monofásicos de tres conductores y en los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección máxima de 16 mm^2 de cobre o 25 mm^2 de aluminio.

■ En los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección superior a 16 mm^2 de Cu o de 25 mm^2 en Al, el conductor neutro puede tener una sección inferior a la de los conductores de fase, si cumple las siguientes condiciones:

□ La corriente máxima, incluidos los eventuales armónicos, susceptibles de recorrer el conductor neutro en servicio normal, no debe ser superior a las corrientes admisibles correspondientes a la sección reducida del conductor neutro.

Nota: es importante que la carga transportada por el circuito esté prácticamente equilibrada entre fases.

□ El conductor neutro debe estar protegido contra las sobreintensidades, según lo establecido en el apartado L2 “Protección del conductor neutro”, del 5.º Volumen.

□ La sección del conductor neutro debe ser, como mínimo, de 16 mm^2 en Cu y 25 mm^2 en Al.

Sección mínima de los conductores				
Naturaleza de las canalizaciones		Utilización del circuito	Conductores	
			Materia prima	Sección (mm^2)
Instalaciones fijas	Cables y conductores aislados	Potencia e iluminación	Cobre Aluminio	1,5 16 (1)
		Señal y control	Cobre	0,5 (2)
	Conductores desnudos	Potencia	Cobre Aluminio	10 16 (4)
		Señal y control	Cobre	4 (4)
Enlaces flexibles por cables o conductores aislados		Para un aparato determinado	Cobre	Según norma correspondiente de la CEI
		Para cualquier otra aplicación		0,75 (3)
		Circuitos de tensión muy baja para aplicaciones especiales		0,75

Notas:
(1) Los conectores utilizados para las conexiones de conductores de aluminio, deben ensayarse y aprobarse para este uso específico.
(2) Se admiten secciones mínimas de 0,1 mm^2 en los circuitos de señal y control, destinados a materiales electrónicos.
(3) Para cables flexibles que tengan siete conductores o más se aplicará la nota 2.
(4) Requisitos especiales para circuitos de iluminación en MBT están en estudio por la CEI.

Tabla F7-127: *secciones mínimas de los conductores.*

Conductores de protección:

■ Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543, equivalente al apartado L3 “Conductores de protección”, del 5.º Volumen. Como

ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la Tabla F7-127, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
S < 16	S (*)
16 < S > 35	16
S > 35	S / 2

(*) Con un mínimo de:
– 2,5 mm^2, si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
– 4 mm^2, si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Tabla F7-128: *secciones mínimas de los conductores de protección.*

■ Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20.460-5-54, apartado 543. Ver apartado L3 “Conductores de protección”, del 5.º Volumen.
■ En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:
□ Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto.
□ Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20.460-3, que es equivalente al espíritu de esta obra.
□ En los pasos, a través de paredes o techos, estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según el apartado “Paso a través de elementos de la construcción” pág. F7/261.
□ No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
□ Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ésta el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores.
□ Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización, seguirá el curso de la misma.

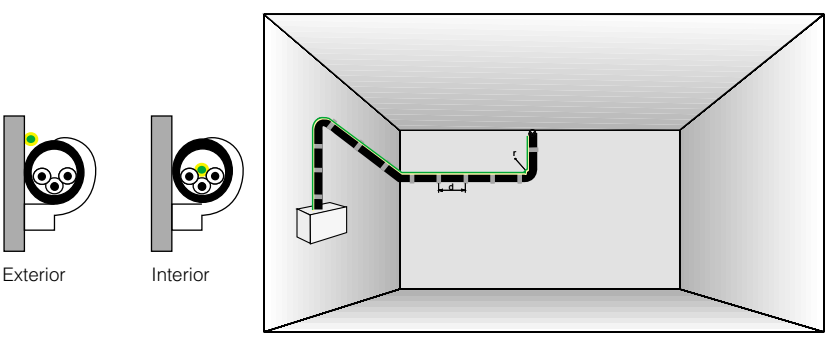


Fig. F7-129: *trazado del conductor de protección.*

□ En una canalización móvil todos los conductores, incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
□ En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea, como mínimo,

igual a la que resulte de la aplicación de la Norma UNE 20.460-5-54, apartado 543. Ver apartado L3 “Conservación y continuidad eléctrica de los conductores de protección”, del 5.º Volumen.

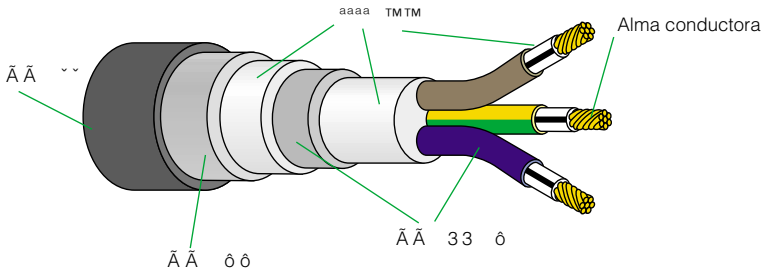


Fig. F7-130: *utilización del apantallado de los conductores como conductor de protección.*

□ Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados, colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contengan una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.
□ Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
□ Las conexiones de estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete a rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán provistos de arandelas para evitar su desapriete.
□ Se considera que la aparamenta que cumple con la norma UNE-EN 60.998-2-1, cumple con esta prescripción.
□ Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo: cobre-aluminio).

Temperatura ambiente:

■ El valor de la temperatura ambiente a utilizar (40 °C) es la temperatura del medio circundante, cuando los cables o conductores considerados no están cargados.
■ El efecto de otras fuentes sobre la temperatura ambiente puede no tenerse en consideración.

Las intensidades máximas, expresadas en las tablas, están derivadas de las intensidades máximas establecidas por el CENELEC para Europa, que se basan en una temperatura ambiente de 30 °C; pero para el territorio español la temperatura ambiente media más apropiada es de 40 °C. Los valores expresados en las tablas ya están extrapolados para los 40 °C.

Radiación solar

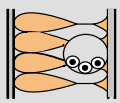
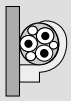
Los factores de corrección de las tablas F7-131 y F7-132 no tienen en cuenta el aumento transitorio de temperatura de los rayos solares o de otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores se someten a tales radiaciones, las corrientes admisibles deben calcularse por los métodos específicos del apartado H1-2 “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, del 2.º Volumen, en concordancia con la norma UNE 21-144, y por las instrucciones específicas de cada tipo de tendido. En términos generales

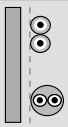
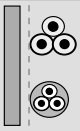
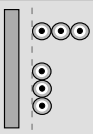
se admite un coeficiente de reducción de la intensidad de 0,9 por exposición prolongada a los efectos de los rayos solares.

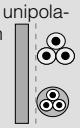
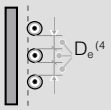
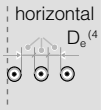
Intensidades admisibles:

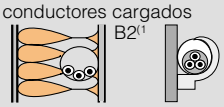
■ Métodos de instalación definidos en la Tabla F7-097 (52-B1): A, B, C.
■ Temperatura ambiente: 40 °C.
■ Aislantes de los conductores y naturaleza de los conductores.
□ C01 - Policloruro de vinilo - Dos conductores cargados. T. Conductor - 70 °C.
□ C02 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Dos conductores cargados. T. Conductor - 90 °C.
□ C03 - Policloruro de vinilo - Tres conductores cargados. T. Conductor - 70 °C.
□ C04 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Tres conductores cargados. T. Conductor - 90 °C.
□ C05 - Mineral - Cobre - Cubierta de PVC o desnudo y accesible. T. Cubierta 70 °C.
□ C06 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Cable desnudo inaccesible. T. Cubierta 105 °C.
□ C07 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Envolvente de PVC o desnudo y accesible. T. Cubierta 70 °C.
□ C08 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Desnudo e inaccesible. T. Cubierta 105 °C.
□ C09 - Policloruro de vinilo - Conductor de cobre. T. Conductor - 70 °C.
□ C10 - Policloruro de vinilo - Conductor de aluminio. T. Conductor - 70 °C.
□ C11 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de cobre. T. Conductor 90 °C.
□ C12 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de aluminio. T. Conductor 90 °C.
□ C13 - Policloruro de vinilo - Dos o tres conductores cargados. T. Conductor de cobre o aluminio - 70 °C.
□ C14 - XLPE o EPR - Dos o tres conductores cargados. T. Conductor de cobre o aluminio - 90 °C.

Tabla de intensidades correspondiente a las tablas de la CEI (52-C1 al 52-C13)

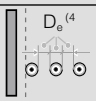
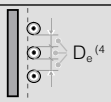
Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Método de referencia definido en la tabla de la CEI 52-B1											
	A 				B 				C (1 			
	Aislamiento											
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Cobre												
1,5	12,5	17,5	12	15,5	15	21	13,5	18	17	22	15	20
2,5	17	24	15,5	21	21	28	18,5	25	23	30	21	27
4	22	32	21	28	28	38	24	34	31	41	28	36
6	29	41	27	36	26	49	31	44	40	53	36	47
10	40	56	37	49	49	68	43	60	55	73	50	65
16	53	74	49	66	66	91	59	80	74	97	66	87
25	69	96	64	86	88	121	77	106	97	126	84	108
35	86	119	77	106	109	149	96	131	120	156	104	134
50	103	144	94	128	134	180	117	159	146	190	125	163
70	131	182	118	163	167	230	149	202	185	245	160	208
95	158	219	143	197	202	278	180	245	224	298	194	253
120	183	253	164	227	234	322	208	284	260	348	225	293
150	209	317	188	259	–	–	–	–	299	401	260	338
185	237	329	213	295	–	–	–	–	341	460	297	386
240	278	386	249	346	–	–	–	–	401	545	350	455
300	319	442	285	396	–	–	–	–	461	631	403	524
Aluminio												
2,5	13	18	12	17,5	16	23	14,5	20	18,5	24	16	22
4	17,5	25	16	23	22	30	19	26	24	32	22	29
6	22	32	21	29	28	39	24	35	31	41	28	37
10	31	44	28	40	38	54	34	47	43	56	38	5
16	42	58	37	53	52	72	46	65	57	76	51	69
25	55	76	50	69	69	96	61	85	72	92	64	82
35	67	94	61	86	84	118	75	106	90	115	78	102
50	81	114	73	103	102	143	90	127	109	140	96	124
70	102	144	93	129	130	182	116	163	139	180	122	158
95	123	174	112	156	157	220	140	197	170	219	148	192
120	142	200	130	179	183	256	162	228	197	255	171	223
150	164	230	148	206	–	–	–	–	227	295	197	258
185	187	262	169	233	–	–	–	–	259	338	225	294
240	219	307	197	273	–	–	–	–	306	400	265	348
300	251	352	227	313	–	–	–	–	353	462	305	400

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Tres conductores cargados								
	Un cable de dos conductores o dos unipolares cargados 			Un cable multiconductor o tres cables unipolares (2 en trébol 			Tres cables unipolares (2, en el mismo plano 		
	Aislamiento								
	C5(3	C6		C5(3	C6		C5(3	C6	
500 V									
1,5	19,5	26		16	22		18	25	
2,5	26	35		22	30		25	33	
4	34	47		30	40		32	43	
750 V									
1,5	21	28		18	24		19,5	28	
2,5	29	38		24	32		26	38	
4	38	51		31	43		35	49	
6	48	64		41	54		44	62	
10	65	88		55	74		60	84	
16	87	117		73	98		78	109	
25	113	153		95	129		102	142	
35	139	187		116	157		125	172	
50	172	231		144	195		154	212	
70	210	282		176	239		188	258	
95	251	339		212	387		224	307	
120	289	390		243	330		258	352	
150	330	446		278	377		294	400	
185	374	506		315	428		333	453	
240	437	592		369	500		388	526	

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la tabla de la CEI (52-B1)									
			Tres conductores cargados							
	Un cable de dos conductores o dos unipolares[2] cargados E o F 		Un cable multiconductor o tres cables unipolares[2] en trébol. E o F 		Unipolares[2] en el mismo plano tocándose F 		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en vertical G  D_e[4]		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en horizontal G  D_e[4]	
	Aislamiento									
	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8
500 V										
1,5	21	29	18	24	19,5	27	22	30	25	34
2,5	28	38	24	32	26	36	29	40	33	45
4	27	50	31	42	35	47	38	52	43	59
750 V										
1,5	22	30	19	26	22	29	24	32	27	37
2,5	31	41	25	35	29	40	31	43	36	50
4	40	55	34	46	38	52	42	56	48	64
6	51	70	43	59	48	65	53	72	60	82
10	70	96	59	80	65	88	71	97	81	110
16	93	126	78	106	87	117	93	126	106	144
25	121	165	102	138	112	151	121	164	138	188
35	148	202	125	169	137	184	147	199	167	228
50	183	250	155	210	168	227	181	245	206	280
70	224	306	190	257	205	276	220	297	250	340
95	269	368	227	308	246	330	262	354	298	406
120	309	423	262	354	281	378	300	406	342	465
150	354	484	299	406	320	431	340	458	386	520
185	401	548	339	460	362	488	379	512	431	579
240	469	641	396	537	422	568	422	574	480	648

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la tabla CEI (52-B1)							
	Dos conductores cargados A2[1] B2[1] 				Tres conductores cargados A2[1] B2[1] 			
	Aislamiento							
	C13	C14	C13	C14	C13	C14	C13	C14
Cobre								
1,5	12	17	14,5	20	11,5	15	13	18
2,5	16	23	20	27	15	20	17,5	24
4	22	30	26	36	20	27	23	32
6	28	38	33	46	25	35	30	40
10	37	52	45	63	34	46	40	55
16	50	69	60	83	45	62	54	73
25	65	90	78	108	59	81	70	96
35	80	110	97	133	72	99	86	116
50	96	132	116	159	86	118	103	140
70	121	167	146	201	109	149	130	177
95	145	200	175	241	130	179	156	212
120	167	230	202	278	150	207	179	244
150	190	264	-	-	171	236	-	-
185	216	299	-	-	194	268	-	-
240	253	351	-	-	227	315	-	-
300	290	402	-	-	259	360	-	-
Aluminio								
2,5	13	18	15	21	12	16,5	13,5	19
4	17	24	21	28	15,5	22	18,5	25
6	22	30	26	36	20	28	23	32
10	29	41	36	49	27	37	31	44
16	38	55	47	66	36	50	42	58
25	50	71	62	86	46	65	54	76
35	62	87	75	105	57	79	67	94
50	75	105	90	126	68	95	80	113
70	94	132	114	159	85	119	101	142
95	113	159	136	191	103	143	121	171
120	130	183	157	220	117	164	139	197
150	150	209	-	-	135	187	-	-
185	170	238	-	-	153	212	-	-
240	199	279	-	-	180	248	-	-
300	229	320	-	-	206	285	-	-

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Métodos de referencia definidos en la tabla (52-B1)															
	Cables multiconductores								Cables unipolares[2]							
	Dos conductores cargados E[1] 				Tres conductores cargados E[1] 				Dos conductores cargados F 				Tres conductores cargados en trébol F 			
	Aislamiento															
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	19	–	23,5	–	16	–	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	26	20	33	25	22	17	29	22	–	–	–	–	–	–	–	–
4	35	27	45	35	30	23	38	29	–	–	–	–	–	–	–	–
6	44	34	57	45	37	29	49	38	–	–	–	–	–	–	–	–
10	61	47	78	61	52	40	68	53	–	–	–	–	–	–	–	–
16	82	63	105	83	70	53	91	70	–	–	–	–	–	–	–	–
25	104	77	136	98	88	68	116	88	114	85	146	110	96	73	123	94
35	129	97	168	123	110	83	144	109	141	106	182	136	119	91	154	117
50	157	117	205	149	133	102	175	133	170	130	220	145	145	111	188	145
70	202	150	263	192	170	130	224	170	218	167	282	216	188	144	244	187
95	245	183	320	234	264	159	271	207	230	204	343	263	239	177	298	230
120	285	212	373	273	240	184	315	239	306	237	398	307	268	206	349	269
150	330	245	430	315	277	213	363	277	352	275	459	354	310	238	404	312
185	378	280	493	361	317	244	415	316	403	316	523	407	356	274	464	359
240	447	330	583	428	374	287	490	372	475	374	618	482	422	326	552	429
300	516	382	673	494	432	331	565	429	547	432	713	558	488	377	640	498
400	–	–	–	–	–	–	–	–	656	522	855	673	571	458	751	603
500	–	–	–	–	–	–	–	–	755	604	985	779	651	530	861	701
630	–	–	–	–	–	–	–	–	874	703	1141	906	744	618	990	808

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Cables unipolares											
	Tres conductores cargados en el mismo plano											
	Tocándose				Sin tocarse							
					Horizontal				Vertical			
	F 				G D_e[4] 				G D_e[4] 			
	Aislamiento											
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25	99	76	128	97	127	97	166	126	113	86	147	111
35	124	95	160	123	157	121	206	157	141	108	183	139
50	151	116	197	150	190	147	250	191	171	132	224	179
70	196	150	254	196	244	189	321	247	221	170	289	222
95	239	184	311	240	297	230	391	302	270	210	354	273
120	279	215	364	280	345	268	455	352	315	245	413	319
150	324	250	422	326	397	310	525	408	365	284	480	371
185	371	287	485	376	453	354	602	469	418	327	550	428
240	441	341	577	448	535	419	711	556	495	389	654	511
300	510	396	670	520	617	485	821	644	573	451	758	593
400	599	480	790	632	741	584	987	779	692	547	917	721
500	686	557	908	733	854	674	1140	902	800	635	1064	838
630	787	649	1047	857	990	783	1323	1050	931	741	1239	980

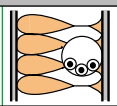
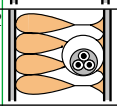
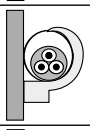
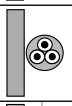
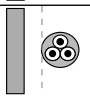
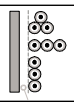
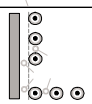
Notas:
(1) Para secciones inferiores o iguales a 16 mm^2 en el método C, se supone que los conductores son circulares. Para secciones superiores, los valores indicados para los conductores sectoriales, pueden aplicarse con garantía para conductores circulares.
(2) Para cables unipolares, las cubiertas de los cables de un mismo circuito se unen en los extremos.
(3) Para cables desnudos accesibles, los valores indicados se multiplican por 0,9.
(4) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla F7-131: *corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento.*

Presentación simplificada de las tablas de corrientes admisibles

Con el fin de simplificar estas tablas y disponer de un manejo fácil, se han agrupado, en determinados casos, en una misma columna, diferentes tipos de cables y diferentes tipos de instalación, cuyos valores de intensidad admisible son prácticamente iguales.

Intensidades admisibles (tabla reducida)

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(2, en montajes superficiales o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos(2 en montaje superficicial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre muro(3					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre(4. Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e(5						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo(4, Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e(5							3x PVC			3x XLPE o EPR(1	
G		Cables unipolares separados un mínimo de D_e(5									3x PVC(1		3x XLPE o EPR
		mm²	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		94	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
Aluminio		2,5	11,5	12	13,5	14	16	17,5	-	20	22	25	-
		4	15	16	18,5	19	22	24	-	25	29	35	-
		6	20	21	24	25	28	30	-	35	38	45	-
		10	27	28	32	34	38	42	-	47	53	61	-
		16	36	38	42	46	51	56	-	65	70	83	-
		25	46	50	54	61	64	71	73	82	88	94	126
		35		61	67	75	78	88	92	102	109	117	157
		50		73	80	90	96	106	110	124	133	145	191
		70				116	122	136	144	158	170	187	247
		95				140	148	167	177	192	207	230	302
		120				162	171	193	206	223	239	269	352
		150				187	197	223	238	258	277	312	406
		185				212	225	236	274	294	316	359	469
		240				248	265	300	326	348	372	429	556
		300				285	305	347	378	400	429	498	644

Notas:
1) A partir de 25 mm^2 de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones (canaletas) y conductos de sección no circular.
3) O en bandejas no perforadas.
4) O en bandeja perforada.
5) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla F7-132: *intensidades admisibles en (A), en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 °C.*

Factores de corrección:

■ En función de la temperatura ambiente (AA).

Temperaturas ambientales distintas de 40 °C. Para aplicar a los valores de intensidades admisibles, especificados para los cables al aire.

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE	Mineral	
			Cubierta de PVC o desnudo accesible 70 °C	Desnudo inaccesible 105 °C
10	1,40	1,26	1,48	1,24
15	1,34	1,23	1,41	1,21
20	1,29	1,19	1,34	1,16
25	1,22	1,14	1,26	1,13
30	1,15	1,10	1,18	1,09
35	1,08	1,05	1,09	1,04
40	1	1	1	1
45	0,91	0,96	0,89	0,96
50	0,82	0,90	0,79	0,91
55	0,70	0,83	0,67	0,87
60	0,57	0,78	0,53	0,81
65		0,71		0,76
70		0,64		0,71
75		0,55		0,65
80		0,45		0,59
85				0,51
90				0,43
95				0,35

Tabla F7-133: *factores de corrección en función de la temperatura ambiente.*

■ Factores de corrección por agrupamiento.

Agrupamiento de varios circuitos o varios cables multiconductores para utilizarlos con los valores de la tabla reducida F7-132.

Ref.	Disposición cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	Agrupados en una superficie empotrados o embutidos	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
2	Capa única sobre muro, suelo o superficie sin perforar	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7	0,7	0,7	0,7	Sin reducción adicional para más circuitos o cables multiconductores		
3	Capa única en el techo	0,95	0,8	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,6	0,6			
4	Capa única en una superficie perforada vertical u horizontal	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	0,7			
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines), etc.	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			

Tabla F7-134: *factores de reducción, sobre los valores de la tabla F7-133, para agrupamientos de varios circuitos.*

Notas:
1) Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
2) Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.
3) Los factores también se aplicarán para:
■ grupos de dos o tres cables unipolares;
■ cables multiconductores.
4) Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos y se aplica el factor correspondiente a las tablas de los conductores cargados, para los cables de dos conductores, y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
5) Si un conjunto de cables se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.
6) El promedio de los valores dados ha sido hallado sobre la variedad de conductores y de tipos de instalación incluidos en la tabla reducida F7-132. La prescripción en conjunto de los valores tabulados es inferior a un 5%.
7) Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación facilitados en la tabla anterior, puede ser adecuado utilizar factores de cálculo para casos específicos; véanse por ejemplo las tablas F7-135 y F7-136.

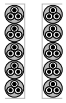
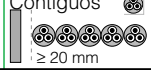
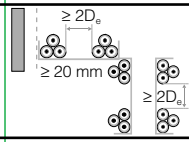
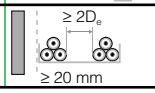
■ Factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores.
□ **Para aplicar a los valores de referencia para cables multiconductores instalados al aire libre.**
Método de instalación "E" en la tabla F7-097.

Tipo de instalación de la tabla F7-097 (52-B2 de la CEI)			Número de cables						
			N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (3)	13	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75
			2	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
			3	1	0,85	0,7	0,75	0,7	0,65
		Espaciados (D_e) ≥ 20 mm	1	1	1	1	0.95	0.9	–
			2	1	1	0,95	0,9	0,85	–
			3	1	1	0,95	0,9	0,85	–
Bandejas verticales perforadas (4)	13	Contiguos	1	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,7
			2	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,7
		Espaciados (D_e)	1	1	0,9	0,9	0,9	0,85	–
			2	1	0,9	0,9	0,85	0,85	–
Bandejas escalera, soportes, etc.(3)	14 15 16	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8
			2	1	0,85	0,8	0,8	0,75	0,75
			3	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
		Espaciados (D_e) ≥ 20 mm	1	1	1	1	1	1	–
			2	1	1	1	0,75	0,75	–
			3	1	1	0,95	0,75	0,75	–

Notas:
1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI). La desviación entre valores suele ser inferior al +/- 5%.
2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.
3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

Tabla F7-135: *factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI) al aire libre.*

□ Para aplicar a los valores de referencia para cables monoconductores(2) instalados al aire libre.
Método de instalación "F" en la tabla F7-097.

Tipo de instalación de la tabla F7-097 (52-B2 de la CEI)			Número de circuitos trifásicos[5]				A utilizar para:
			N.º de bandejas	1	2	3	
Bandejas perforadas [3]	13	Contiguos 	1	0,95	0,9	0,85	Tres cables en capa horizontal
			2	0,95	0,85	0,8	
			3	0,9	0,85	0,8	
Bandejas verticales perforadas [4]	13	Contiguos 	1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
			2	0,9	0,85	–	
Bandejas escalera soporte, etc. [3]	14	Contiguos	1	1	0,95	0,95	
	15		2	0,95	0,9	0,9	Tres cables en capa horizontal
	16		3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas perforadas [3]	13		1	1	1	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
			2	0,95	0,95	0,9	
			3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas verticales perforadas [4]	13		1	1	0,9	0,9	
			2	1	0,9	0,85	
Bandejas escalera, soportes, etc [3]	14		1	1	1	1	
	15		2	0,95	0,95	0,95	
	16		3	0,95	0,95	0,9	

Notas:
1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI). La desviación entre valores suele ser inferior al +/- 5%.
2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.
3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

Tabla F7-136: *factores de corrección para agrupamiento de varios cables monoconductores, instalados según el método E de la tabla F7-132 (52-C20 de la CEI) al aire libre.*

Intensidades en cables subterráneos

Intensidades máximas admisibles, en (A), en servicio permanente de los cables directamente enterrados en las condiciones siguientes (según UNE):

- temperatura del terreno –25 °C;
- resistividad térmica del terreno –1 K·m/W;
- profundidad de instalación de los conductores –0,7 m;
- un conductor trifásico o un terno de cables unipolares en contacto mutuo.

Conductor	Sección mm²	Aislamiento					
		PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1cable tripolar
Cobre	1,5	28	25	32	28	31	28
	2,5	38	34	44	40	43	39
	4	50	45	57	52	55	51
	6	63	56	72	66	70	64
	10	85	75	96	88	94	85
	16	110	97	125	115	120	110
	25	140	125	160	150	155	140
	35	170	150	190	180	185	175
	50	200	180	230	215	225	205
	70	245	220	280	260	270	250
	95	290	265	335	310	325	305
	120	335	305	380	355	375	350
	150	370	340	425	400	415	390
	185	420	385	480	450	470	440
	240	485	445	550	520	540	505
	300	550	505	620	590	610	565
	400	615	570	705	665	690	645
	500	685	–	790	–	775	–

Conductor	Sección mm²	Aislamiento					
		PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1cable tripolar
Aluminio	16	86	76	97	90	94	86
	25	110	98	125	115	120	110
	35	130	120	150	140	145	135
	50	155	140	180	165	175	160
	70	190	170	220	205	215	200
	95	225	210	260	240	255	235
	120	260	235	295	275	290	270
	150	290	265	330	310	325	305
	185	325	300	375	350	365	345
	240	380	350	430	405	420	395
	300	430	395	485	460	475	445
	400	480	445	550	520	540	500
	500	525	–	615	–	605	–

Nota: Cables en tubolares enterrados:
■ 1) para cables tripolares en el interior de un tubo o para unipolares en el interior de sendos tubos, la intensidad admisible será la del cable enterrado directamente, corregida con la aplicación del factor 0,8.
■ 2) para más de un circuito se aplicarán además los factores de corrección de la tabla F7-140 (52-N4 de la UNE 20-460-94/5-523).

Tabla F7-137: *intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20-460-94/5-523.*

Factores de corrección:

■ Factores de corrección para temperaturas del suelo distintas de 25 °C.
Para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados de la tabla F7-137.

Suelo	Aislantes		Suelo	Aislantes		Suelo	Aislantes	
T (°C)	PVC	XLPE y EPR	T (°C)	PVC	XLPE y EPR	T (°C)	PVC	XLPE y EPR
10	1,16	1,11	35	0,88	0,93	60	0,47	0,68
15	1,11	1,08	40	0,81	0,89	65	–	0,62
20	1,05	1,04	45	0,75	0,83	70	–	0,55
25	1	1	50	0,66	0,79	75	–	0,48
30	0,94	0,97	55	0,58	0,74	80	–	0,4

Tabla F7-138: *factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados.*

■ Factores de corrección para agrupamiento de varios cables enterrados directamente en el suelo.

Número de circuitos	Distancias entre cables (a)[1]				
	Nula (cables que se tocan)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9
3	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
4	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8
5	0,55	0,55	0,65	0,7	0,8
6	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8

[1] Cables multiconductores.

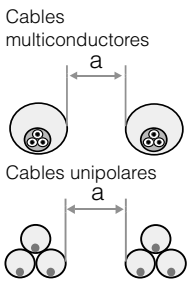


Tabla F7-139: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente.*

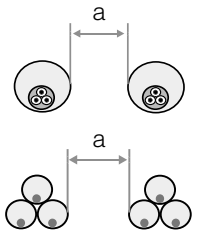
Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k·m/W.

La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/– 10%.
Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21-144 con factor de carga del 100 %.

■ **Factores de corrección por agrupamiento de varios cables instalados en tubos enterrados.**

Tipo de instalación según nota 1 de la tabla F7-137				
Cables multiconductores en tubos; un cable por tubo				
Número de cables	Distancias entre tubos (a) [1]			
	Nula (cables que se tocan)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,85	0,9	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,9	0,95
4	0,7	0,8	0,85	0,9
5	0,65	0,8	0,85	0,9
6	0,6	0,8	0,8	0,9

Cables multiconductores



Tipo de instalación según nota 1 de la tabla F7-137				
Cables multiconductores en tubos; un cable por tubo				
Número de cables	Distancias entre tubos (a) [1]			
	Nula (cables que se tocan)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,8	0,9	0,9	0,95
3	0,7	0,8	0,85	0,9
4	0,65	0,75	0,8	0,9
5	0,6	0,7	0,8	0,9
6	0,6	0,7	0,8	0,9

Tabla F7-140: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados.*

Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k·m/W.
La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/– 10%.
Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21-144 con factor de carga del 100 %.

Paso a través de elementos de la construcción

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

■ En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.

■ Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.

■ Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades muy diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolo convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.

■ En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro

lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.

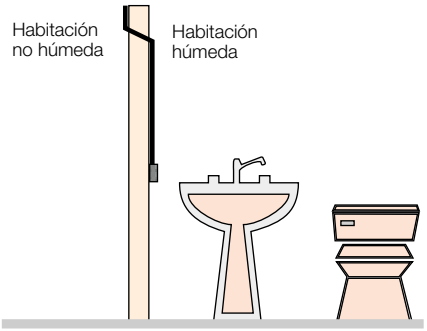


Fig F7-141: *paso de un local húmedo a uno no húmedo o al exterior.*

■ Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conformes a la tabla F7-114.
■ Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivos equivalentes, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que este último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio, de porcelana o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica.
■ No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.
■ Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalizaciones de que se trate.
■ Los pasos con cables aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
■ En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo a una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

Las conexiones:

■ Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas del 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 las entradas de los tubos en las cajas de conexión se quieran hacer estancas, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
■ En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o reglas de conexión; puede permi-

tirse asimismo la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente.

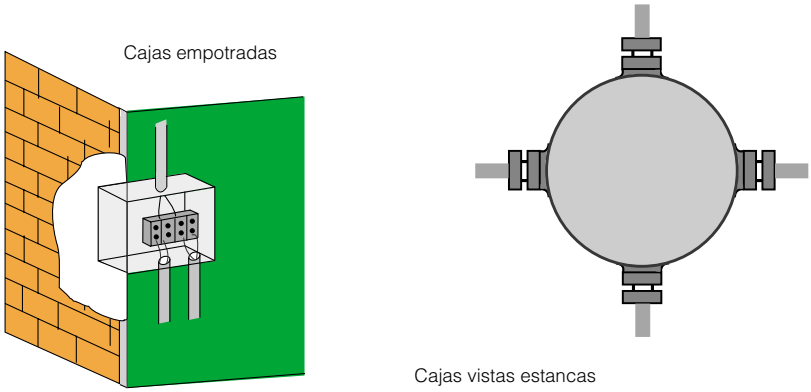


Fig. F7-142: *cajas de empalme.*

■ Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.

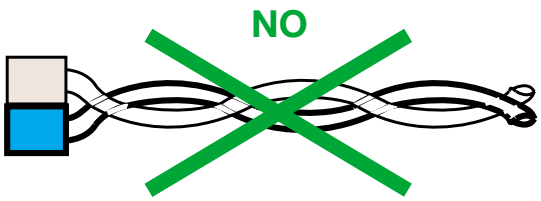


Fig. F7-143: *conexiones no autorizadas.*

Temperaturas máximas de las conexiones en condiciones normales de servicio:

■ Las temperaturas de los bornes resultan de la temperatura ambiente y del calentamiento en servicio normal.
■ Las temperaturas de los bornes son consecuencia de las influencias térmicas de disipación de la aparamenta y los conductores, de las ambientales y del respeto de las condiciones de instalación y servicio.
■ La compatibilidad de la temperatura de los bornes de conexión, la de los aislantes de los conductores y los propios conductores se deben obtener con las disposiciones de instalación y puesta en servicio.

Temperaturas máximas de trabajo permanente de los conductores:

■ Temperaturas límite según la CEI 20:
□ Caucho natural 60 °C
□ PVC 70 °C
□ XLPE, EPR 90 °C
□ Caucho silicona 180 °C
□ Caucho E.V.A. 110 °C
■ En un régimen permanente presuponemos que las sobreintensidades no son frecuentes y de duración limitada; si no podemos mantener esta suposición debemos calcular los incrementos de temperatura que suponen y reconsiderar los aislantes.

7.3. Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM

Las redes de masas

La equipotencialidad de las masas en baja frecuencia y alta frecuencia es una regla de oro de la "CEM".

■ **Equipotencialidad "BF" y "AF" del edificio**
Mediante un mallado específico adaptado, etc.

■ **Equipotencialidad "BF" y "AF" local**
Mediante un mallado de todas las masas y, en caso necesario, un plano de masa específico adaptado, etc.

Hacer un mallado sistemático de todas las estructuras metálicas, bastidores, chasis, conductores de masa... entre sí.

Conexiones:
■ Es necesario tener un cuidado especial al hacer las conexiones para garantizar su calidad y duración tanto en "BF" como en "AF".
■ Conexión directa (sin conductor) metal/metal con tornillos.
■ Conexión con trenza metálica o cualquier otro tipo de conector ancho y corto.

Cuidado con la pintura y los revestimientos aislantes.

La red equipotencial en un edificio

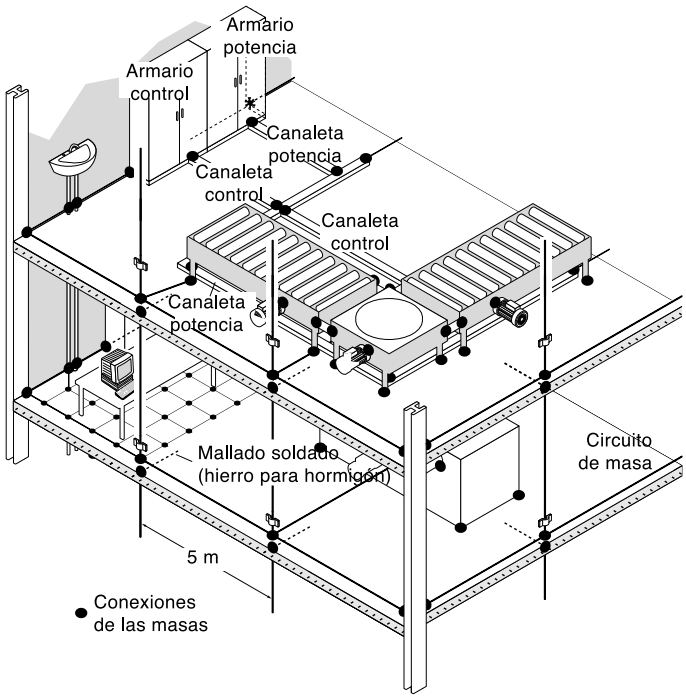


Fig. F7-144: *esquema de un circuito de masas en un edificio.*

Equipotencialidad “BF” y “AF” del edificio:

■ Montar un plano de masa y un circuito de masa por piso (mallado de hierros para hormigón soldados y empotrados en la losa de hormigón, doble suelo con rejilla de conductor de cobre).

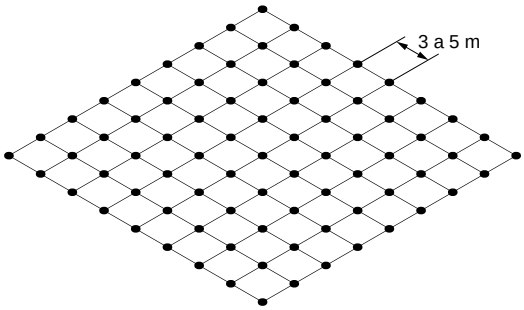


Fig. F7-145: *malla de equipotencialidad para hormigón.*

■ Interconectar todas las estructuras metálicas del edificio a la red de masa (vigas metálicas, hierros para hormigón soldados, tuberías y canalizaciones metálicas, canaletas, transportadores, bastidores metálicos, enrejado...).

■ Se recomienda hacer un estudio y un plano de masa de malla muy cerrada en las zonas en las que se vayan a instalar equipos sensibles (informática, medición...).

Equipotencialidad local:

■ Equipo-máquina:

□ Interconectar todas las estructuras metálicas de un mismo equipo entre sí (armario, placa de plano de masa de fondo de armario, canaletas, tuberías y canalizaciones, estructuras y bastidores metálicos de la máquina, motores...).

□ En caso necesario, montar conductores de masa para completar el mallado de las masas (los dos extremos de un conductor que no se esté utilizando deben estar conectados a masa).

□ Conectar esta red de masa local a la red de masa del centro, distribuyendo y multiplicando todo lo posible las conexiones.

Instalación

Importante mantener una relación de longitud anchura < a 3.

PE - PEN

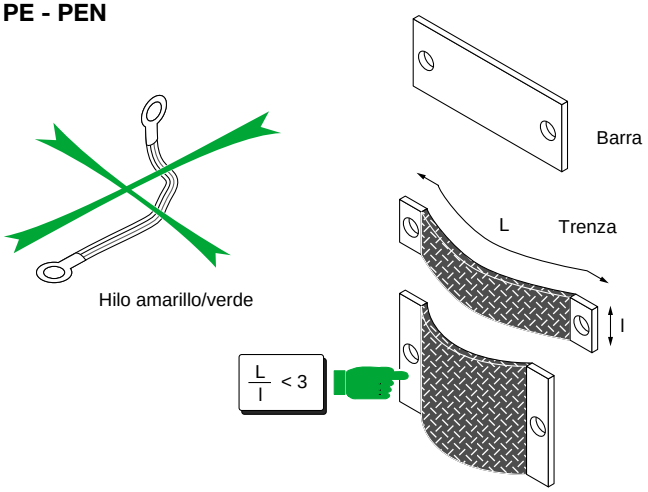


Fig. F7-146: *interconexión de las canalizaciones metálicas.*

Interconexiones, "mallado" de las masas, equipotencialidad, continuidad, seguridad, según CEI 364.

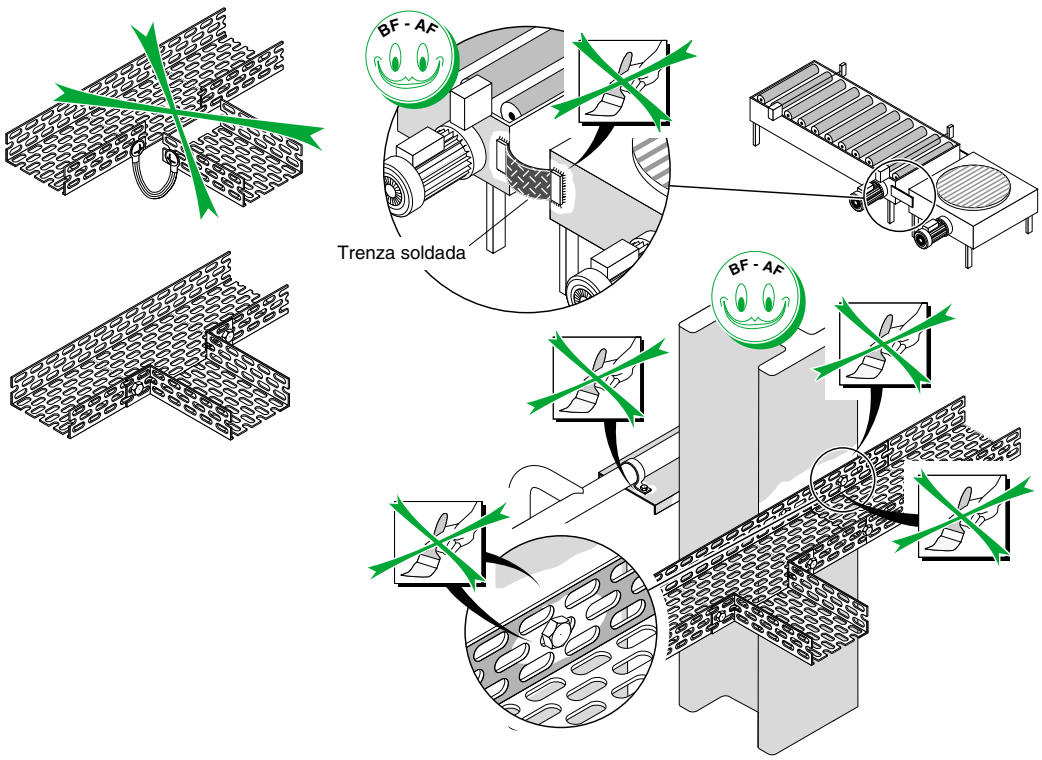


Fig. F7-147: *interconexión de máquinas, conducciones y estructura.*

Los cables

Clases de señales conducidas

Clasificación de las señales por niveles de perturbación			
Clase*	Perturbadora	Sensible	Ejemplo de señales conducidas o dispositivos conectados
1 sensible		++	– Señales analógicas de control, captadores... – Circuitos de medida (sondas, captadores...)
2 poco sensible		+	– Circuitos de control y mando de carga resistiva – Circuitos digitales (bus...) – Circuitos de control con salida todo o nada (captadores...) – Alimentaciones continuas de control
3 poco pertur-badora	+		– Circuitos de control y mando de carga inductiva (relés, contactores, bobinas, onduladores...) con protección adaptada – Alimentaciones alternas propias – Alimentaciones principales conectadas a aparatos de potencia
4 pertur-badora	++		– Grupos de soldadura – Circuitos de potencia en general – Variadores electrónicos, fuentes conmutadas...

Tabla F7-148: *tabla de las clases de señales en función de los niveles de perturbación.*

Elección de los cables

Tipo de cables recomendados en función de la clase* de la señal conducida						
Clase*	Naturaleza	Unifilar	Pares trenzados	Pares trenzados apantallados	Apantallados (trenzas)	Apantallados mixtos (pantalla + trenza)
1	Sensible				Coste ↗	
2	Poco sensible				Coste ↗	
3	Poco perturbadora				Coste ↗	
4	Perturbadora					

No recomendado. Recomendado, coste razonable. Poco recomendado, coste elevado para esta clase de señales.

Tabla F7-149: *tabla de elección de cables en función de las clases de señal conducidas.*

(*) Término no normativo de uso específico en este documento.

Ejemplo de cables utilizados para las diferentes clases* de señales:

■ Clase* 1: Señales sensibles.

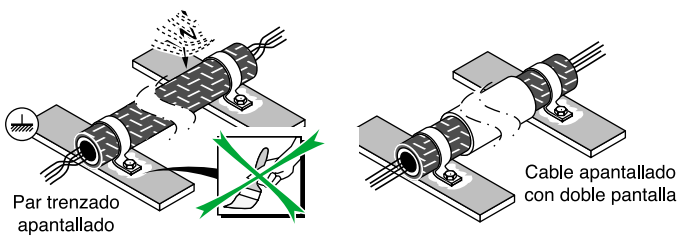


Fig. F7-150: *cables apropiados para señales sensibles.*

■ Clase* 2: Señales poco sensibles.

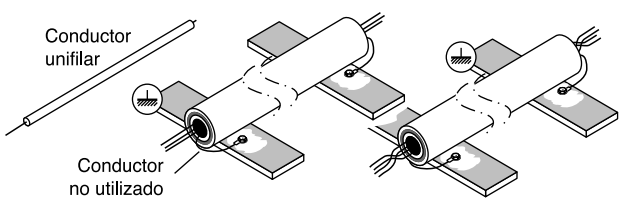


Fig. F7-151: *cables apropiados para señales poco sensibles.*

■ Clase* 3: Señales poco perturbadoras.

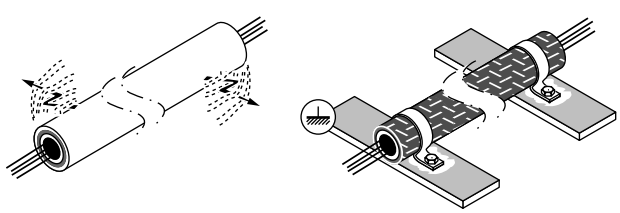


Fig. F7-152: *cables apropiados para señales poco perturbadoras.*

■ Clase* 4: Señales perturbadoras.

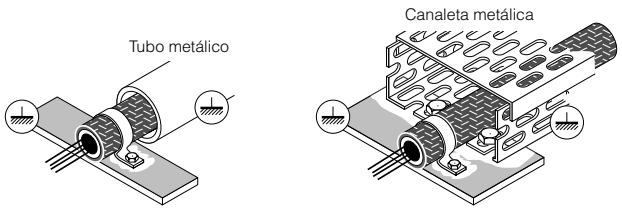


Fig. F7-153: *cables apropiados para señales perturbadoras.*

Rendimiento de los cables en relación con la CEM

Rendimiento de los cables en relación con la "CEM"								
Cable	Perturbaciones (conducidas sin efecto)					Nivel de perturbación	Sector de actividad
		Radiadas		Acoplamiento			
	BF: 0-50 Hz	BF < 5 MHz	BF < 5-30 MHz	Modo común	Modo diferencial	Diafonia acoplamiento capacitativo inductivo		
Cable unifilar	Medio (1)	Pasable (2)	Insuficiente (1)	Malo	Malo	Malo		Exclusivamente dispositivos no sensibles Aplicación "BF" 50 Hz 60 Hz
Bifilar paralelo	Medio	Pasable	Insuficiente					
Bifilar par trenzado	Bueno (2)	Bueno hasta 100 kHz	Pasable	Malo	Malo	Malo	Dispositivos poco perturbadores	Terciario. Industriales poco contaminados
Par trenzado apantallado	Bueno	Bueno	Medio	Bueno	Excelente	Bueno	Perturbaciones industriales débiles	Terciario. Industriales poco contaminados Conduce señales <10 MHz
Plano apantallado Al...	Medio	Pasable	Insuficiente			Medio	Perturbaciones industriales débiles (emisores radio, alumbrado fluorescente)	Locales industriales poco contaminados Redes locales Equipos informáticos terciarios
Trenza	Excelente	Excelente	Bueno			Bueno	Perturbaciones industriales clásicas	Sector industrial clásico Informática, medida, regulación Redes locales Control motores
Pantalla + trenza	Excelente	Excelente	Excelente			Bueno	Perturbaciones industriales importantes (industria pesada)	Productos muy sensibles en un entorno muy contaminado

Tabla F7-154: *tabla de rendimientos de los diferentes tipos de cables, frente a los fenómenos de la CEM.*

Las reglas de cableado frente a los fenómenos de la CEM

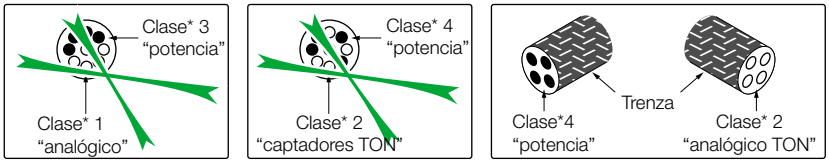
Los 10 preceptos principales:

■ 1.ª regla:

Regla de oro de la "CEM":
■ Garantizar la equipotencialidad de las masas en alta y baja frecuencia "AF" y "BF".
□ A nivel local (instalación, máquina...).
□ A nivel general.

■ 2.ª regla:

■ No llevar por un mismo cable o conductor trenzado señales de clase*:
□ Sensible (1-2).
□ Perturbadora (3-4).



Trenza: las hojas de aluminio, armaduras metálicas... no son pantallas "CEM".

Fig. F7-155: *tipos de cables adecuados a la 2.ª regla.*

■ 3.ª regla:

■ Evitar colocar en paralelo cables de transmisión de señales de clase* diferentes:
□ Sensibles (clase* 1-2).
□ Perturbadoras (clase* 3-4).
Limitar al máximo la longitud de los cables.

■ 4.ª regla:

■ Separar lo más posible los cables que conducen señales de clases* diferentes, especialmente:
□ Los sensibles (1-2).
□ Los perturbadores (3-4).
Es efectivo y económico.

Estos valores se dan a título indicativo y se considera que los cables están sujetos a un plano de masa y que su longitud es L < 30 m.

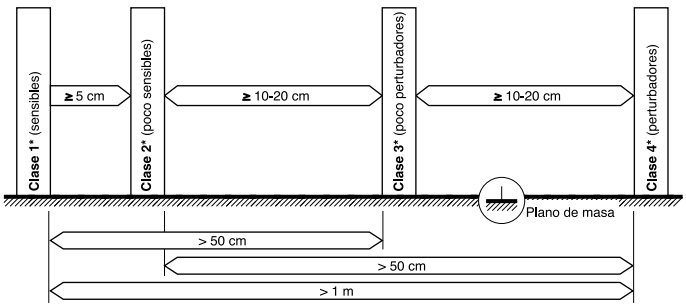


Fig. F7-156: *longitudes máximas y distancias entre conductores para cumplir la 4.ª regla.*

Cuanto mayor sea la longitud de los cables, mayor deberá ser la distancia que separe unos de otros.

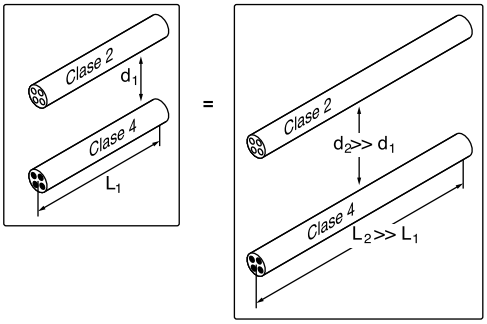


Fig. F7-157: *comparación relativa de las distancias y las longitudes.*

* Término no normativo de uso específico para este documento.

■ 5.ª regla:

Reducir al máximo posible la superficie de los bucles de masa.

Es necesario garantizar la continuidad del plano de masa entre 2 armarios, máquinas, equipos...

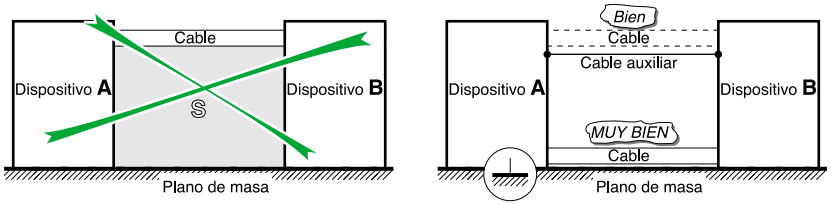


Fig. F7-158: *ejemplo de reducción de los planos de masa entre dos cuadros, máquinas, equipos...*

Sujetar todos los conductores, de un extremo al otro, al plano de masa (chapas de fondo de armario, masas de envolventes metálicos, estructuras equipotenciales de la máquina o del edificio, conductores auxiliares, canaletas...).

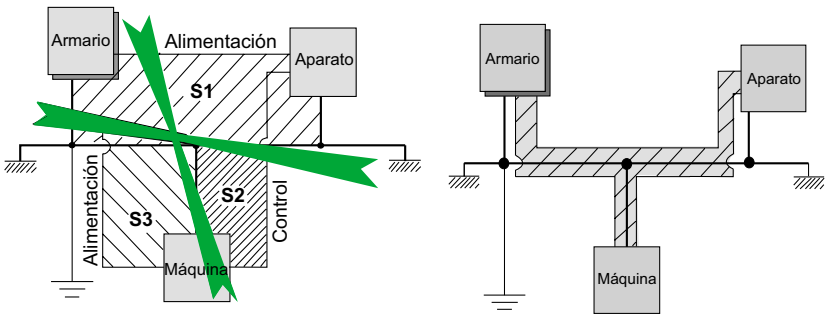


Fig. F7-159: *ejemplos de situación de los cables de masa para reducir el espacio del campo de interferencia.*

■ **6.ª regla:**

El conductor de ida debe estar siempre lo más cerca posible del conductor de vuelta.

Los cables bifilares (2 conductores) garantizan que el conductor de ida irá canalizado en toda su longitud junto al conductor de vuelta.

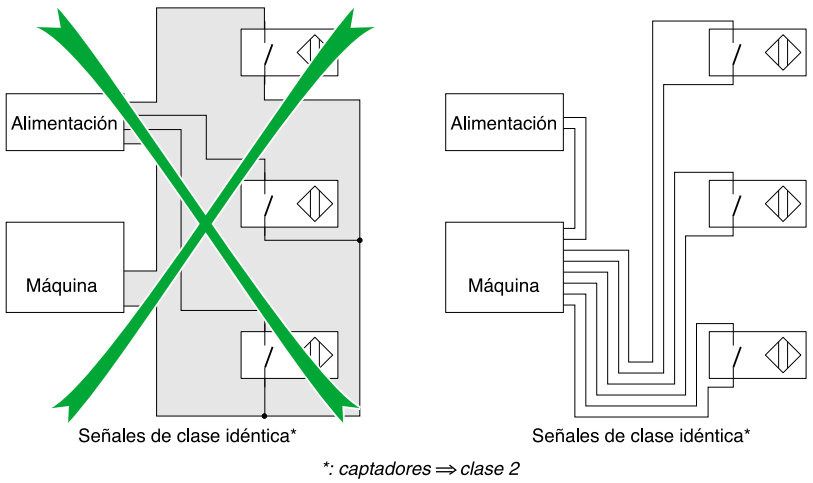


Fig. F7-160: *trazado adecuado de dos conductores. La solución ideal son los conductores bifilares.*

■ **7.ª regla:**

Utilizar cables blindados permite llevar cables para la transmisión de señales de clases diferentes por una misma canaleta.

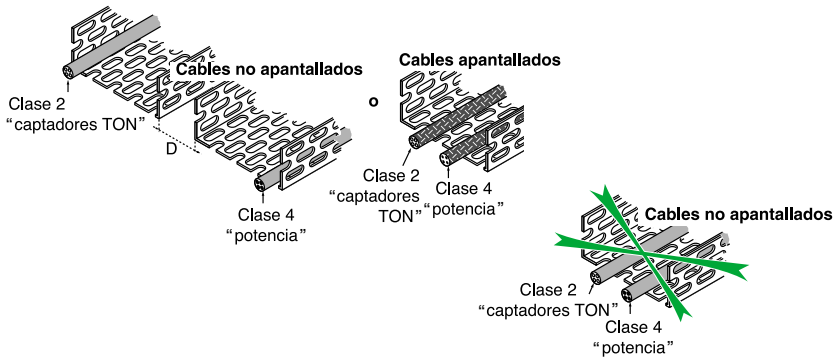


Fig. F7-161: *situación adecuada de los cables en las conducciones metálicas.*

■ **8.ª regla:**

Teniendo en cuenta que la equipotencialidad "BF" y "AF" es una regla de oro de la "CEM", las pantallas son mejores si están conectadas a masa en los dos extremos. Recomendación MUY EFICAZ.

□ Pantalla conectada en los dos extremos.
– Muy eficaz contra las perturbaciones exteriores (alta frecuencia "AF"...).
– Muy eficaz, incluso a la frecuencia de resonancia del cable.

– No se producen diferencias de potencial entre el cable y la masa.
– Permite llevar cables para las transmisión de señales de clases diferentes si la conexión es buena (360°) y la equipotencialidad de las masas también lo es (mallado...).
– Efecto reductor (alta frecuencia “AF”) muy elevado ≅ 300.
– En el caso de señales de alta frecuencia “AF” elevadas y cables muy largos > 50 - 100 m, puede inducir corrientes de fuga a tierra.

La pantalla pierde eficacia si el cable es demasiado largo.
Se recomienda multiplicar las conexiones intermedias a masa.

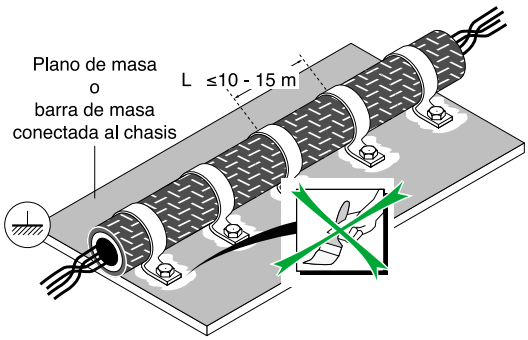


Fig. F7-162: *tomas de contacto con las masas y las puestas a tierra en función de la longitud del cable.*

□ Pantalla conectada solamente en un extremo.
– Ineficaz frente a las perturbaciones exteriores en un campo eléctrico de “AF”.
– Permite proteger una conexión aislada (captador) contra un campo eléctrico de “BF”.
– La pantalla puede hacer de antena y resonar.
¡En este caso las perturbaciones son mayores que sin pantalla!
– Permite evitar el “zumbido” (“BF”) provocado por la circulación de una corriente de “BF” a través de la pantalla.
□ En el extremo de una pantalla no conectada a la masa puede aparecer una diferencia de potencial elevada.
– Es peligroso y no de acuerdo a CEI 364.

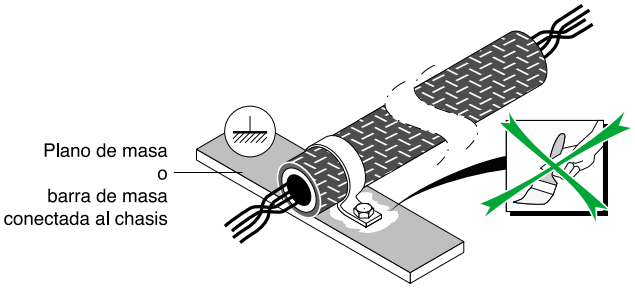


Fig. F7-163: *conexión de una pantalla a masa por su extremo, poco eficiente.*

Si no hay equipotencialidad (“zumbido”), la conexión de la pantalla por uno solo de sus extremos es una manera de garantizar un funcionamiento aceptable. EFICACIA MEDIA.

□ Pantalla no conectada a masa: prohibido si es accesible al contacto.
– Ineficaz frente a las perturbaciones extremas (“AF”).
– Ineficaz contra el campo magnético.
– Limita la diafonía capacitativa entre conductores.
– Se puede producir una elevada diferencia de potencial entre la pantalla y la masa. Es peligroso y no está aceptado en la CEI 364.

No tiene ninguna eficacia, sobre todo si se compara con las posibilidades que ofrece una pantalla instalada correctamente y con su coste.

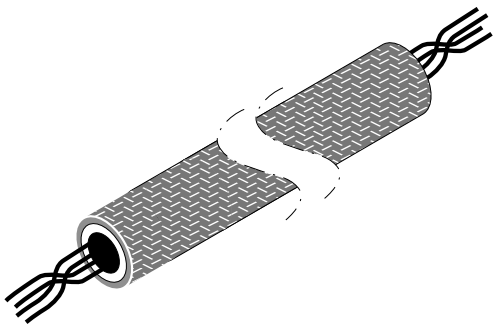


Fig. F7-164: *pantallas no conectadas a masa, no aceptado por CEI 364.*

■ **9.ª regla:**

Los conductores no utilizados de un cable deben estar sistemáticamente conectados a masa (chasis, canaleta, armario...) en los dos extremos.

En el caso de señales de clase* 1, si la equipotencialidad de las masas de la instalación es mala, se pueden producir “zumbidos” de “BF”, que se superponen a la señal útil.

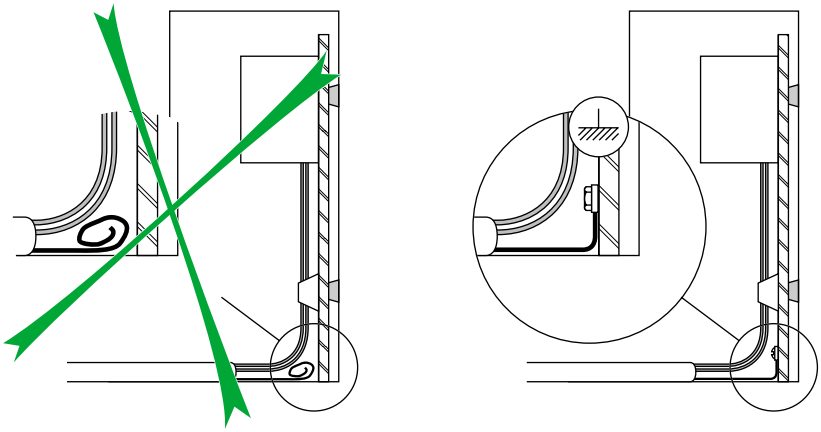


Fig. F7-165: *forma de conexión de los conductores no utilizados.*

* Término no normativo de uso específico para este documento.

■ **10.ª regla:**

Montar de forma que se crucen en ángulo recto los conductores o cables que conduzcan señales de clases diferentes, especialmente en el caso de señales sensibles (1-2) y perturbadoras (3-4).

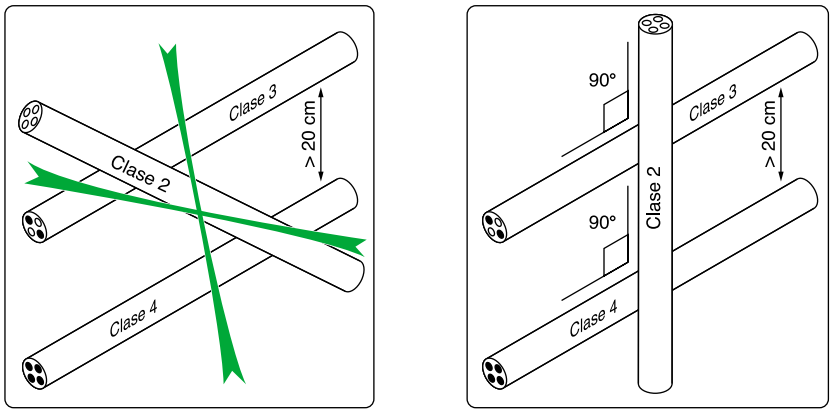


Fig. F7-166: *forma de cruzar las conducciones.*

Las conexiones

La calidad de las conexiones es tan importante como el cable, la pantalla y la red de masa.

Es imprescindible entender los fenómenos de alta frecuencia “AF”, por lo que se recomienda leer el apartado de la calidad de la energía F4 (especialmente el apartado de cables).

Tipo y longitud de las conexiones
(Ver el apartado instalación de este capítulo, pág. F/214.)

Realización de una conexión
Es imprescindible que se produzca un contacto “metal con metal” y que la presión de contacto entre las partes conductoras sea elevada.
■ Procedimiento:
□ 1. Chapa pintada.
□ 2. No pintar, rascar la pintura.
□ 3. Apretar bien la conexión utilizando, por ejemplo, un sistema de tuerca y tornillo con arandela.
□ 4. Asegurarse de que el contacto es permanente.
– Aplicar pinturas aislantes, barnices dieléctricos o grasas anticorrosivas una vez asegurado el contacto.

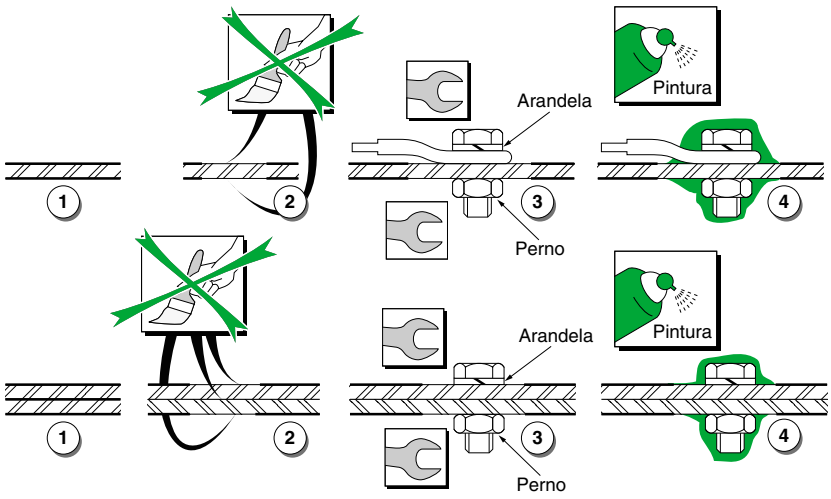
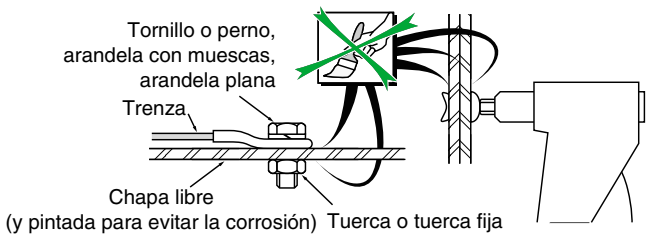
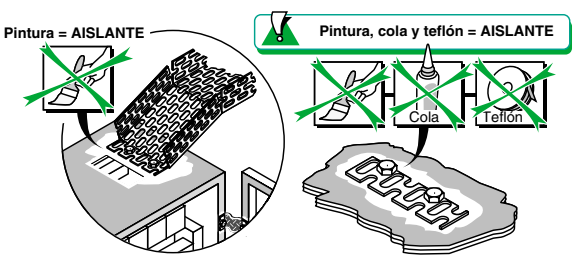


Fig. F7-167: *tipo de conexiones.*

Eliminar los revestimientos aislantes (pinturas...) de las superficies en contacto.

Interferencias que deben evitarse en las conexiones





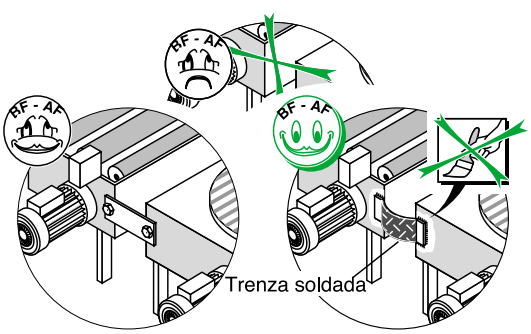


Fig. F7-168: *dificultades genéricas a superar para obtener unas buenas conexiones.*

Conexiones de los blindajes

Las pantallas en el extremo de los cables deben reforzarse mediante un contacto metal con metal de 360°.

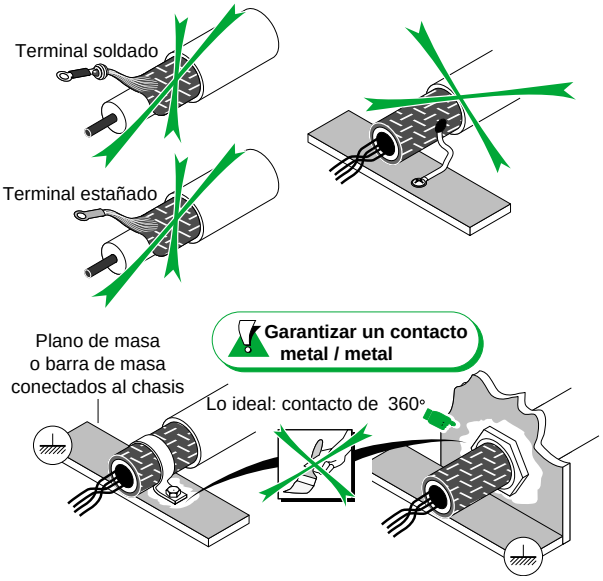


Fig. F7-169: *formas adecuadas y no adecuadas de conexión de las masas y los blindajes de los cables.*

Atención a las láminas de plástico aislantes situadas entre la pantalla y la funda.

Las conducciones

Las canaletas y los tubos metálicos conectados correctamente proporcionan una segunda pantalla muy eficaz de los cables.

Las canaletas

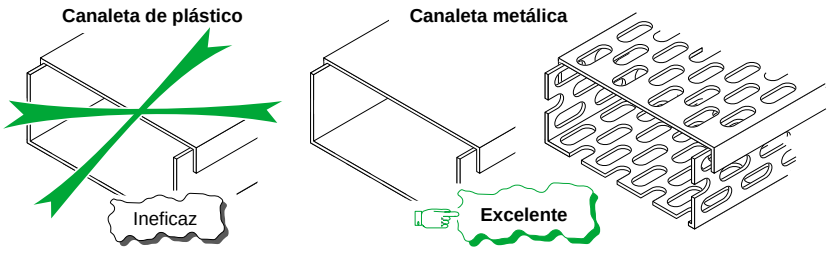


Fig. F7-170: *formas y materiales de canaletas eficaces.*

■ Comportamiento frente a las perturbaciones EM.

El efecto pantalla de una canaleta metálica depende de la posición del cable.

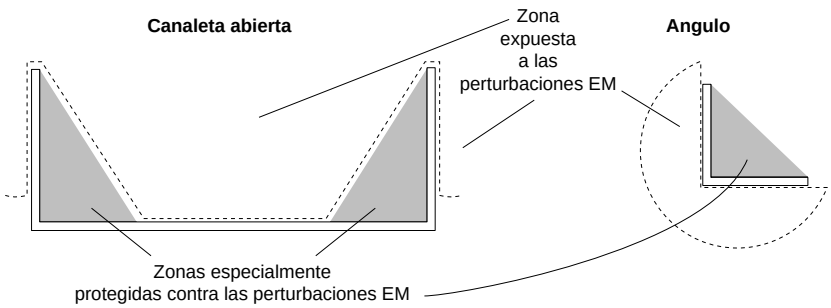


Fig. F7-171: *zonas protegidas para la colocación de cables en una canaleta.*

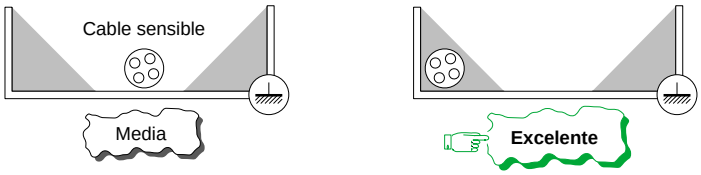
La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Conexión de las canaletas y los cuadros

(Ver pág. F/155.)

Colocación de los cables en las canaletas y ángulos

■ En las canaletas:



■ En los ángulos:

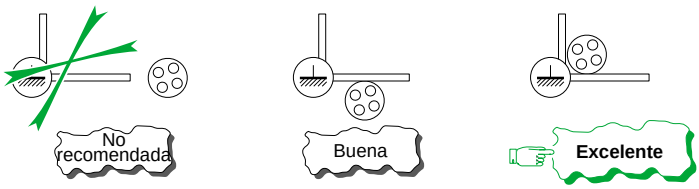


Fig. F7-172: *forma de colocación de los cables en las canaletas y los ángulos.*

Forma de conducción de los cables perturbadores y los sensibles

Los cables perturbadores y los sensibles deben conducirse por canalizaciones diferentes:

■ En las instalaciones nuevas.

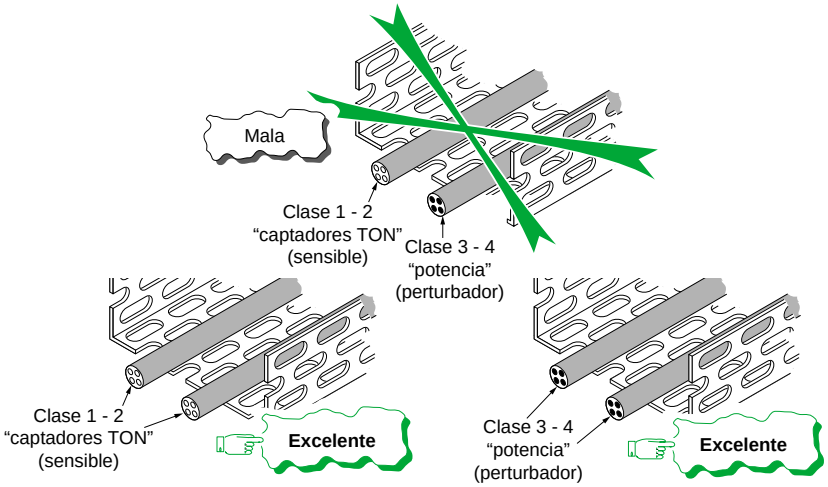


Fig. F7-173: *forma de colocación de los cables en las bandejas.*

■ En una instalación ya existente.

Si, a pesar de todo, los cables “sensibles” (clase 1-2) y perturbadores (clase 3-4) han de ir por la misma canaleta, es preferible dejarla abierta.

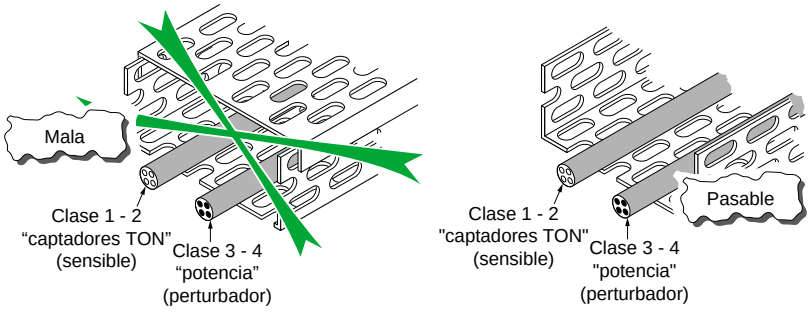


Fig. F7-174: *forma de corrección de la instalación de los cables en una instalación existente.*

F
7

Conexión de los extremos de las canalizaciones

Los extremos de las canalizaciones (canaletas, tubos metálicos, etc.) deben estar solapados y atornillados entre sí.

■ ¡El plano de masa no tiene continuidad!

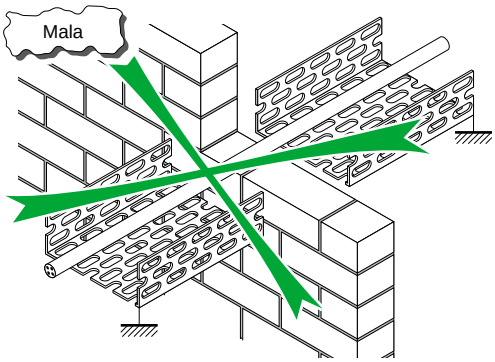


Fig. F7-175: *ejemplo de canaleta sin continuidad al paso por un muro.*

El conductor de longitud L = 10 cm divide por 10 la eficacia de la canaleta.

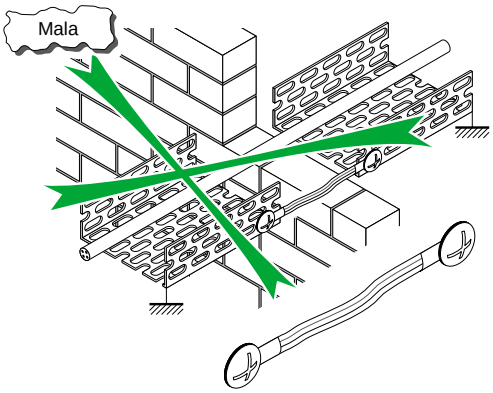


Fig. F7-176: *ejemplo de canaleta con conexión lateral por cable, al paso de un muro.*

■ El plano de masa tiene continuidad.

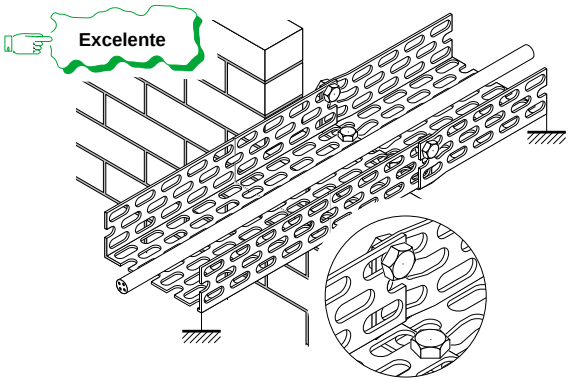


Fig. F7-177: *ejemplo de una canaleta con solape en el plano principal, al cruzar un muro.*

Si no fuera posible solapar y atornillar los extremos de las canaletas, es aconsejable montar una trenza ancha y corta debajo de cada conductor o cable.

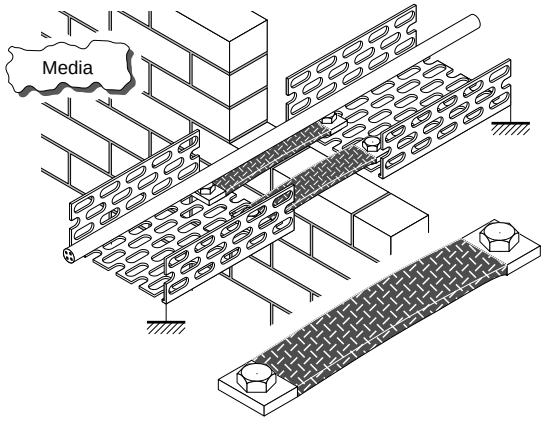


Fig. F7-178: *ejemplo de unión de canaleta por el plano principal.*

La mejor canaleta metálica es ineficaz si sus extremos están mal conectados.

Diferentes formas de colocación de los conductores:

■ De forma correcta:
□ En tubos de acero.
□ Canaleta de acero.
□ En canalis.
□ En canalón de acero.
□ En bandejas de acero.
□ Enterrados.
□ Canal enterrado cerrado.
□ Canal abierto o ventilado.
■ De forma incorrecta:
□ En los huecos de los ladrillos.
□ Canalizaciones de PVC.
□ En molduras o zócalos no metálicos (magnéticos).
□ Fijación directa en las paredes.
□ Cubiertas de bus.

■ Colocación de forma correcta

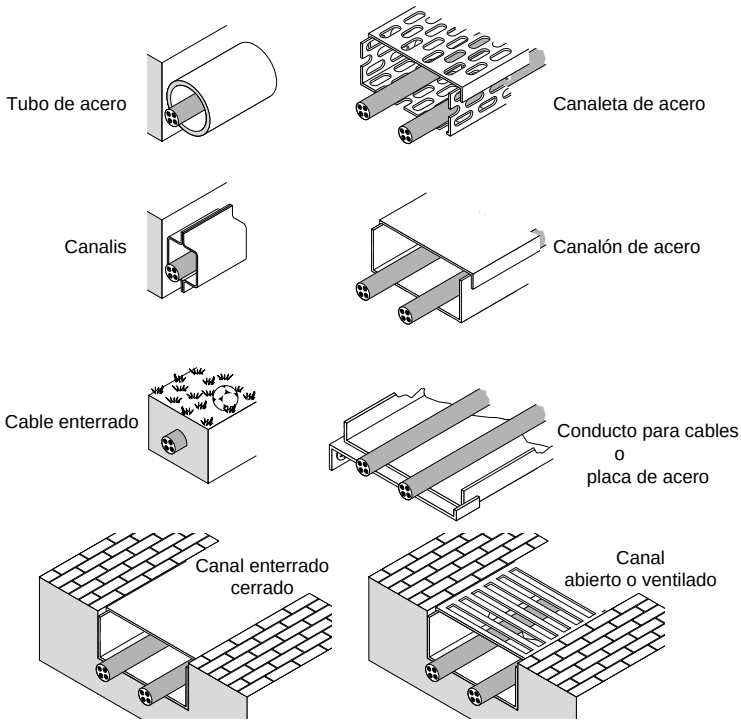


Fig. F7-179: *ejemplos de colocación de forma correcta.*

■ Colocación de forma incorrecta

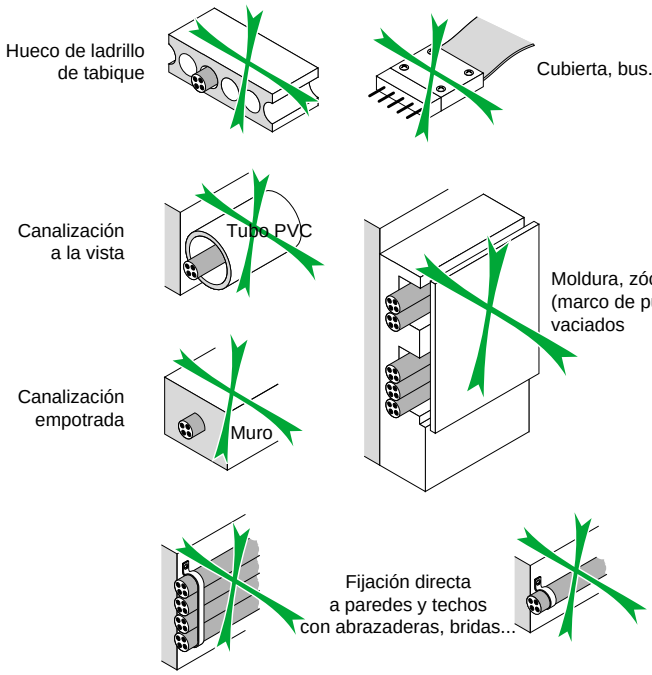


Fig. F7-180: *ejemplos de colocación de forma incorrecta.*

7.4. Las canalizaciones prefabricadas

De los dos sistemas de distribución, por cable o canalizaciones prefabricadas, el que representa un avance tecnológico, hoy en día, son las canalizaciones prefabricadas:

■ Están tratados como conjuntos de serie CS.

■ Los elementos están ensayados y certificados desde su origen.

■ Las soluciones para los problemas de instalación están preconcebidas, sólo hay que aplicarlas.

■ Al estar las soluciones preconcebidas, los tiempos de montaje e instalación se reducen muchísimo con respecto a los métodos tradicionales.

■ De los elementos que intervienen en el coste de una instalación tendremos:

□ Coste de:

– proyecto, menor tiempo,

– cobertura de riesgos, menor al ser productos CS certificados de origen,

– tiempo de montaje, menor al depender solamente del ensamblaje de soluciones prefabricadas,

– inversión en materiales, algo mayor,

– financiación algo menor, puesto que la financiación del volumen importante está en la adquisición de los materiales y el sistema de compra español permite financiaciones de compra,

– riesgo de error, la parte fluctuante está siempre en el cálculo del tiempo de montaje, en un sistema prefabricado el tiempo es menor y el escandallo de los tiempos está prefijado.

■ La posibilidad de modificaciones y ampliaciones son más flexibles y menos costosas con las canalizaciones prefabricadas que con el método tradicional. Es un elemento muy apreciado hoy en día en el momento de diseño de instalaciones comerciales e industriales de transformación, que los imperativos del mercado obligan a la sustitución de productos o sistemas, por haber finalizado su vida tecnológica o comercial.

■ Facilidad de mantenimiento.

■ Una muy gran adaptación a los requerimientos de la CEM.

Schneider Electric para atender a sus clientes ha puesto a disposición del mercado una de las soluciones en canalizaciones prefabricadas más avanzada y flexible: Canalis. Es un sistema de transporte y distribución de energía eléctrica en BT de 20 a 6.300 A modular, formado por tres grandes líneas:

□ Las de distribución para alumbrado.

□ Las de distribución de potencia.

□ Las de distribución de potencia para elementos móviles.

Formadas con conductores cubiertos por una envolvente metálica, en tramos rectos, codos, en T, en cruz y flexibles. Dotados de sistemas de conexión de las derivaciones, repartidos de forma equiespaciadas, alimentaciones y sujeciones (fijas y móviles).

El sistema es muy simple y en él radica su garantía funcional.

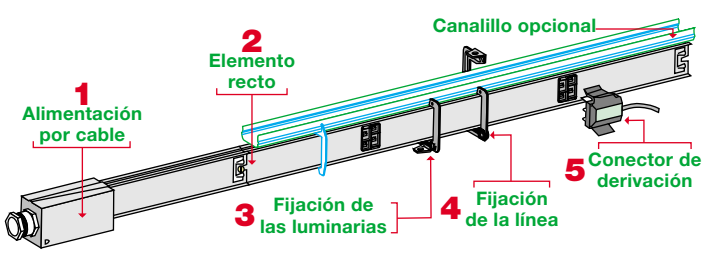
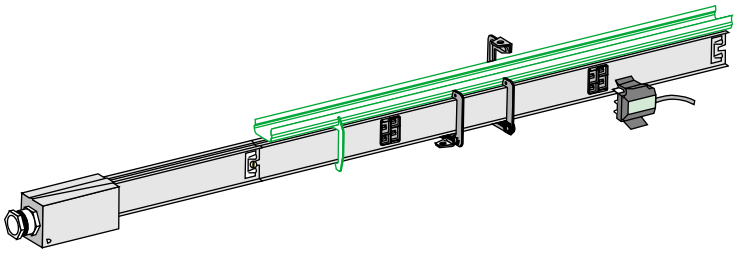


Fig. F7-181: *sistema de distribución prefabricado Canalis.*

Presentación de la gama

Sistema de distribución Canalis para alumbrado

■ Canalis KLE - 20 A. Alumbrado industrial y terciario.



■ Canalis KBA - KBB 25 y 40 A.
Alumbrado industrial y terciario.

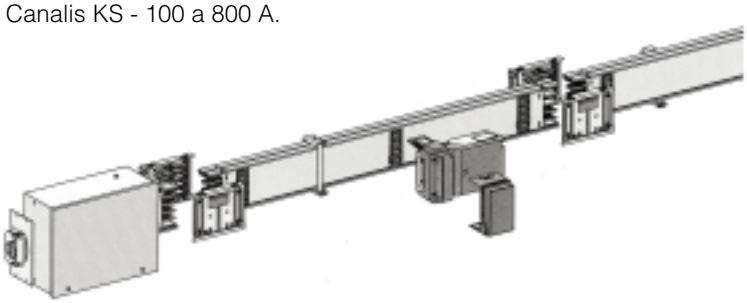


Sistema de distribución Canalis para potencia

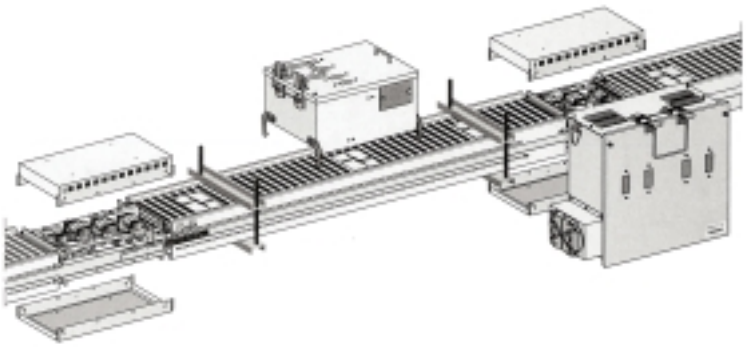
■ Pequeña potencia.
Canalis KN - 40, 63 y 100 A.



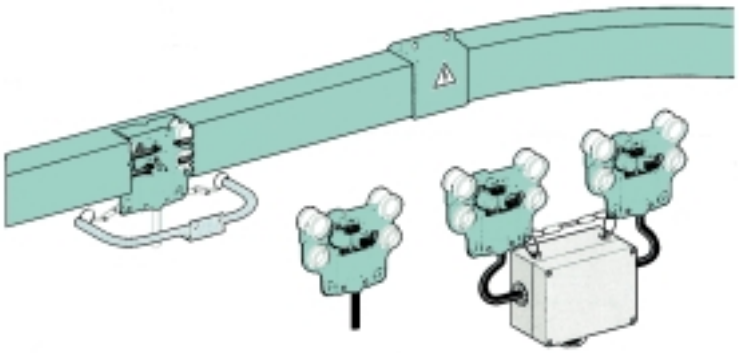
■ Mediana potencia.
Canalis KS - 100 a 800 A.



■ Gran potencia.
Canalis KH - 1000 a 4500 A



Sistema de distribución Canalis para elementos móviles
Canalis KX - 50 a 160 A.



Características de la gama Canalis

Características de la gama									
Aplicación	Denominación	Tecnología	Intensidades en (A)	Naturaleza y n.º de conductores activos		Longitud tramos	Grado de protección	Cofret derivación	Opciones
				Cu	2 o 4				
Iluminación	KLE		20	Cu	2 o 4	3 m	IP 31	6 y 10 A	Canaleta superior
	KBA		25-40	Cu	2 o 4	2 y 3 m	IP 54	10 y 16 A	Canaleta, tramos flexibles, lacado blanco
	KBB		25-40	Cu	2, 4, 6 u 8	2 y 3 m	IP 54	10 y 16 A	Canaleta, tramos flexibles, lacado blanco
Baja potencia	KN		40-63-100	Al	4	2 y 3 m	IP 41-54	de 16 a 40 A	Tramos flexibles y telemando
Media potencia	KSA		100-160-250-315-400-630-800	Al	3 o 4	3 y 5 m	IP 52-54	de 25 a 400 A	Codos (T), (X), acometidas, columnas
	KV-C	Compacta	200-250-315-400-500-630-800-1000	Cu	3 o 4	1, 2 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), acometidas, tramos flexibles
	KV-A	Compacta	200-250-315-400-500-630-800	Al	3 o 4	1, 2 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), acometidas, tramos flexibles
Fuerte potencia	KT-C	Compacta	100-1350-1600-2000-2500-3000-4000-5000	Cu	3 o 4	1 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), (X), acometidas
	KT-A	Compacta	800-1000-1200-1600-2000-2500-3000-4000	Al	3 o 4	1 y 4 m	IP 52-54	en las uniones	Codos (T), (X), acometidas
	KHF	Ventilada	1000-1200-1450-2200-2500-3000-3400-4000-4500	Al	3 o 4	3 y 5 m	IP 31	de 50 a 1000 A	Codos (T), (X), acometidas, columnas
Móvil	KX		50-60-100-120-160	Cu			IP 42-37		Para trenza o cable

Tabla F7-182: *tabla de referencias y utilidades de la gama Canalis.*

Características eléctricas de la gama Canalis

Características eléctricas									
Aplicación	Canalis		Conductores (valores medios)						
	Referencia	Calibre en (A)	Activos			Protec.	ΔU	Icc	
			R (mΩ/m)	X (mΩ/m)	Z (mΩ/m)	R (mΩ/m)	0,8pf mV/mA	kA pico	kA_{eff}
Iluminación	KLE	20	6,83	0,21	8,03	1,57	0,069	4,4	
	KBA	25	6,83	0,21	8,45	1,57	0,069	4,4	
		40	2,93	0,018	3,66	1,57	0,030	9,6	
	KBB	25	6,83	0,21	8,45	0,80	0,069	4,4	
		40	2,93	0,18	3,66	0,80	0,030	9,6	
Baja potencia	KN	40	4,75	0,20	5,55	0,73	0,0395	6,0	1,7
		63	1,90	0,20	2,25	0,73	0,0165	11,0	4,2
		100	0,80	0,20	0,96	0,73	0,0075	14,0	8,9
Media potencia	KSA	100	1,0590	0,4570	0,4680	0,2700	0,01200	13,6	8,0
		160	0,4900	0,2330	0,7010	0,2300	0,00580	22,0	11,0
		250	0,2160	0,1920	0,3510	0,2300	0,00300	28,0	14,0
		315	0,1420	0,1120	0,2210	0,1420	0,00190	42,0	20,8
		400	0,1420	0,1120	0,2210	0,1420	0,00190	49,2	24,6
		500	0,0910	0,1160	0,1700	0,1420	0,00146	55,0	27,1
		630	0,0740	0,0700	0,1230	0,0740	0,00106	67,5	32,5
		800	0,0450	0,0710	0,0940	0,0740	0,00079	78,7	38,3
	KVC (Cu)	200	0,5390	0,0100	0,6660	0,6640	0,4670	26,0	7,2
		250	0,3320	0,0100	0,4090	0,6640	0,2890	35,0	11,5
		315	0,2160	0,0100	0,2660	0,6640	0,1900	48,0	18,0
		400	0,1980	0,0100	0,2450	0,5390	0,1750	52,0	19,0
		500	0,1290	0,0100	0,1590	0,5390	0,1150	56,0	21,0
		630	0,0860	0,0100	0,1060	0,5930	0,0800	76,0	31,0
		800	0,0780	0,0050	0,0967	0,3280	0,0696	82,0	35,0
	KVA (Al)	200	0,5750	0,0100	0,7100	0,6640	0,497	25,0	7,2
		250	0,3450	0,0100	0,4260	0,6640	0,300	35,0	11,3
		315	0,2300	0,0100	0,2840	0,6640	0,202	49,0	17,0
		400	0,2050	0,0100	0,2540	0,5390	0,181	51,0	19,0
		500	0,1370	0,0100	0,1690	0,5390	0,122	55,0	20,5
		630	0,1250	0,0050	0,1540	0,3280	0,109	70,0	30,0
		800	0,0830	0,0075	0,1030	0,3280	0,075	84,0	40,0

Tabla F7-183: *tabla de las características eléctricas de las canalizaciones Canalis.*

Tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas

Tiempos de montaje, canalizaciones eléctricas prefabricadas						
Tipo	Canalis	Alimentación terminación	Elementos rectos	Fijaciones sujecciones	Derivaciones cofres	Canaleta superior
Iluminación	KLE Ph + N + T 20 A/3 m	0,5	0,15	0,2	0,2	0,1
	KLE III + N + T 20 A/3 m	0,6	0,15	0,2	0,2	0,1
	KBA III + N + T 25-40 A/2-3 m	0,6	0,15	0,2	0,2	0,1
	KBB III + N + T 25-40 A/2-3 m	0,6	0,2	0,2	0,2	0,1
						Flexible
Baja potencia	KN III + N + T 40-100 A/2-3 m	0,9	0,3	0,3 a 0,6	0,15 a 0,25	0,15
						Codo
Media potencia	KSA III + N + T 100-250 A/3 m	1,1	0,4 a 0,6	0,4	0,25 a 0,5	0,6
	KSA III + N + T 100-250 A/5 m	1,1	0,6 a 0,8	0,4	0,25 a 0,5	0,6

Tabla F7-184: *tabla de los tiempos de montaje de las canalizaciones prefabricadas.*

Columnas de distribución vertical Prefadis

Las columnas de distribución verticales están compartimentadas y apantalladas, para tres circuitos específicos y uno general:

■ Circuito de potencia, para tensiones de 230 V (alumbrado, potencia, electrodomésticos, utensilios), con elementos de protección a las sobreintensidades, choques eléctricos, sobretensiones...) y aparatos de maniobra o enchufe.

■ Circuito de pequeña potencia, con suministro de energía de calidad (informática, seguridad), con aparamenta de maniobra, protección y enchufe.

■ Circuito para corrientes débiles (telefonía...), con equipos de enchufe.

■ Circuito general para alimentaciones diversas (fluidos, aire comprimido, megafonía, hilo musical).

El suministro puede efectuarse desde falsos techos o falsos suelos.

El pequeño material de EUNEA MERLIN GERIN se adapta perfectamente a los espacios de ubicación.

La línea Multi 9 permite dotar a las columnas de toda clase de aparamenta de control y protección.

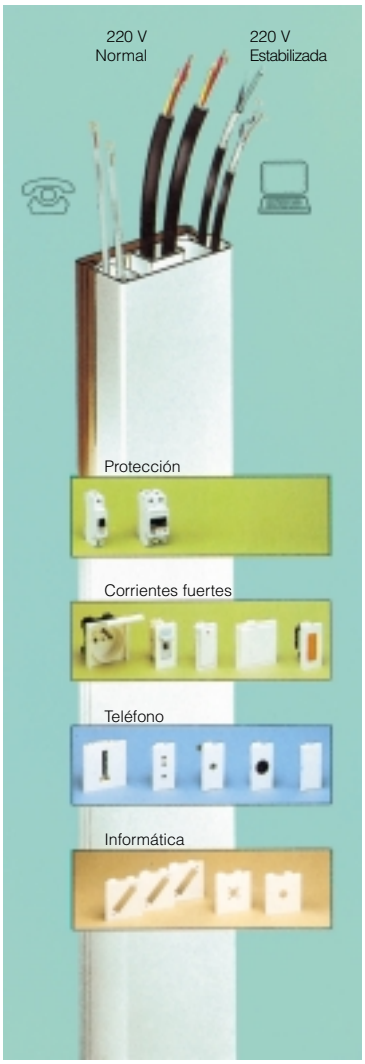


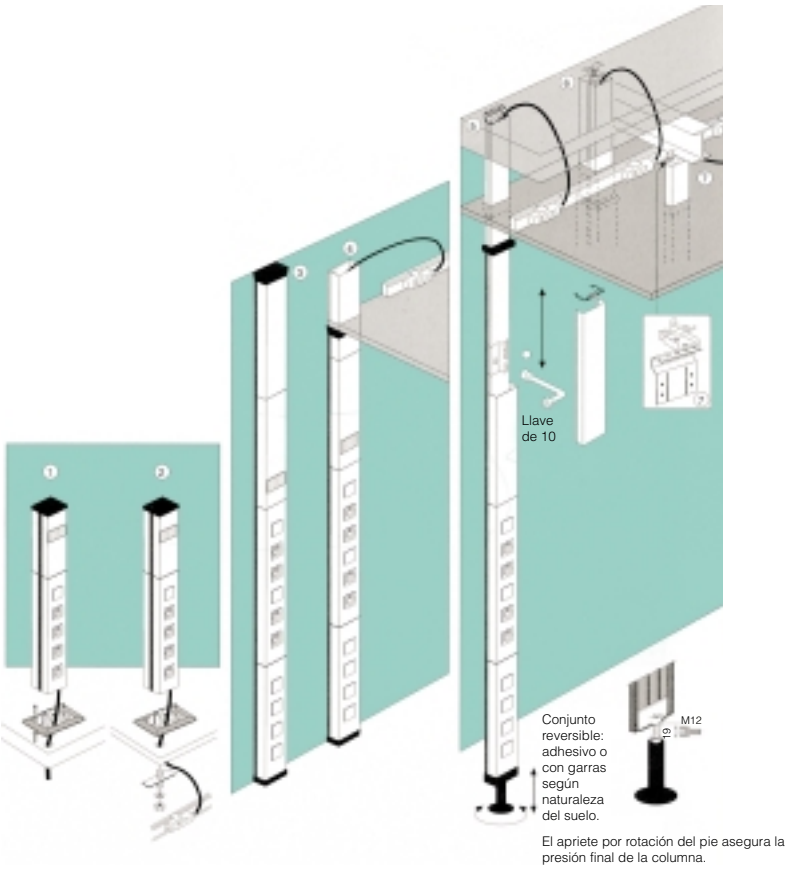
Fig. F7-185: *ejemplo de estructura de una canalización vertical.*

Montaje y fijación en función de una alimentación por falso suelo o por falso techo:

■ Columna central corta.
Montaje sobre losa de hormigón (1).
Montaje sobre falso suelo (2).
En este caso, la alimentación puede hacerse por Canalis KL/KB y permite un ahorro y una flexibilidad en la utilización.

■ Columna mural.
Colocación bajo techo o falso techo serrando la columna (3).
Colocación a través del falso techo (4).
En los dos casos, el collarín tulipa cubre la llegada de cables o el corte de columna.
La fijación de la columna en el muro se hace por 2 o 3 taladros previstos a tal efecto.

■ Columna central.
Fijación superior de columna por:
Una escuadra universal (5) o un resorte de presión (6), según el tipo de columna, sobre losa de hormigón, carpintería metálica, etc.
Una escuadra universal asociada a un clip metálico estándar por enganche sobre un perfil denominado “hierro ajustable” (7).
La alimentación de las columnas puede hacerse por Canalis KBA, KBB o KN.



Columna central corta. Alimentación por falso suelo.

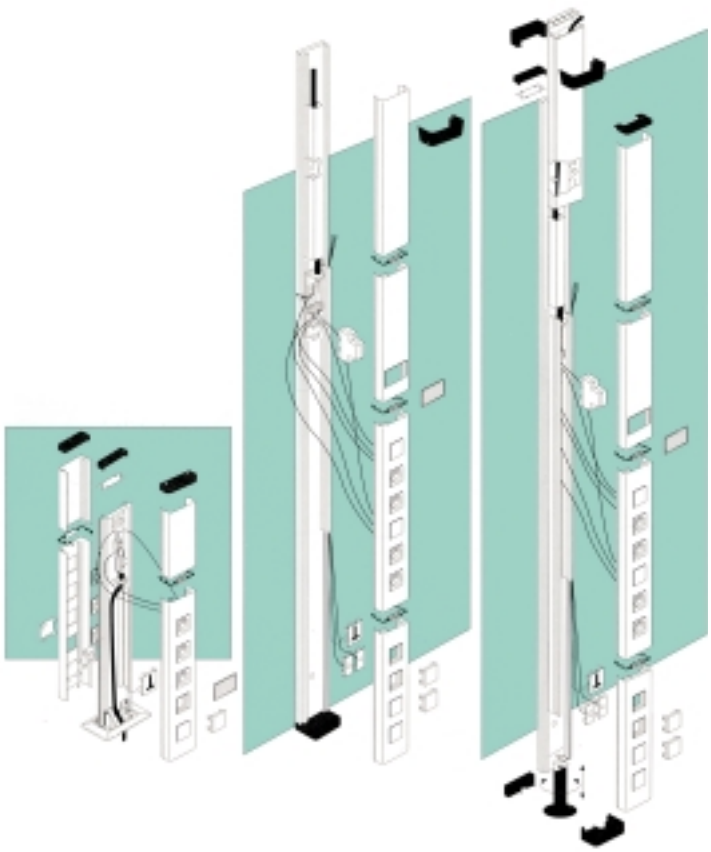
Columna mural. Alimentación por falso techo.

Columna central. Alimentación por falso techo.

Fig. F7-186: *forma de montaje y fijación de las columnas C9000 multiconducto.*

Cableado de las columnas:

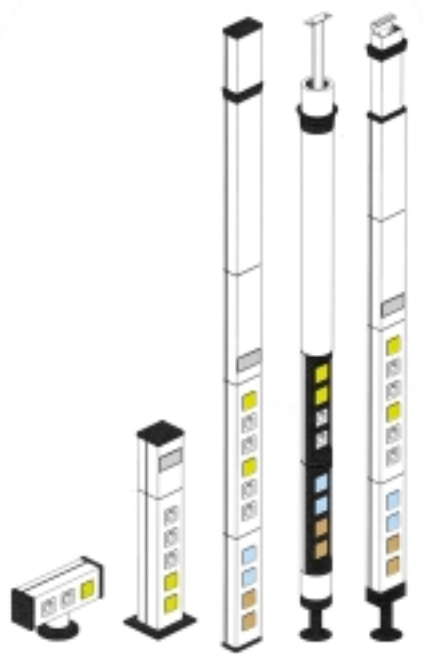
- Permiten cablearse antes de la colocación o después de la misma.
- Permite el montaje rápido de toda la aparamenta de maniobra y protección.
- Permite las modificaciones, en servicio, sin dificultades.



Columna central corta. Columna mural. Columna central.

Fig. F7-187: *cableado de las columnas C9000.*

Adaptaciones para corrientes débiles y fuertes



Minicolumna en “T” | Central corta | Mural | Centrales

■ **Zona corrientes fuertes:**

Protección de los circuitos por disyuntor modular unipolar o bipolar (*).



Adición de aparellaje 50 × 50 mm engatillable.





Toma de corriente con bloqueo de fase.
Toma de corriente con tapa, portafusibles, interruptor, pulsador, piloto (*).

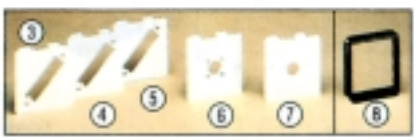
■ **Zona corrientes débiles:**

Teléfono...



Tomas telefónicas, salidas de cable, toma de altavoz (*).

Informática.



(*) No suministrados.

F
7

Elementos y accesorios Prefadis C9000

Distribución vertical columnas Prefadis C9000			
Designación		Murales	Centrales
Alimentación por falso techo			
Columnas equipadas por una cara	10/16		
Columnas sección circular D = 90 mm	2,6 a 3 m		KV1ER30925A
	3 a 3,8 m		KV1ER40925A
Columnas sección cuadrada 100 · 50 mm	2,85 m		KV1EM20535A
	2,3 a 2,9 m		KV1EC30535A
	2,85 a 3,9 m	KV1EC40535A	
Columnas sección cuadrada 100 · 72 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC30745A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC40745A
	2,85 m	KV1EM20745A	
Columnas equipadas por dos caras	10/16	Murales	Centrales
Columnas sección cuadrada 100 · 50 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC30835A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC40835A
Columnas sección cuadrada 100 · 72 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC31245A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC41245A
Columnas equipadas por dos caras Compartimentada una para corriente fuerte y otra para corrientes débiles 10/16	10/16	Murales	Centrales
Columnas sección cuadrada 100 · 200 mm	2,3 a 2,9 m		KV1EC31045A
	2,85 a 3,9 m		KV1EC41045A
Alimentación por falso suelo			
Columnas equipadas por una cara	10/16	Murales	Centrales
Minicolumna sección cuadrada 100 · 50 mm	0,65 m		KV1EB10535A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 72 mm	0,65 m		KV1EB10735A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 80 mm	0,65 m		KV1EB10835A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 125 mm	0,65 m		KV1EB11235A
Minicolumna sección circular D = 90 mm	0,65 m		KV1ER10925A
Columnas equipadas por dos caras	10/16	Murales	Centrales
Minicolumna en (T) sección cuadrada 100 · 102 mm	0,165 m		KV1BS0825A
Minicolumna sección cuadrada 100 · 102 mm	0,65 m		KV1EB11045A
Accesorios para corriente fuerte y débil	10/16		
Collarín para aparellaje EUNEA MERLIN GERIN 50/50	ébano	BTP70CT600N	
	blanco	BTP70CT600B	
Accesorios para columnas Prefadis	10/16	1 tubo	2 tubos
Escuadra universal fijación columnas		KV1AF001	
Resorte presión para fijación columnas			KV1AF002
Collarín tulipa para columna		KV1AT011	KV1AT021
Estilo fijación	marrón	KV1AE001	
Tapa engatillable 2 precortes	aluminio	KV1AC201A	
Junta de tapa	H 0 31	KV1JC001	
	H 0 54	KV1JC002	
Separador	1 m aluminio	KV1AS101	

Tabla F7-188: *tabla de referencias de accesorios y columnas Prefadis C9000.*

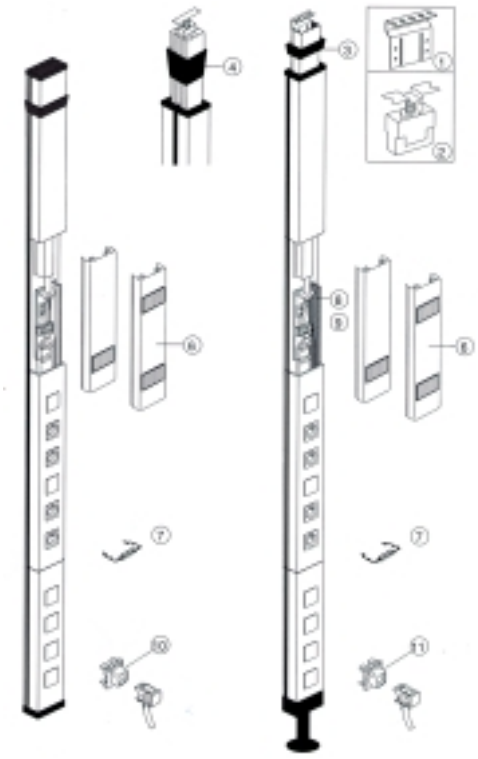
Accesorios para corrientes débiles y fuertes

Tipo	Utilización para columnas	Color	Referencia
Bases de toma de corriente precableadas para corrientes fuertes			
Base 2P	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87032.00
Base 2P + T	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87034.00
Base 2P + TTL	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87036.00
Bases de toma de corriente para telefonía e informática			
Base teléfono 4 bornes	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87392.00
Base teléfono 6 bornes	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87393.00
Toma sub-D 9 pins	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87290.00
Toma sub-D 15 pins	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87291.00
RJ45 cat. 5 sin apantallar	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87293.00
RJ45 cat. 5 apantallada	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87294.00
Tapa ciega	Todos los tipos (1)	Negro (2)	87366.00
Adaptador para material EUNEA MERLIN GERIN			
Collarín	Todos los tipos (1)	Negro (2) Blanco	BTP70CT600N BTP70CT600B
Elementos sueltos y repuestos			
Estribo de fijación deslizante con tornillo M6 para columnas de todo tipo (2)	Para fijaciones diversas en la parte exterior de la columna (spots, espejos, etc.)	Marrón	KV1-AE001
Arandelas entre tapas	100 × 50 100 × 80 100 × 102	Marrón	KV1-JC001
	100 × 72 100 × 102 100 × 125	Marrón	KV1-JC002
Escuadra	100 × 50 100 × 72	Acero	KV1-AF001
Resorte de presión	100 × 80 100 × 102 100 × 125	Acero	KV1-AF002
Collarines tulipas (2 partes engatillables)	100 × 50 100 × 72	Marrón	KV1-AT011
	100 × 80 100 × 102 100 × 125	Marrón	KV1-AT021

(1) Montaje en una sala preequipada.
(2) Disponible también en blanco u otros colores.

Tabla F7-189: *tabla de referencias de accesorios para corrientes débiles y fuertes EUNEA MERLIN GUERIN.*

Repuestos para columnas Prefadis C9000



Mural Central

■ Repuestos.
Para fijación superior de columnas centrales.
□ Escuadra universal (1) para columnas con tubo telescópico 100 × 50; 100 × 72.
□ Resorte de presión (2) para columnas con 2 tubos telescópicos 100 × 80; 100 × 102; 100 × 125.
■ Opciones.
Estribo de fijación deslizante (5) con tornillo M6. Montaje por 2 tornillos sobre una ranura lateral de la columna.



□ Zona corrientes fuertes.
Tapa engatillable (longitud 0,4 m) con 2 precortes de 4 módulos (6).
Sustituye la tapa de 1 precorte montada de origen.
□ Zona corrientes débiles.
Separador de conducto (longitud 1 m) para columnas:
(8) 100 × 50; 100 × 80; 100 × 102 (cara corrientes débiles).
(9) 100 × 72; 100 × 125; 100 × 102 (cara corrientes fuertes).

Designación	Marca	Color	Referencias
Escuadra universal (acero) para fijación columnas con un tubo telescópico	1		KV1-AF001
Resorte de presión (acero) para fijación columnas con dos tubos telescópicos	2		KV1-AF002
Collarín tulipa (marrón) para columna con tubo telescópico	3		KV1-AT011
Collarín tulipa (marrón) para columna con 2 tubos telescópicos	4		KV1-AT021
Estribo de fijación	5	Marrón	KV1-AE001
Tapa engatillable 2 precortes de 4 módulos	6	Al	KV1-AC201A
Junta de tapa H: 31 H: 54	7		KV1-JC001 KV1-JC002
Separador	8	Al	KV1-AS101
(longitud 1 m)	9	Al	KV1-AS201
Placa de 50 · 50 mm	10	Blanco	KV1-AZ004B
Para conector IBM	11	Marrón	KV1-AZ004M

Tabla F7-190: *tabla de respuestos de Prefadis C9000.*

7.5. Canalizaciones eléctricas para alumbrado

Determinación de la canalización en función del peso de las luminarias

Las distancias de fijación de las canalizaciones son función del número y del peso de las luminarias, así como del tipo de estructura del edificio. La tabla F7-132 determina las distancias de fijación máximas admisibles para cargas repartidas (en kg), para una flecha de la canalización de 1/500°. En caso de cargas concentradas (lámparas de descarga), se debe aplicar un coeficiente de reducción de 0,6.

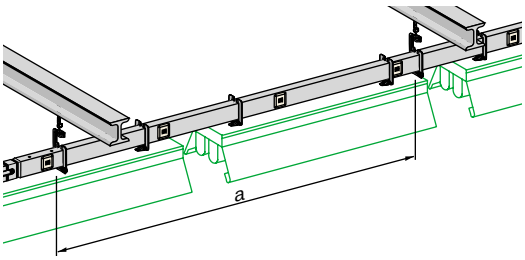


Fig. F7-191: *fijación de luminarias.*

Carga máxima en kg							
Tipo de canalización	Distancia entre sujeciones (m)						
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
KLE EA	17	12	9	–	–	–	–
KBA EA	34	22	15	–	–	–	–
EL	29	19	13	–	–	–	–
KBB 1-C	73	60	48	35	27	21	17
2-C	62	51	41	30	23	18	15

Tabla F7-192: *tabla de elección de las canalizaciones en función de las cargas a soportar.*

Distancias máximas de fijación de las luminarias

Distancias máximas entre fijaciones (en m)												
Luminarias tipo industrial, con reflector y sin rejilla de protección												
Luminarias		Colocación de las luminarias										
Potencia en W	Peso en kg/ud.	Juntas			Poco espaciadas			Espaciadas			Centradas	
												
		KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	4,20	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	5,30	2,90	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	4,90	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	6,30	2,80	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector y con rejilla de protección												
		KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KLE	KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	5,20	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	6,50	2,80	3,00	5,00	3,00	3,00	4,80	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	5,90	2,90	3,00	5,00	3,00	3,00	4,90	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	7,50	2,60	3,00	4,00	3,00	3,00	4,50	3,00	3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector, estancas												
			KBA	KBB		KBA	KBB		KBA	KBB	KBA	KBB
1×36	3,30		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
1×58	4,20		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
2×36	5,20		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
2×58	5,90		3,00	5,00		3,00	5,00		3,00	5,00	4,00	6,00
Luminarias tipo industrial, con reflector, para lámparas de descarga												
		Situadas entre dos sujeciones						Situadas al lado de las sujeciones				
												
			KBA	KBB					KBA	KBB		
	6,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
250	8,50		3,00	5,00					4,00	6,00		
	10,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
	6,50		3,00	5,00					4,00	6,00		
400	9,00		3,00	5,00					4,00	6,00		
	11,00		3,00	5,00					4,00	6,00		

Tabla F7-193: *tabla de distancias de fijación de las luminarias, en función de su naturaleza, de la estructura del edificio y de la canalización.*

Canalizaciones Canalis KLE de 20 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:

1) Un perfil de plancha de acero galvanizada y perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).

2) De 2 o 4 conductores.

3) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.

5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de dos elementos.

□ El ensamblaje de dos elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con la fijación por tornillo se termina la operación de unión.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente a >850 °C.

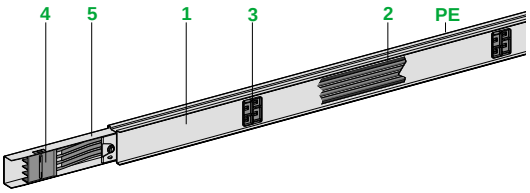


Fig. F7-194: *tramos rectos de KLE.*

■ Las cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea Canalis KLE por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos de la misma forma que los tramos rectos entre sí.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cable de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2.
La entrada está protegida por un prensaestopas.

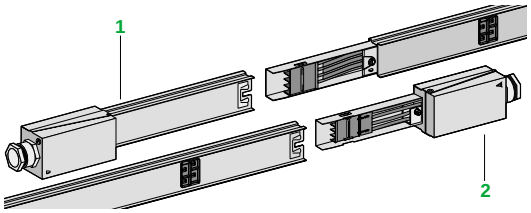


Fig. F7-195: *cajas de alimentación y cajas de unión KLE.*

1) Caja de alimentación.
2) Caja de salida, permite también la alimentación de otro tramo.
■ Los cambios de dirección.
La asociación de dos tramos o líneas por medio de conductos tubulares permite efectuar toda clase de cambios de dirección o salvar obstáculos.

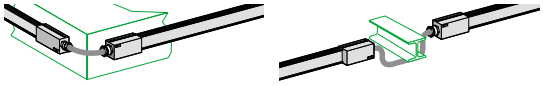


Fig. F7-196: *formas de efectuar los cambios de dirección y salvar obstáculos.*

Sujeción de la canalización
Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una varilla roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.

2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

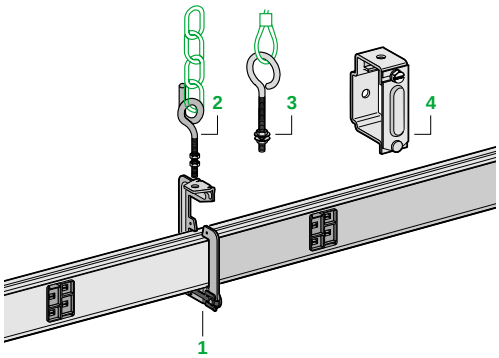


Fig. F7-197: *formas de fijación de la canalización KLE.*

Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria

Guía adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro.
Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo).
En este diseño mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización.
Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.

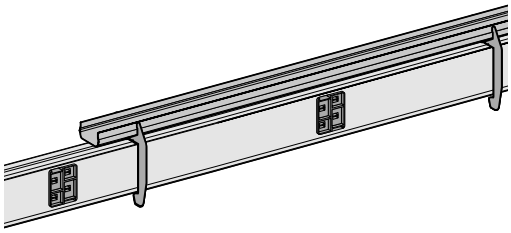


Fig. F7-198: *canaleta suplementaria para la ubicación de posibles líneas.*

Suspensión de luminarias

El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetadas a la canalización de forma automática.

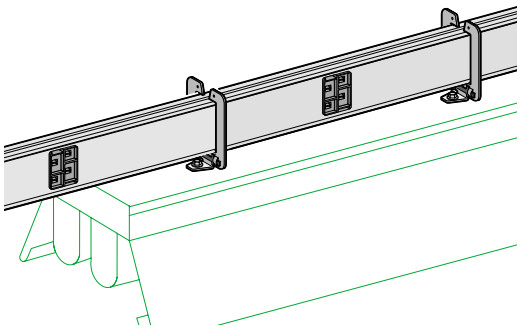


Fig. F7-199: *forma de sujeción de las luminarias.*

Conectores de derivación

Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KLE:

■ Siempre son bipolares L+N+PE.

■ Son maniobrables en carga.

■ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes que la de los conductores activos y el neutro y desconecta el último.

1) Cuerpo.
2) Enganche.
3) Contactos activos.
4) Contacto conductor PE.
5) Ventana transparente de visualización de la fase elegida.
6) Color indicativo de la polaridad elegida.

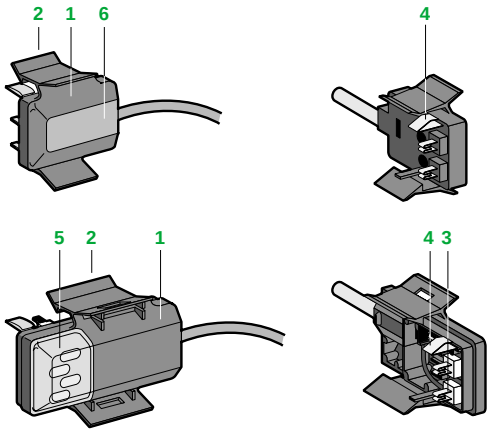


Fig. F7-200: *conectores de derivación monofásicos.*

Conectores bipolares precableados

Precableados con cables H05VV-F, 3 × 1 mm^2.

El extremo correspondiente a la luminaria está preparado para la conexión.

1) Conector de 6 A sin selección de fase, longitud del cable 0,6 m.

Son bipolares y de polaridad fija:

■ Verde L1+N.

■ Amarillo L2+N.

■ Marrón L3+N.

2) Conector 10 A, con selección de fase, longitud del cable 0,8 m o 2 m.

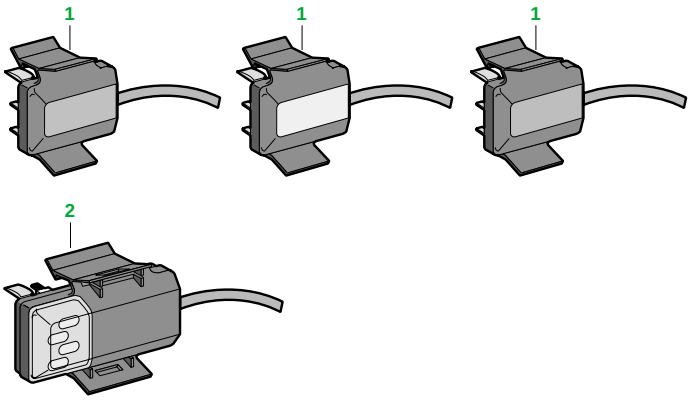


Fig. F7-201: *conectores bipolares precableados.*

Sistema de montaje:

■ Elementos rectos.

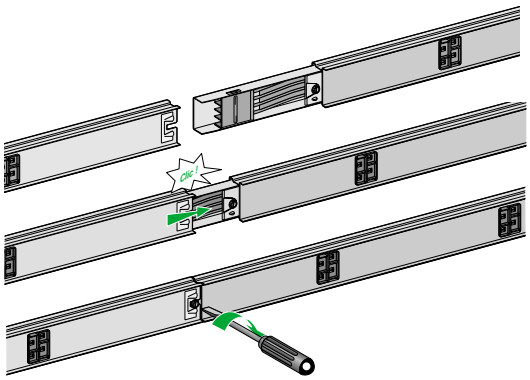


Fig. F7-202: *forma de montaje de los elementos rectos.*

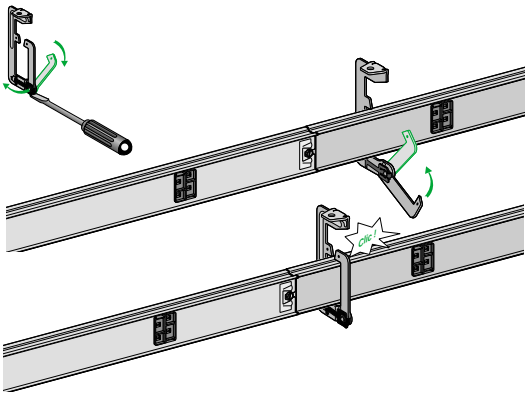


Fig. F7-203: *forma de fijación de los elementos rectos.*

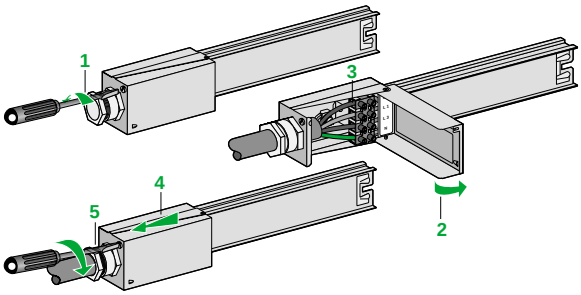


Fig. F7-204: *forma de colocación de las cajas de alimentación.*

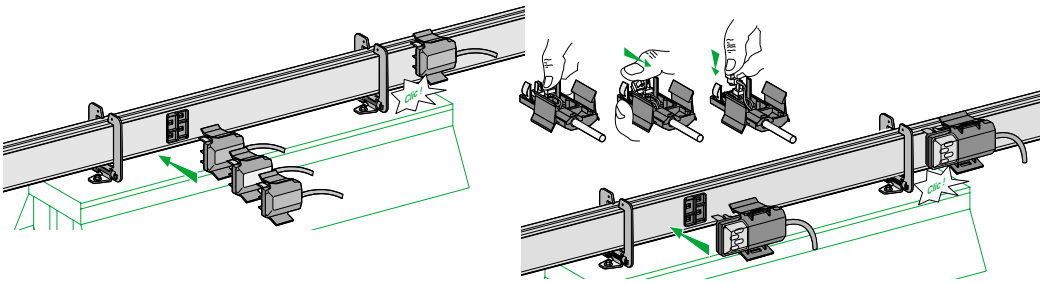


Fig. F7-205: *forma de colocación de los conectores de derivaciones.*

F
7

Componentes de las líneas KLE

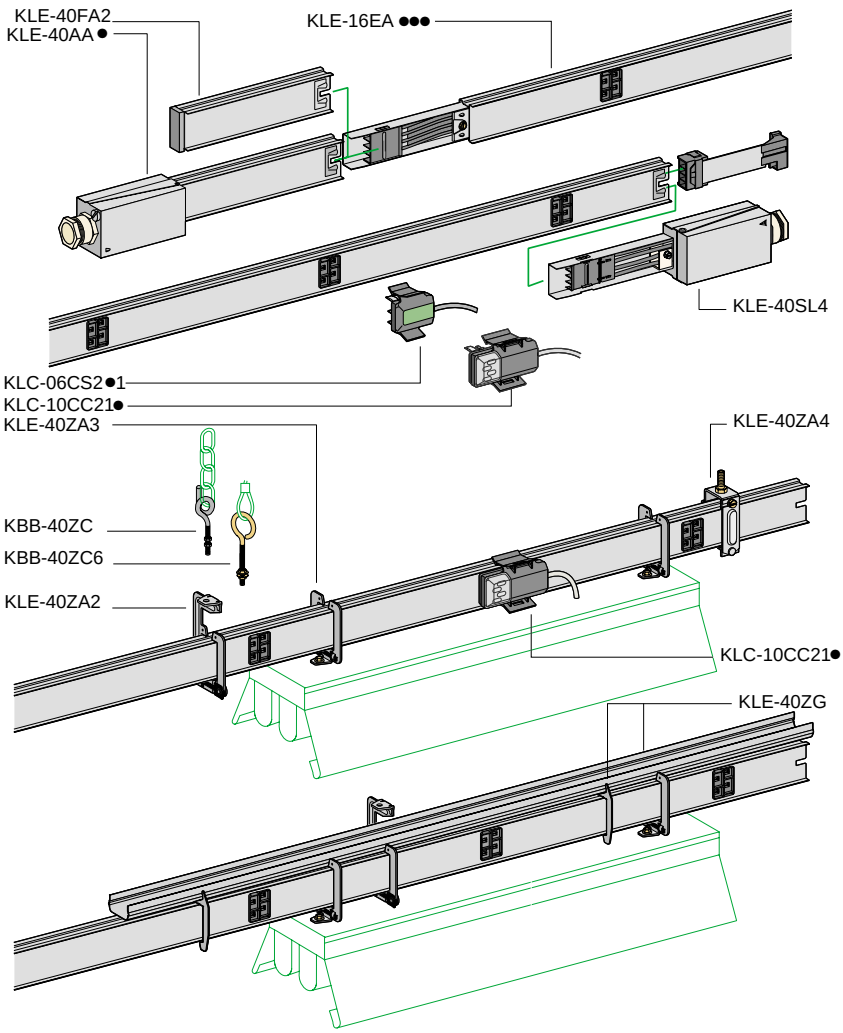


Fig. F7-206: *componentes de la línea KLE.*

Canalizaciones Canalis KBA de 25 y 40 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

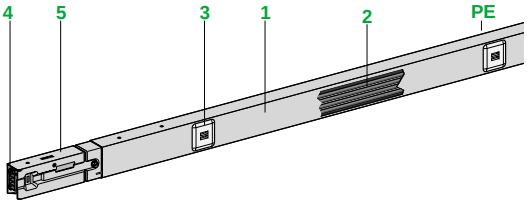


Fig. F7-207: *tramos rectos de KBA.*

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:
1) Un perfil de plancha de acero (espesor de 0,5 mm, sección rectangular de 46 × 30) galvanizada o lacada en blanco RAL 9010, perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).
2) De 2 o 4 conductores de cobre protegidos contra la corrosión con estaño (estañadas). Un cable de 2 × 0,75 mm^2 para circuito de telemando, opcional.
3) Tomas de derivación cada metro (tipo EA) o 0,5 m (tipo EL).
4) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.
5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de los elementos, con un grado de protección IP 54.
□ El ensamblaje de los elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con el apriete de un tornillo se termina la operación de fijación.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente:
960 °C para las piezas en contacto con las partes activas.
850 °C para las piezas sin contacto con las partes conductoras.
□ La canalización es NPI (no propagadora de incendios) según CEI 332-3.
■ Las cajas de alimentación eléctricas y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea de Canalis KBA por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos, de la misma forma que se unen los tramos rectos entre sí.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cables de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2. La entrada está protegida por un prensaestopas.
1) Caja de alimentación.
2) Caja de salida, permiten la alimentación de otro tramo.

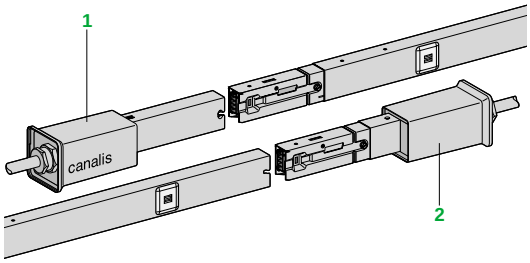


Fig. F7-208: *cajas de alimentación y cajas de unión, KBA.*

Sujeción de la canalización

Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una tija roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.

2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

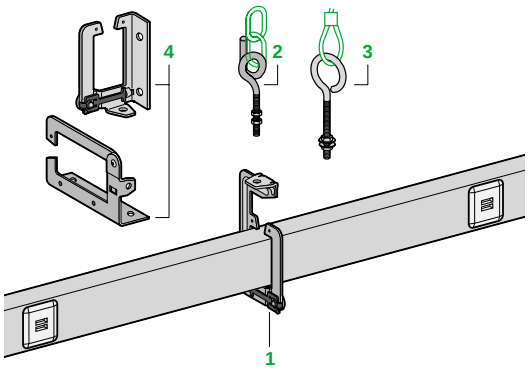


Fig. F7-209: *formas de fijación de la canaleta KBA.*

Elementos complementarios

■ Elementos flexibles.
Para los cambios de dirección se suministran unos elementos flexibles que se conectan a los tramos rectos.
■ Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria.
Canaleta adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro. Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo). En este diseño se mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización. Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.
■ Elementos vacíos de complemento a la longitud.
Para ajustar la longitud de la línea en su extremo y ajustarla a la longitud del edificio.

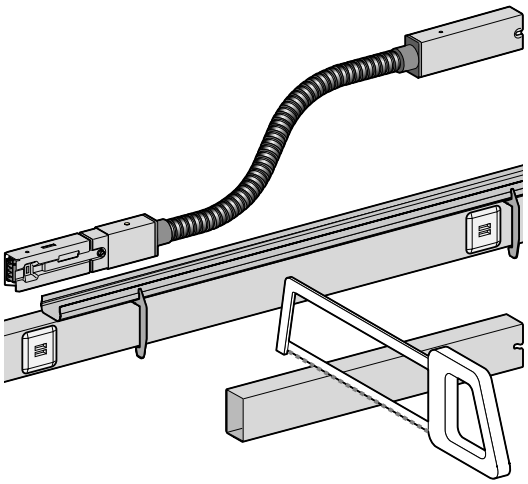


Fig. F7-210: *elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud.*

Suspensión de luminarias

El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetas a la canalización de forma automática.

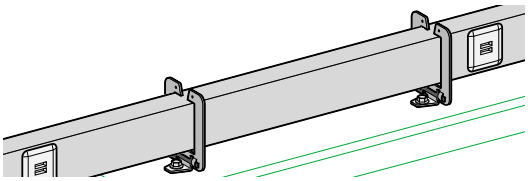


Fig. F7-211: *forma de sujeción de las luminarias por bridas con trinquete.*

Conectores para derivaciones

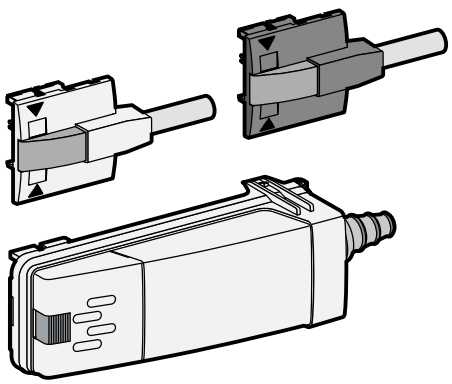


Fig. F7-212: *tipos de conectores para Canalis KBA.*

■ Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KBA:
□ Son maniobrables en carga.
□ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes de los conductores activos y neutro y desconecta el último.
□ La conexión es fácil, puesto que está guiada, permitiendo el montaje a "ciegas".
□ Un pestillo de color asegura la fijación a la base. Para el desmontaje se necesita una herramienta.
□ El cuerpo y las piezas aislantes son de poliamida, con una resistencia al fuego (hilo incandescente), según CEI 695-2-1 de > 860 °C.
■ Conectores de 10 A precableados:
□ Precableados con cable H05VV-F 3 × 1,5 mm^2, de longitud 0,8 m o 2 m. El extremo de la luminaria está preparado para la conexión.

Pestillo	Cuerpo	
	Gris	Negro
Verde	L1 + N + PE	L1 + L2 + PE (L2 + N2 + PE)
Amarillo	L2 + N + PE	L1 + L3 + PE
Marrón	L3 + N + PE	L2 + L3 + PE

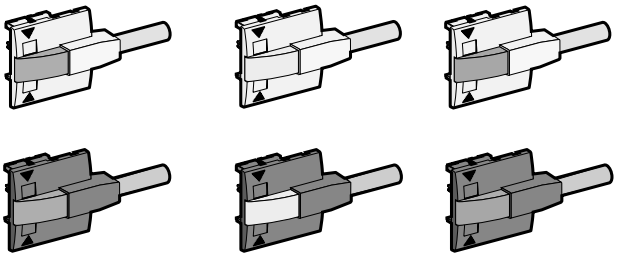
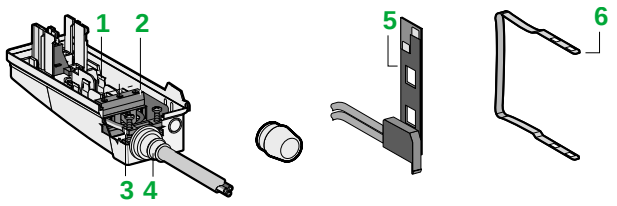


Fig. F7-213: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*



1. Base fusible. 2. Bornes para cable 0,75 a 2,5 mm^2.
3. Prensacables. 4. Pasamuros.
5. Bloque de toma de corriente. 6. Brida clip.

Fig. F7-214: *tomas de 16 A.*

□ Son bipolares y de fase fija, identificables por el color del pestillo.
■ Conectores bipolares de 16 A, con bornes o fusibles:
□ Conector con N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBA tri + N + PE.
□ Conector sin N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBA tri + PE (sin distribución de N).
□ Permiten la colocación de uno o dos fusibles UTE 8,5 × 31,5 tipo g1, 16 A, con poder de corte de 20 kA.
□ La protección con fusibles asegura la selectividad sobre un defecto, así como la protección individual de cada luminaria.
□ Los bornes permiten la conexión de un cable de 2,5 mm^2.
□ El acceso a los fusibles y los bornes no se puede realizar estando conectado (en tensión).
□ Permiten la incorporación del conector para telemando.
□ El conector se fija con una brida para compensar el efecto de su propio peso.
■ Dispositivo de enclavamiento mecánico.
□ Un juego de tres dispositivos de bloqueo de colores diferentes permiten el enclavamiento y la distinción de la fase conectada.

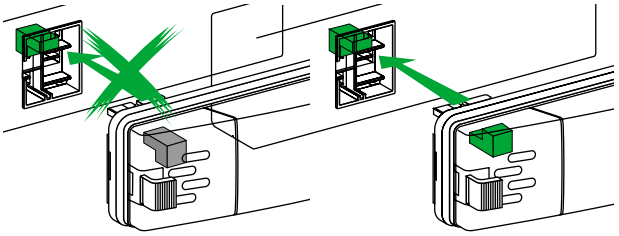


Fig. F7-215: *dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada.*

Sistemas de montaje:

■ Elementos rectos.

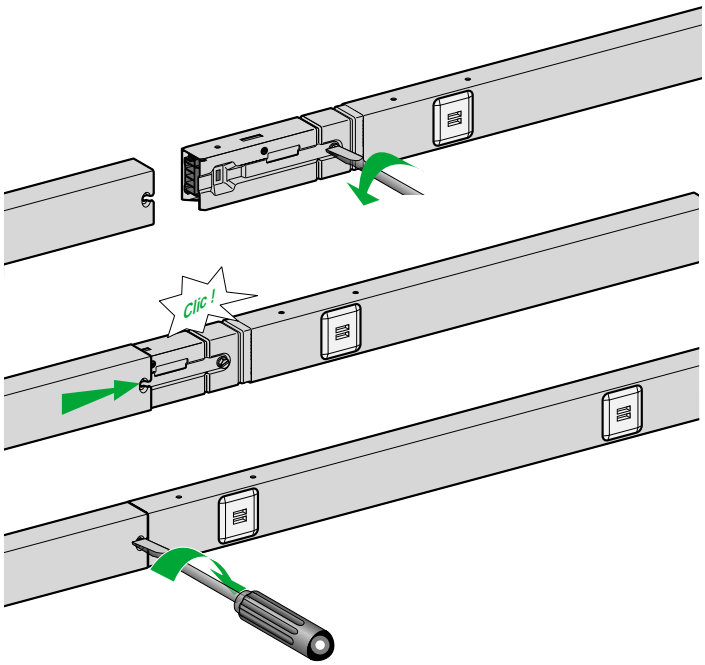


Fig. F7-216: *forma de montaje de los elementos rectos.*

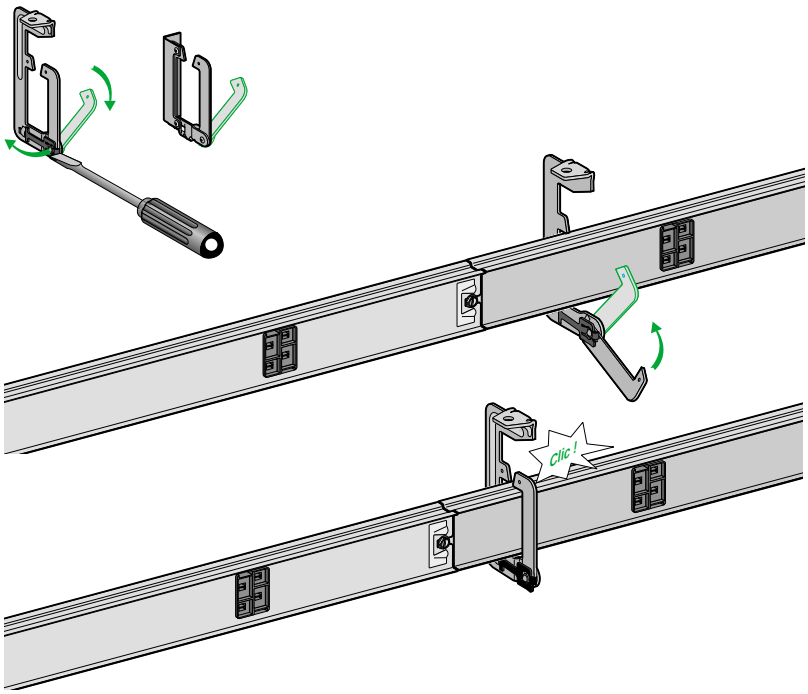


Fig. F7-217: *forma de fijación de los elementos rectos.*

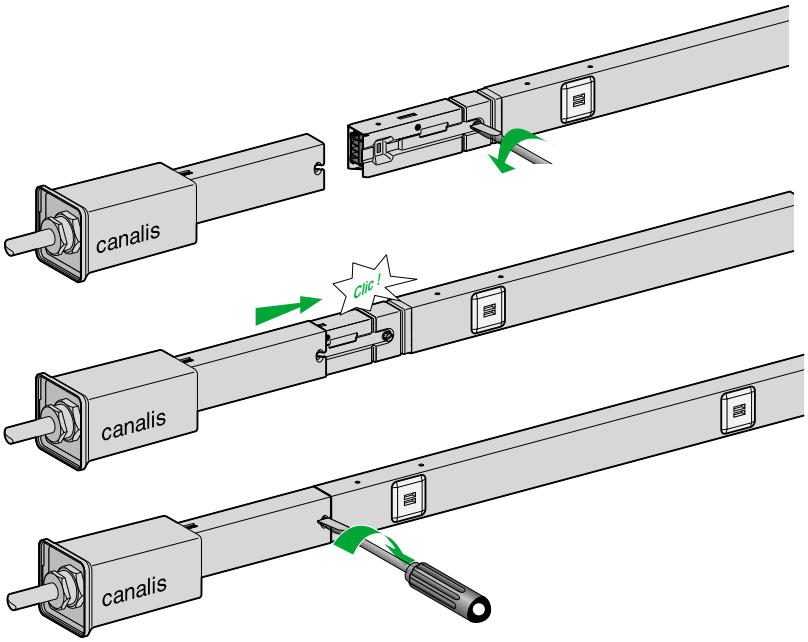


Fig. F7-218: *forma de colocación de las cajas de alimentación.*

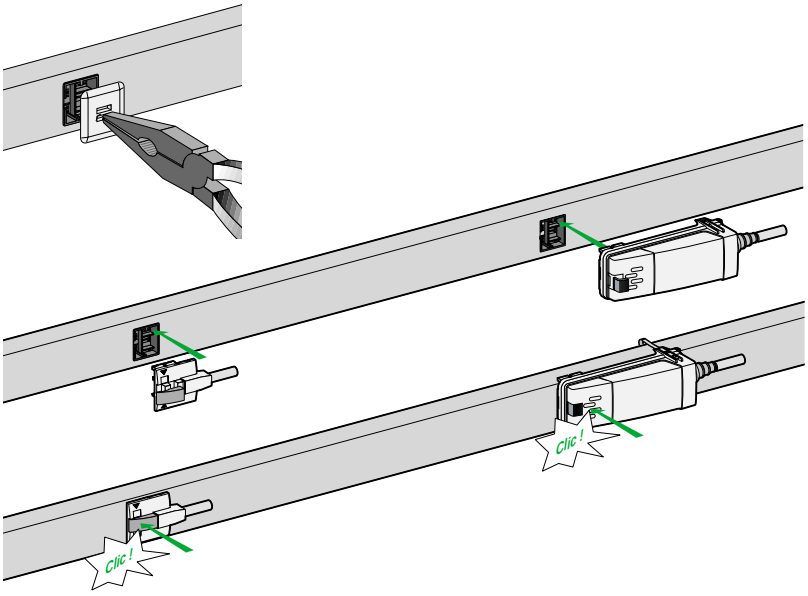


Fig. F7-219: *forma de colocación de los conectores de derivación.*

Componentes de las líneas KBA

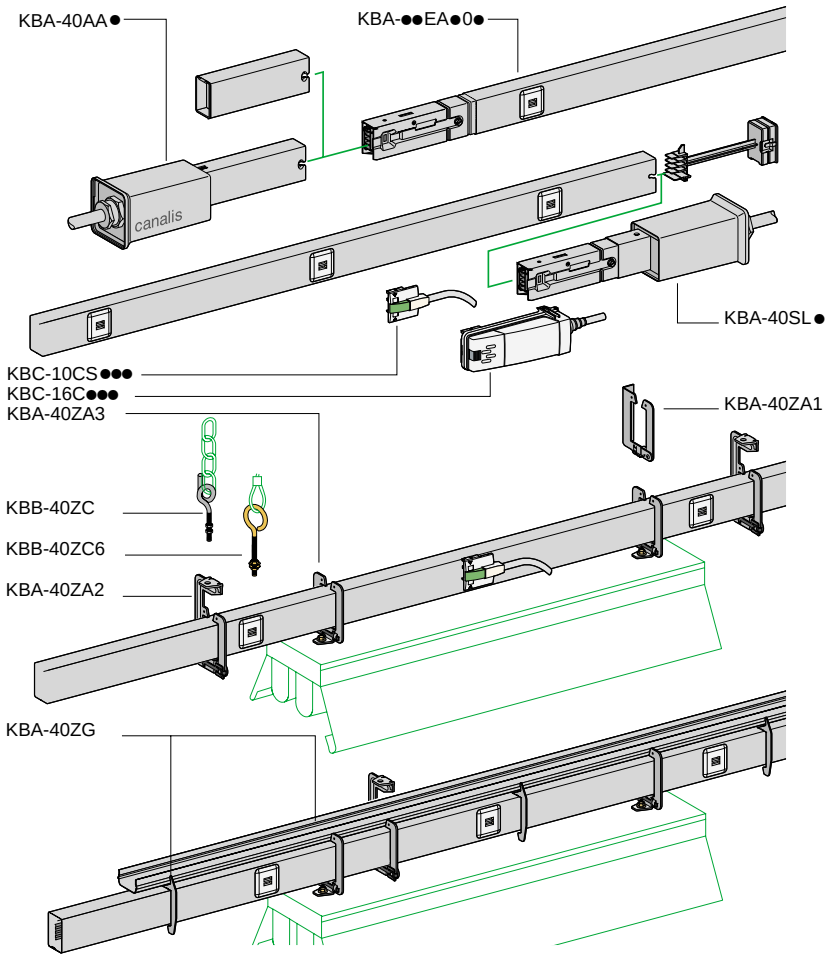


Fig. F7-220: *componentes de la línea KBA.*

Canalizaciones Canalis KBB de 25 y 40 A

Descripción:

■ Elementos rectos:

□ Para transportar la corriente, soportar y alimentar las luminarias.

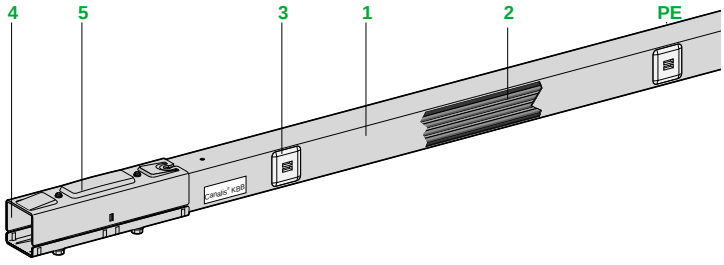


Fig. F7-221: *tramos rectos de KBB.*

□ Los elementos rectos forman la estructura de la línea y están formados por:
1) Un perfil de plancha de acero (espesor de 0,5 mm, sección rectangular de 46 × 46) galvanizada o lacada en blanco RAL 9010, perfilada por embutición. Este perfil asegura la función de conductor de protección (PE).
2) De 2 u 8 conductores de cobre protegidos contra la corrosión con estaño (estañadas). Un cable se 2 × 0,75 mm^2 para circuito de telemando, opcional.
3) Tomas de derivación cada metro (tipo EA) o 0,5 m (tipo EL).
4) Una base, tipo raíl enchufable, asegura todas las conexiones eléctricas de los conductores activos. Los contactos son del tipo de pinza con resorte, liberando así toda implicación de la materia plástica aislante en las fuerzas de conexión.
5) Una guía mecánica y su resorte de enclavamiento aseguran la rigidez de la unión de los elementos, con un grado de protección IP 54.
□ El ensamblaje de los elementos se efectúa instantáneamente, el ensamblaje eléctrico y mecánico son simultáneos.
□ La continuidad del conductor de protección es asegurada automáticamente.
□ Con el apriete de un tornillo se termina la operación de fijación.
□ Todos los aislantes y material plástico empleados en el sistema soportan el ensayo contra el fuego de la CEI 695-2-1, del hilo incandescente:
960 °C para las piezas en contacto con las partes activas.
850 °C para las piezas sin contacto con las partes conductoras.
□ La canalización es NPI (no propagadora de incendios) según CEI 332-3.
■ Las cajas de alimentación eléctricas y cierre mecánico:
□ Para alimentar una línea de Canalis KBB por cable.
□ El montaje se realiza uniéndolas a los tramos rectos.
□ Las cajas de alimentación están equipadas de bornes para cables de cobre rígido de 10 mm^2 o flexible de 6 mm^2. La entrada está protegida por un prensaestopas.
1) Caja de alimentación izquierda.
2) Caja de alimentación derecha, permiten la alimentación de otro tramo.

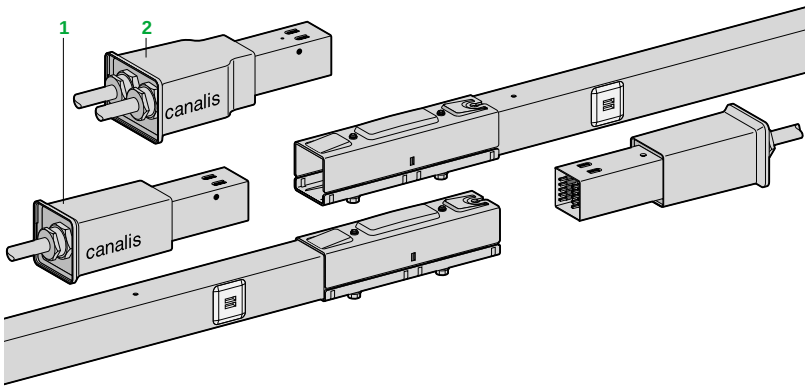


Fig. F7-222: *cajas de alimentación KBB.*

F
7

Sujeción de las canalizaciones

Para fijar la canalización a la estructura del edificio, directamente o por medio de una varilla roscada (Ø 6 mm), una cadena, un cable de acero, etc. Estas fijaciones permiten todas las posibles fijaciones o suspensiones:
1) Estribo en C.
Su diseño permite la colocación rápida de los elementos en el estribo, liberando así al montador del peso de la canalización. La fijación definitiva se obtiene

basculando el elemento articulado hasta su enclavamiento automático (el engatillamiento se efectúa en el lado que no trabaja).
En altura permite el paso de la guía suplementaria de cables.
2) Suspendido con cadena.
■ Permite el montaje de forma rápida.
■ La regulación de la altura se realiza:
□ por la misma cadena,
□ por el perno roscado de sujeción de la cadena.
3) Suspendido con cable de acero.
4) Estribo atornillado. Para la fijación mural.

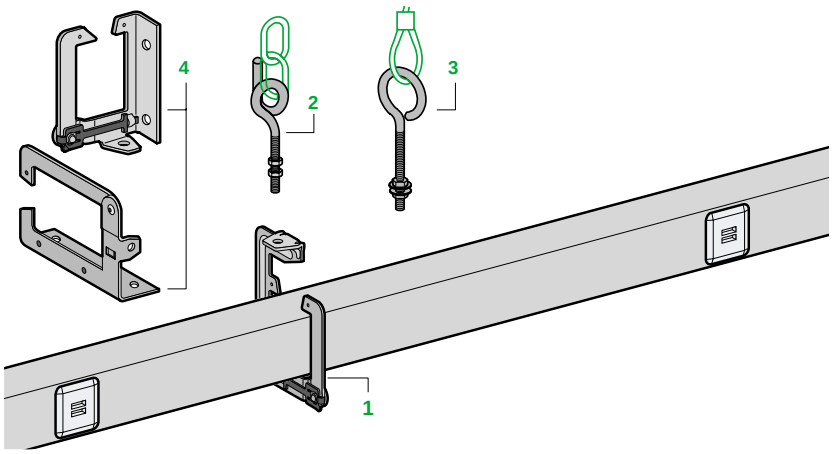


Fig. F7-223: *formas de fijación de la canalización KBB.*

Elementos complementarios:
■ Elementos flexibles.
Para los cambios de dirección se suministran unos elementos flexibles que se conectan a los tramos rectos.
■ Canaleta metálica de soporte de cables suplementaria.
Canaleta adicional suplementaria para soportar una línea adicional para dos cables de 12 mm de diámetro.
Los cables pueden sujetarse por medio de perforaciones cada 30 cm, que permiten la fijación de grapas de nailon (por ejemplo).
En este diseño se mantiene una separación metálica entre el cable y los conductores de la canalización.

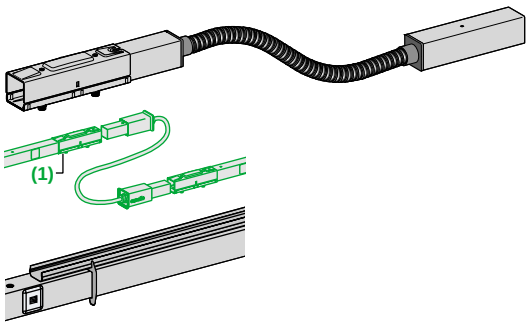


Fig. F7-224: *elementos flexibles para los cambios de dirección, canaleta suplementaria de soporte de conductores y prolongaciones vacías de ajuste a la longitud.*

Para el alumbrado de seguridad con fuentes centralizadas, permite la distribución de un cable de categoría CR1, resistente al fuego.
■ Elementos vacíos de complemento a la longitud.
Para ajustar la longitud de la línea en su extremo y ajustarla a la longitud del edificio.

Suspensión de luminarias
El montaje se realiza con bridas atornilladas a las pantallas y sujetas a la canalización de forma automática.

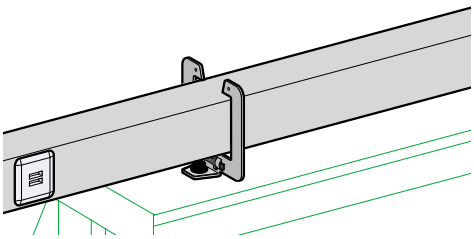


Fig. F7-225: *forma de sujeción de las luminarias.*

Conectores para derivaciones:

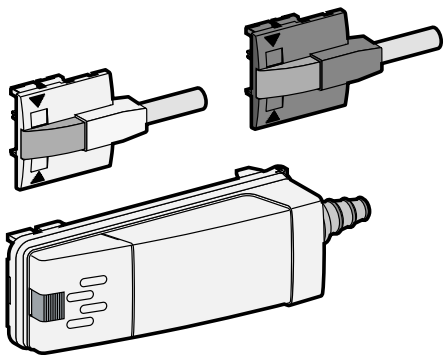


Fig. F7-226: *tipos de conectores para Canalis KBA.*

■ Para la conexión instantánea de las lámparas a la línea Canalis KBB:
□ Son maniobrables en carga.
□ Los contactos activos son del tipo de pinza, la conexión del conductor de protección PE se realiza antes de los conductores activos y neutro y desconecta el último.
□ La conexión es fácil, puesto que está guiada, permitiendo el montaje a "ciegas".
□ Un pestillo de color asegura la fijación a la base. Para el desmontaje se necesita una herramienta.
□ El cuerpo y las piezas aislantes son de poliamida, con una resistencia al fuego (hilo incandescente), según CEI 695-2-1 de > 860 °C.
■ Conectores de 10 A precableados:
□ Precableados con cable H05VV-F 3 × 1,5 mm^2, de longitud 0,8 m o 2 m. El extremo de la luminaria está preparado para la conexión.
□ Son bipolares y de fase fija, identificables por el color del pestillo.
■ Conectores bipolares de 16 A, con bornes o fusibles:
□ Conector con N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBB tri + N + PE.

Pestillo	Cuerpo	
	Gris	Negro
Verde	L1 + N + PE	L1 + L2 + PE (L2 + N2 + PE)
Amarillo	L2 + N + PE	L1 + L3 + PE
Marrón	L3 + N + PE	L2 + L3 + PE

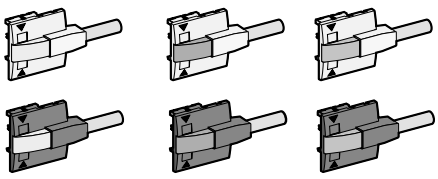
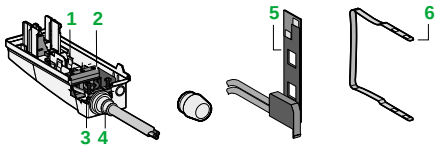


Fig. F7-227: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*



1. Base fusible. 2. Bornes para cable 0,75 a 2,5 mm^2.
3. Prensacables. 4. Pasamuros.
5. Bloque de toma de corriente. 6. Brida clip.

Fig. F7-228: *conectores de 10 A para Canalis KBA.*

□ Conector sin N: estos conectores permiten la selección de fase y por tanto el equilibrio de las cargas en una canalización Canalis KBB tri + PE (sin distribución de N).
□ Permiten la colocación de uno o dos fusibles UTE 8,5 × 31,5 tipo g1, 16 A, con poder de corte de 20 kA.
□ La protección con fusibles asegura la selectividad sobre un defecto, así como la protección individual de cada luminaria.
□ Los bornes permiten la conexión de un cable de 2,5 mm^2.
□ El acceso a los fusibles y los bornes no se puede realizar estando conectado (en tensión).
□ Permiten la incorporación del conector para telemando.
□ El conector se fija con una brida para asegurar el efecto de su propio peso.
■ Dispositivo de enclavamiento mecánico:
□ Un juego de tres dispositivos de bloqueo de colores diferentes permiten el enclavamiento y la distinción de la fase conectada.

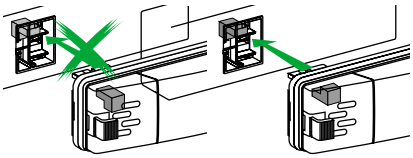


Fig. F7-229: *dispositivos de bloqueo identificadores de la fase conectada.*

Sistemas de montaje

■ Elementos rectos.

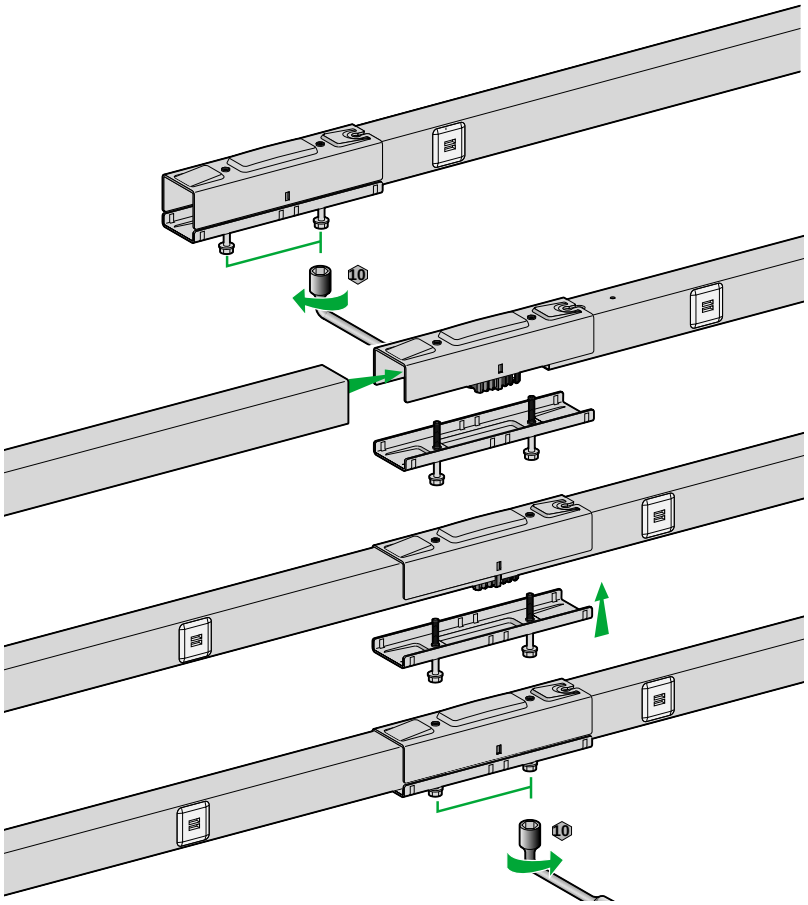


Fig. F7-230: *forma de montaje de los elementos rectos.*

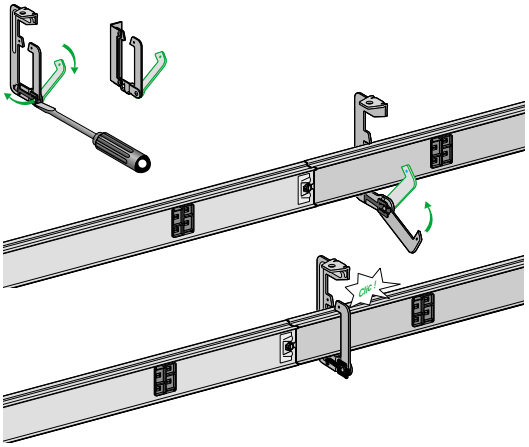


Fig. F7-231: *forma de fijación de los elementos rectos.*

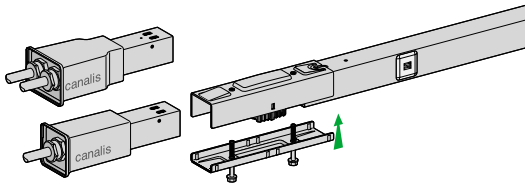


Fig. F7-232: *forma de fijación de las cajas de alimentación.*

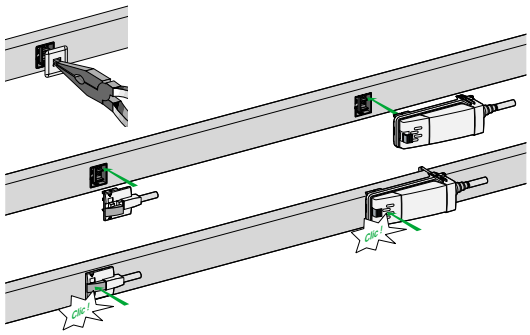


Fig. F7-233: *forma de fijación de los conectores de salida.*

Componentes de las líneas KBB

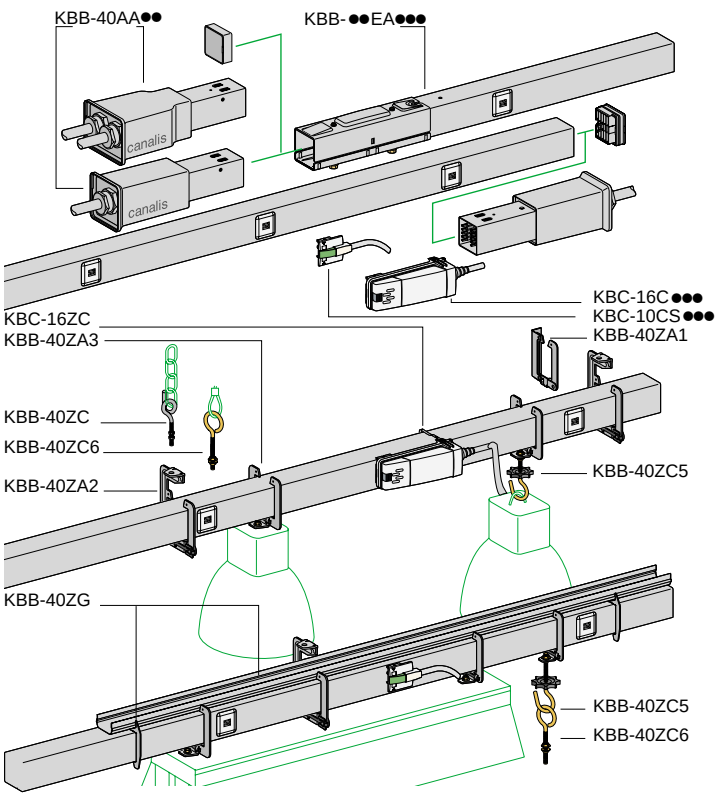


Fig. F7-234: *elementos de la línea KBB.*

Alumbrado de seguridad con bloques autónomos (BAES)

Utilización de una canalización Canalis KBA o KBB de 4 conductores + telemando.

Los conductores L2 y N2 son utilizados por la alimentación de alumbrado normal, los conductores de telemando son utilizados por el pilotaje de BAES.

■ Conector luminarias (alumbrado normal). Conector pestillo amarillo.

■ Conector luminarias (alumbrado emergencia). Selección L3/N3, equipo adicional de telemando KBC-16AZ01, bornes KBC-16CB21.

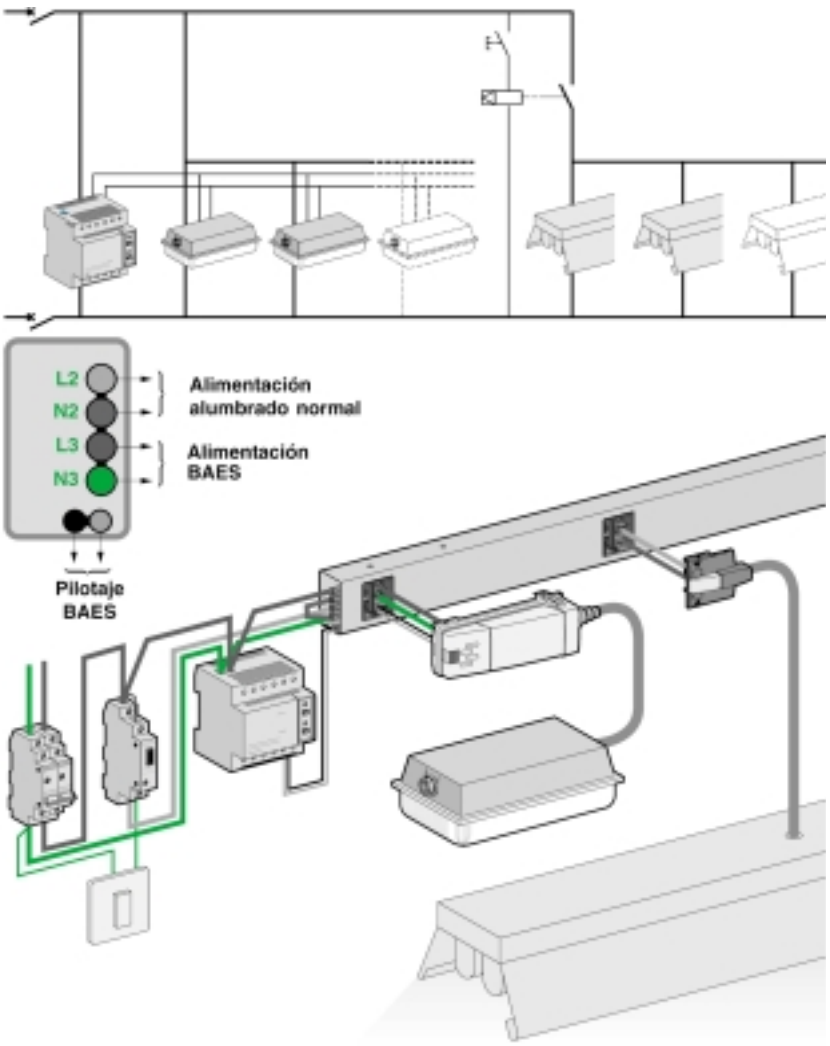


Fig. F7-235: *alumbrado de seguridad con bloques autónomos BAES.*

Alumbrado de seguridad a partir de una fuente central

Utilización de una canalización Canalis KLE, KBA o KBB, con canaleta suplementaria.

La canalización alimenta el alumbrado normal y la canaleta el de emergencia.

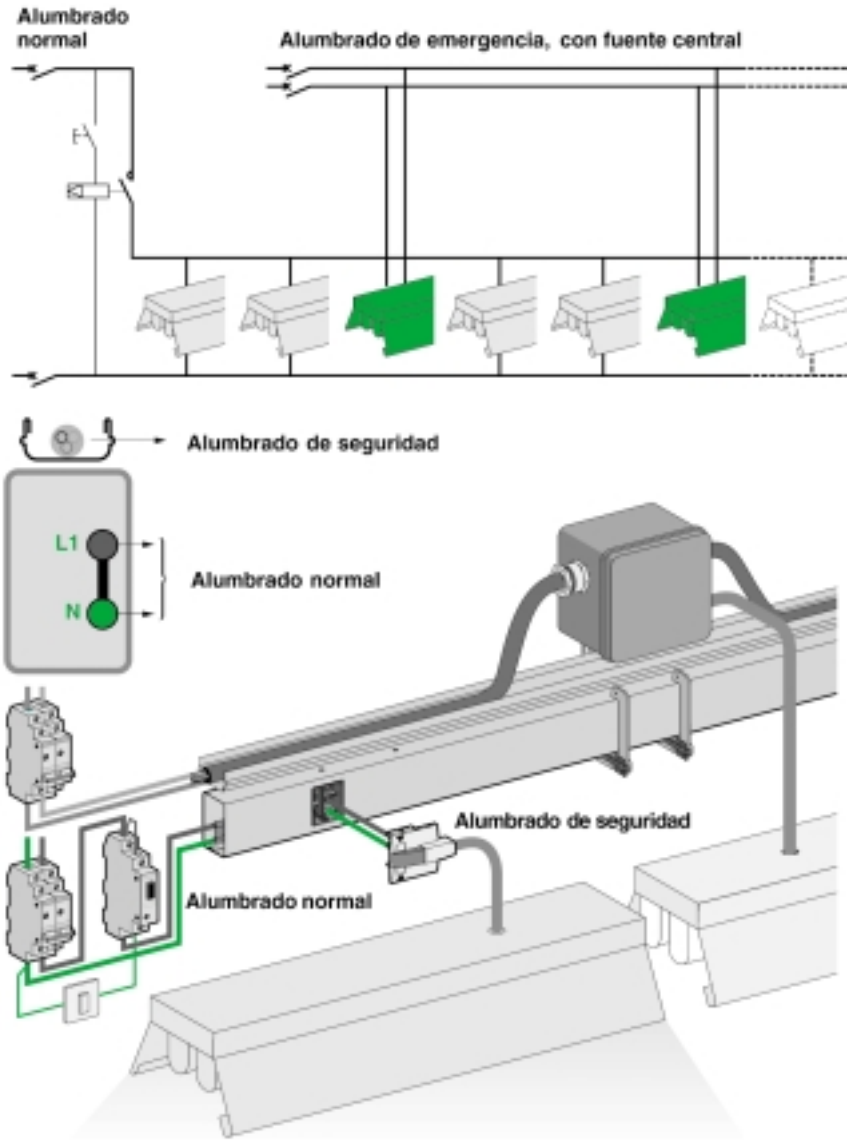


Fig. F7-236: *alumbrado de seguridad con fuente centralizada.*

Canalizaciones Canalis KN de 40 a 100 A

Descripción:

■ Características:

□ Su construcción y diseño está conforme a CEI 439 - UNE-EN 60.439.

□ Los conductores activos son de aluminio y de igual sección las fases y el neutro.

□ El conductor de protección PE es la misma carcasa envolvente.

□ Las uniones y derivaciones son bimetálicas, colaminado de cobre-plata.

□ Se construyen con tres valores de intensidad nominal 40, 63 y 100 A; las características propias de cada intensidad se reflejan en la tabla F7-124, pág. F/248, y en su defecto en el catálogo de Canalis.

□ Comportamiento frente al fuego:

– Cumplen los ensayos de conformidad a la ISO 1182 (capacidad de una canalización a mantener su servicio eléctrico en condiciones determinadas de fuego).

– Cumplen los ensayos de conformidad a la CEI 332-2 (ensayos de no propagación de llamas).

– Cumplen los ensayos de conformidad a la CEI 695-2-1 (ensayos de resistencia al fuego, hilo incandescente, 960 °C para las piezas en contacto con conductores activos y 860 °C para las demás).

■ Elementos rectos:

□ Disponibles en tramos de dos o tres metros de longitud. Provistos de un dispositivo de unión eléctrico y mecánico.

□ La envolvente estará fabricada con chapa de acero galvanizado y formará una estructura rígida cerrada que actuará como conductor de protección.

□ Las uniones eléctricas se realizan mediante contactos de pinza deslizantes, diseñadas para absorber las diferencias de dilatación de los conductores y la envolvente. Estos contactos proporcionan una unión automática y simultánea de todos los conductores activos, entre sí, y la unión eléctrica y mecánica de la envolvente, dándole la rigidez lineal adecuada a su función.

□ Disponen en su parte lateral de bases para derivaciones, situadas a intervalos de 0,5 o 1 m.

□ Las bases para derivaciones están protegidas por obturadores automáticos, para evitar cualquier contacto accidental. Dicho obturador funcionará automáticamente al enclavar el conector o cofre de derivación.

KNA/KNT-EA/ED

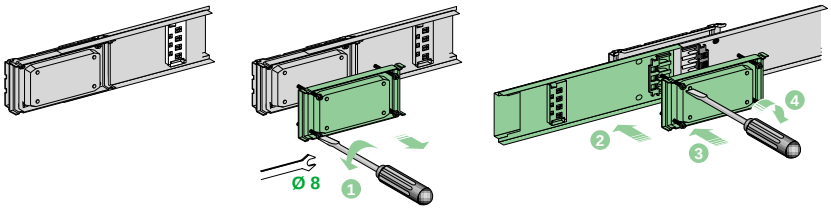


Fig. F7-237: *tramos rectos línea para baja potencia KN.*

Cajas de alimentación eléctrica y cierre mecánico

■ Podrán ser montadas al principio de la línea (alimentación en extremo) o a lo largo de la misma (alimentación central).

■ Las alimentaciones por extremo efectúan la conexión eléctrica y el cierre mecánico de la canalización; las alimentaciones centrales están provistas de dos terminales de cierre mecánico:

□ Cajas de alimentación conexión izquierda:

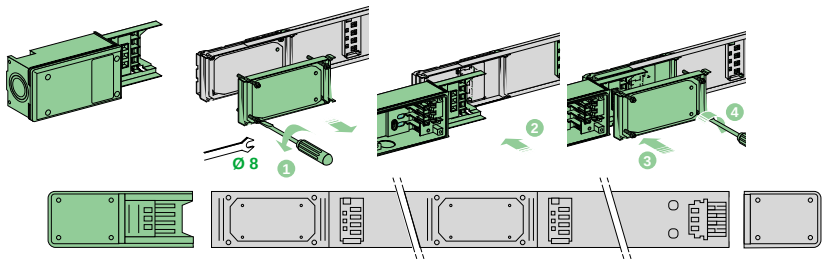


Fig. F7-238: *cajas de alimentación conexión izquierda KN.*

□ Cajas de alimentación conexión derecha:

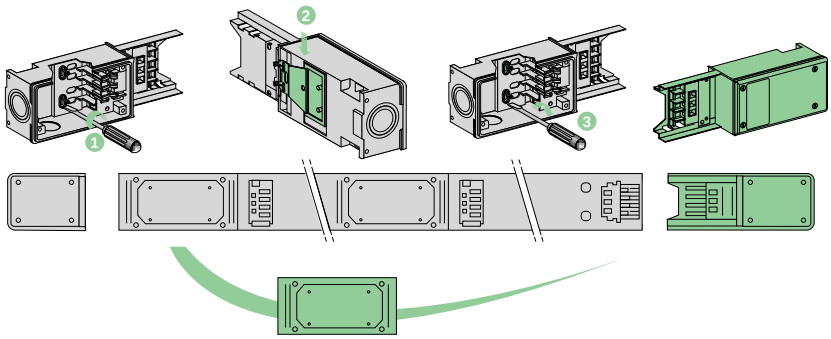
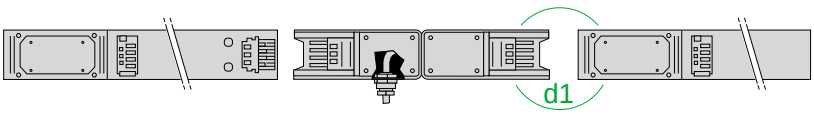


Fig. F7-239: *cajas de alimentación conexión derecha.*

□ Cajas de alimentación conexión central:

– Posición d1:



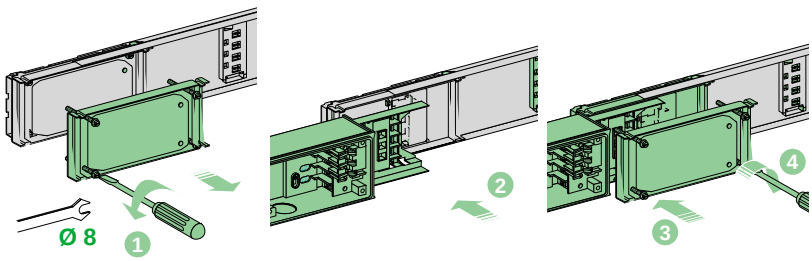


Fig. F7-240: *cajas de alimentación conexión central, posición d1.*

– Posición d2:

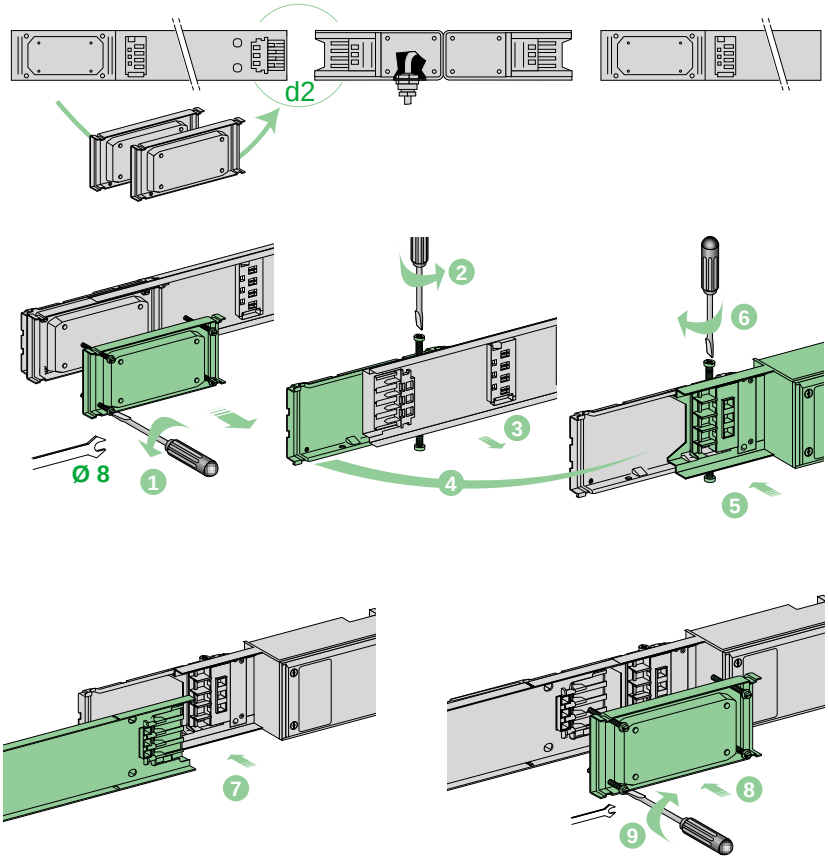


Fig. F7-241: *cajas de alimentación conexión central, posición d2.*

□ Colocación centro entrada superior o inferior:

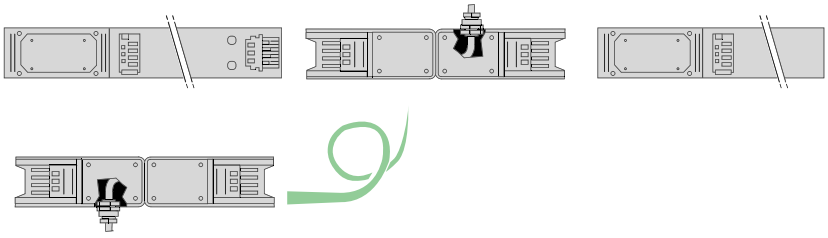


Fig. F7-242: *cajas alimentación central entrada superior o inferior.*

□ Colocación centro entrada superior:

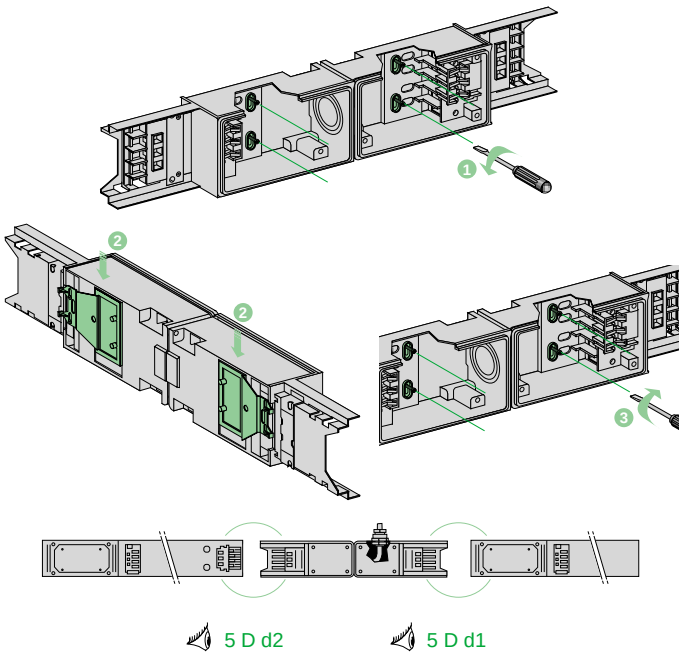


Fig. F7-243: *cajas alimentación colocación centro entrada superior.*

□ Colocación centro entrada inferior:

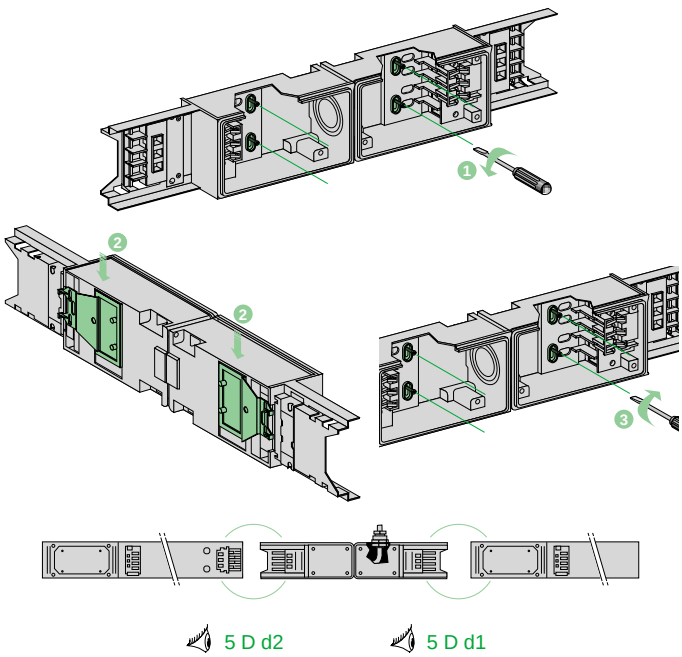


Fig. F7-244: *cajas alimentación colocación centro entrada inferior.*

□ Prensaestopas entrada cables a cajas de alimentación:

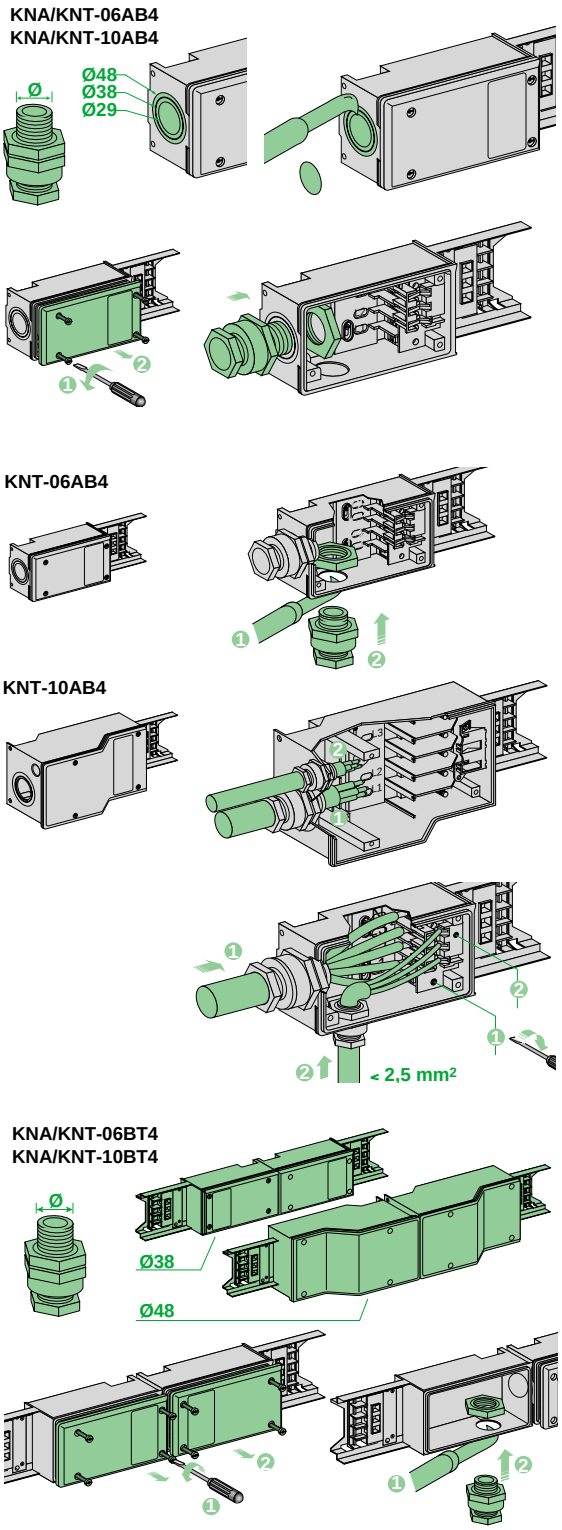


Fig. F7-245: *prensaestopas para cajas de alimentación.*

□ Cajas final de línea:

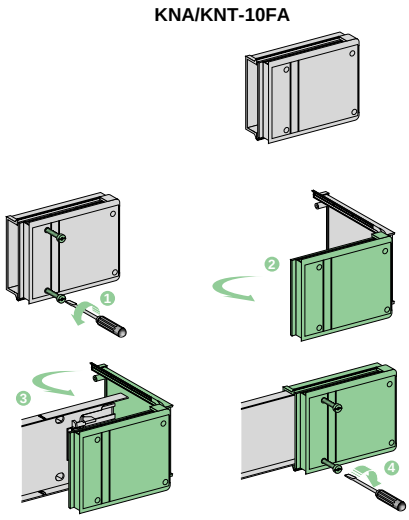


Fig. F7-246: *cajas final de línea, cierre mecánico KN.*

Sujeción de la canalización:

■ Con un solo tipo de abrazadera es posible toda clase de fijación, suspendida, mural, voladizo...

■ Para las canalizaciones montadas de perfil, las fijaciones cada 3 m y las montadas de plano cada 1,5 m.

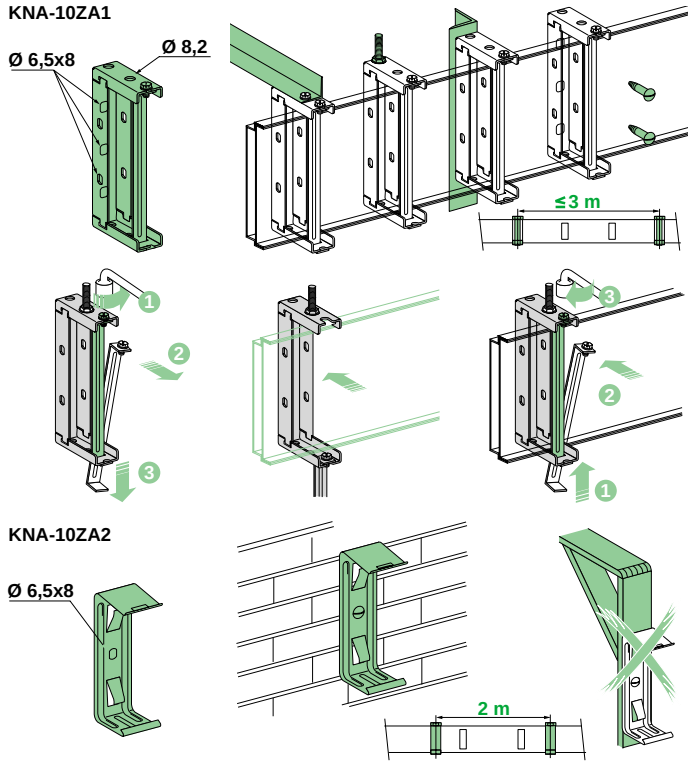


Fig. F7-247: *formas de fijación líneas KN.*

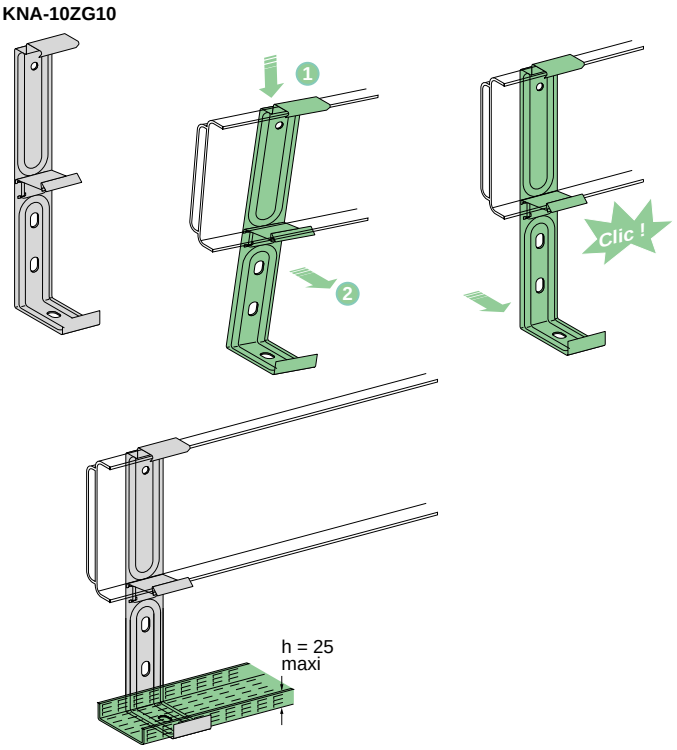


Fig. F7-248: *formas de fijación líneas KN (continuación).*

Codos y elementos flexibles:

■ Para los cambios de dirección se dispone de codos o elementos flexibles.
■ Permiten el ajuste manual.
■ Los codos flexibles deberán instalarse con un radio mínimo de curvatura de 70 mm.

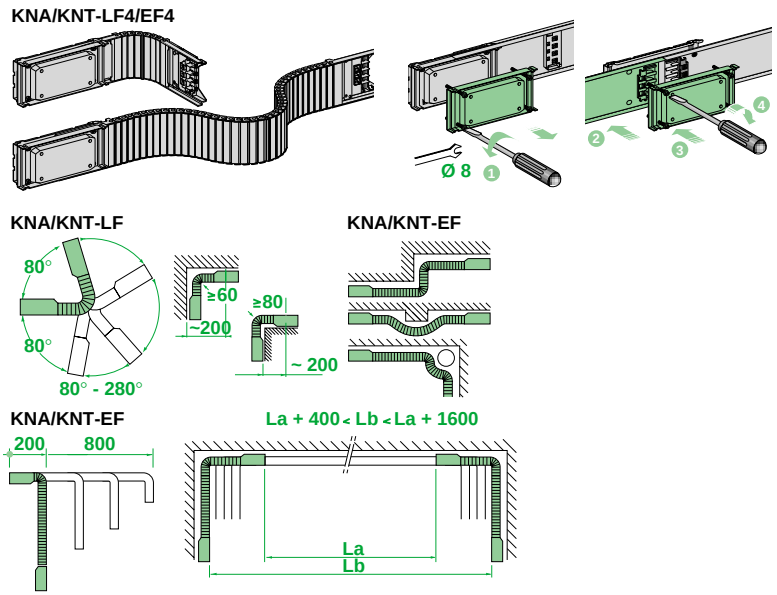


Fig. F7-249: *tramos flexibles para cambios de dirección.*

Derivaciones con conectores y cofrets:

■ Los conectores permiten una conexión eléctrica, mecánica automática y simultánea.

■ La clavija para el conductor de protección asegura la apertura automática del obturador y la polarización del conector o cofret de derivación.

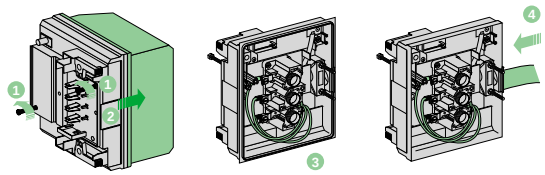
■ El conductor de protección es el primero en conectarse (antes que los conductores activos) y el último en desconectarse, para facilitar la protección al manipulador.

■ El seccionamiento se logra desenchufando el conector.

■ Sólo se permite el acceso a las bornas o al equipo eléctrico desenchufando el conector (sin tensión).

■ Un dispositivo de seguridad impide la conexión del conector a la canalización, si previamente se ha extraído la tapa de protección del conector.

KNA-01CD5



□ Cofrets con fusibles Neozed:

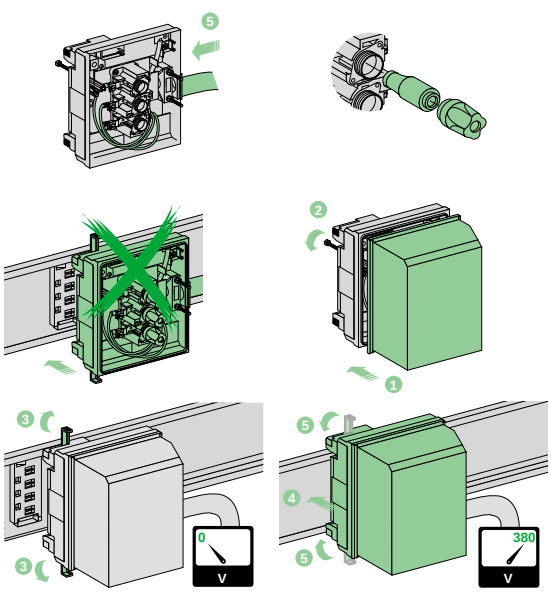
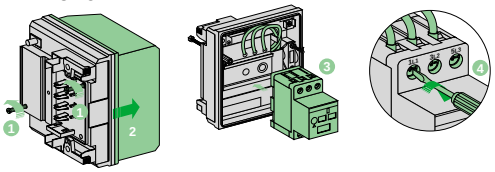


Fig. F7-250: *cofrets equipados con bases fusibles Neozed.*

■ Los cofrets seccionadores:
□ El seccionamiento se logra con la apertura de la puerta del cofret.
□ El cofret está equipado con los siguientes dispositivos de seguridad:
□ No se permite la conexión del cofret con la puerta cerrada.
□ No se permite cerrar la puerta del cofret si no está enclavado en la canalización.

KNA-CM54



□ Cofrets preparados para albergar interruptores diferenciales:

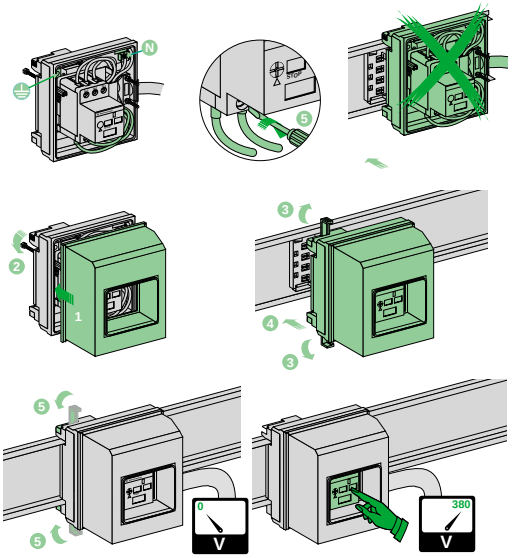


Fig. F7-251: *cofrets para tomas de corriente, con interruptores diferenciales.*

□ No se permite la desconexión del cofret de la canalización con la puerta de seccionamiento cerrada.
□ No se permite abrir la puerta de los cofrets con interruptores automáticos o diferenciales si éstos no están desconectados.
□ Cofrets para albergar interruptores automáticos Multi 9:

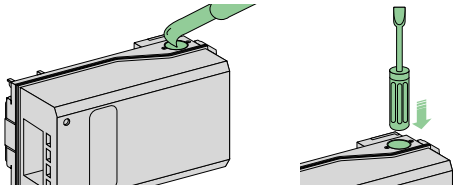


Fig. F7-252: *cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9.*

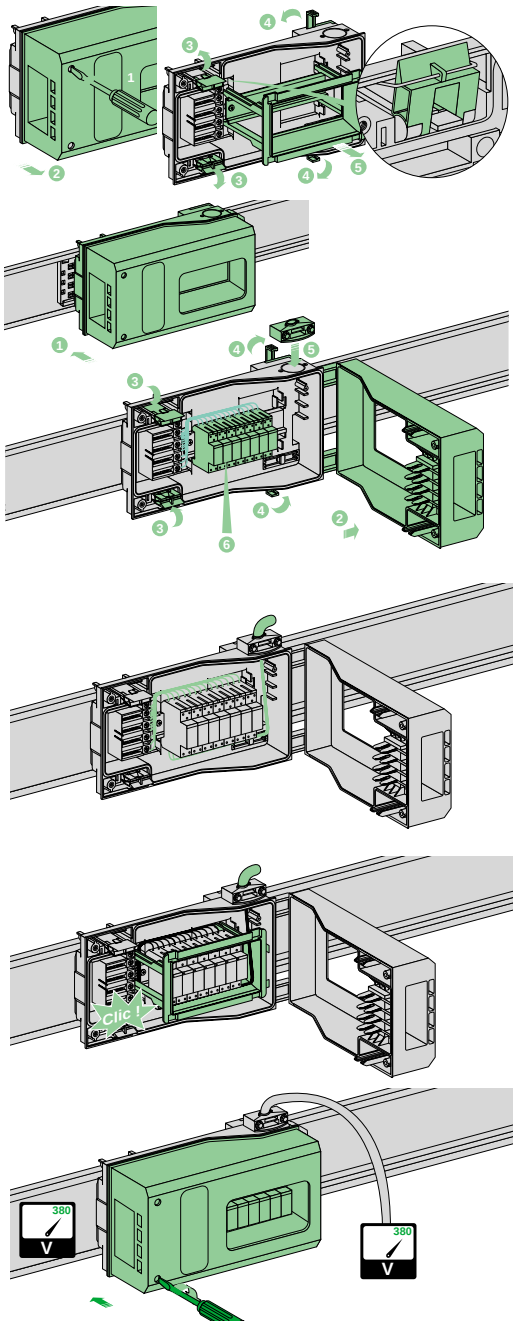


Fig. F7-253: *cofrets preparados para albergar interruptores automáticos Multi 9 (continuación).*

Distribución eléctrica para baja potencia Canalis KN 40, 63 y 100 A. Elementos

Canalis KN 40, 63 y 100 A				
Designación		Ref.	Ref.	Ref.
Tramos rectos KNA estándar	40/63/100 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T 63 A
1 derivación / 1 m 2 derivaciones / 1 m	3 m 3 m 2 m	KNA04EA430 KNA04ED430	KNA06EA430 KNA06ED430 KNA06ED420	KNA10EA430 KNA10ED430 KNA10ED420
Elementos ajustables KNA estándar	40/63/100 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T 100 A
Codo ajustable, canto Elemento ajustable, canto	0,355 m 1 m		KNA06LF4 KNA06EF4	KNA10LF4 KNA10EF4
Tramos rectos KNT con BUS de telemando	40/63/100 A 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A	3F + N + T + BUS
1 derivación / 1 m 2 derivaciones / 1 m	3 m 3 m 2 m	KNT04EA430 KNT04ED430	KNT04EA430 KNT04ED430 KNA06ED420	KNT10EA430 KNT10ED430 KNA10ED420
Elementos ajustables KNT con BUS de telemando	40/63/100 A 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A	3F + N + T + BUS
Codo ajustable, canto Elemento ajustable, canto	0,355 m 1 m		KNT06LF4 KNT10EF4	KNT06LF4 KNT10EF4
Alimentación y cierre KNA IP41	40/63/100 A 40 A	3F + N + T 40 A	3F + N + T 63 A	3F + N + T
Alimentación + cierre al extremo:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNA06B4	 KNA10B4
Alimentación + cierre al centro:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNA06BT4	 KNA10BT4
Alimentación y cierre para KNTP IP41	40/63/100 A	3F + N + T + BUS 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A
Alimentación + cierre al extremo:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNT06AB4	 KNT10AB4
Alimentación + cierre al centro:	bornas 16 mm^2 terminales 35 mm^2		KNT06BT4	 KNT10BT4

(continúa en la pág. siguiente)

Canalis KN 40, 63 y 100 A				
Designación		Ref.	Ref.	Ref.
Elementos de fijación comunes para KNA/KNT		3F + N + T + BUS 40 A	3F + N + T + BUS 63 A	3F + N + T + BUS 100 A
Elementos de fijación canalización:	universal			KNA10ZA1
	mural			KNA10ZA2
	estribo para canaleta complementaria			KNA10ZG10
Conectores y cofrets KN IP41/54	40/63/100 A			
Conectores de derivación KN Monofásicos con selección de fase IP41	16 A	F + N + T	3F + N + T	3F + N + T
Para fusible UTE 8,5 × 1,5 gl		KNA01CF2		
Con interruptores auto. Multi 9 C-60 1P "C"		KNA01CD2		
Con 2 tomas de corriente + int. auto. C-60 1P		KNA01CP12D		
Con 2 tomas de corriente + DPN 1P+N "U"		KNA01CP22D		
Con 2 tomas de corriente + DPN Vigi 30 mA		KNA01CP32D		
Conectores y cofrets KN IP41	25 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para fusible UTE 10 × 38 gl				
Para aparamenta modular	con ventana			KNA02CF5
4 módulos	sin ventana			KNA02CM54 KNA02CX54
Cofrets derivación para KNT con BUS de telemando	25 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para aparamenta modular	con ventana			KNT02CM54
4 módulos	sin ventana			KNT02CX54
Cofrets derivación para KNT IP41 (sec.)	32 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para fusible UTE 10 × 38 gl				KNA03SF4
Cofrets derivación para KN (seccionadores)	40 A	F + N + T	3F + T	3F + N + T
Para aparamenta modular	con ventana			KNA03SM47
7 módulos	sin ventana			KNA03SX47
Para aparamenta 2 × 7 módulos	con ventana			KNA03SM42X7
Para aparamenta modular	con ventana			KNA03SM416
16 módulos	sin ventana			KNA03SX416

Tabla F7-254: *tabla de referencias de los elementos componentes de la canalización prefabricada Canalis KN.*

Las canalizaciones prefabricadas y la Compatibilidad Electromagnética, CEM

Las canalizaciones prefabricadas con armadura metálica (apantalladas) cumplen las especificaciones para una muy buena CEM.
Normalmente los constructores en su catálogo de especificaciones técnicas indican el comportamiento de sus productos.
En términos generales, y teniendo en cuenta las canalizaciones de intensidades elevadas > 3.000 A, las canalizaciones Canalis a una distancia de 0,5 m no superan la inducción magnética ambiental (la de la Tierra).

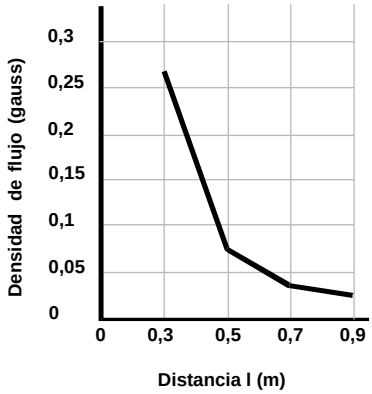


Fig. F7-255: *densidad de flujo magnético, en gauss, de una canalización tipo KHF-28.*

Si se colocan varias canalizaciones en paralelo y deseamos conocer el valor de la excitación magnética en un punto, podemos sumar los valores de cada canalización que inciden en este punto. La suma es posible puesto que se trata de valores máximos y los vectores tienen la misma dirección.

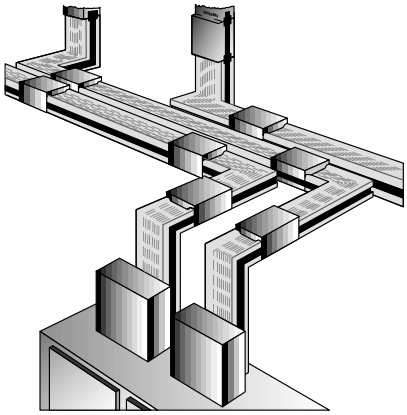


Fig. F7-256: *canalización prefabricada Canalis de 3.000 A.*

Seguridad incendiaria

En caso de grandes incendios, especialmente en edificios con grandes densidades de cables, por ejemplo, hospitales, hoteles, grandes almacenes, espectáculos y edificios de oficinas, se ha demostrado que los cables convencionales con revestimientos de PVC pueden ocasionar considerables daños.En estos casos la combustión de los componentes de PVC liberan gas clorhídrico (ClH); es un gas muy activo que ataca las estructuras de hierro dando cloruros férricos, con el hormigón, compuestos de sílice y calcáreos; por tanto, las estructuras que no se ven dañadas por el fuego pueden ser atacadas por los gases.
Para el cuerpo humano es muy irritante y hay compuestos venenosos.
Frecuentemente, los daños secundarios causados por los agentes liberados sobrepasan los daños de los efectos primarios.
Además, los materiales de PVC, en caso de incendio, pueden obstaculizar las medidas de extinción y de salvamento por la generación de grandes cantidades de humos.
Para reducir en lo posible este riesgo, especialmente en edificios con grandes concentraciones de personas y bienes, es conveniente utilizar medios de transporte energético de menor carga incendiaria y libres de halógenos.

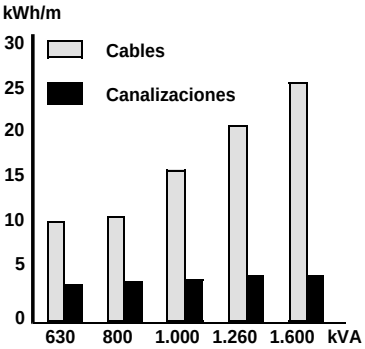


Fig. F7-257: *comparaciones de las cargas incendiarias de las acometidas de transformador a cuadro general.*

Los sistemas de canalizaciones prefabricadas reducen, en comparación con las instalaciones de cables normales, la carga incendiaria en un 70% y no contienen halógenos.
Las cargas incendiarias de las distribuciones se evalúan en kWh/m.
En los sistemas más pequeños se pueden dar los valores de carga incendiaria concentrados en los cuadros de distribución.
En lo relativo a la generación de incendios, las canalizaciones prefabricadas ofrecen una ventaja adicional, gracias a su reducida aportación energética (incendiaria). El revestimiento de chapa de acero impide la propagación del fuego, puesto que la aportación de calor externo, desde un foco de incendio, tiene que ser muy elevada para provocar la combustión del acero.
Una pequeña demostración puede ilustrar esta circunstancia:
Con la ayuda de un mechero se puede inflamar el revestimiento de un cable NYY de 5 $\times$ 2,5 mm^2 en unos 10 s, lo que significa la propagación de un incendio desde un foco muy pequeño.
A causa de su revestimiento de acero, es imposible inflamar el trozo de barra de una canalización prefabricada de 25 o 40 A. Por tanto, no hay peligro de propagación de incendio.

8. Las influencias externas

Las condiciones del entorno de la instalación eléctrica deben ser tomadas en cuenta para la elección o la definición de:
■ las medidas de protección para asegurar la seguridad de las personas (en particular para las instalaciones o emplazamientos especiales),
■ las características de los materiales eléctricos (en particular los índices de las características de protección y resistencia mecánica de los materiales, elección de las canalizaciones).

Toda instalación eléctrica se sitúa en un entorno que presenta un riesgo más o menos importante para:
■ Las personas.
■ El material constituyente de la instalación.
En consecuencia, las condiciones ambientales de una instalación eléctrica influyen en la elección o definición de los materiales y en el mismo concepto y circuito de la misma.
Estas condiciones constituyen lo que llamamos las “influencias externas”.

Influencias externas:
■ Los materiales eléctricos deberán seleccionarse e instalarse de conformidad a los requisitos de la Tabla F8-001, la cual se basa en la normativa particular de los materiales y las influencias externas expuestas en la UNE 20-460. Las características de los materiales se determinan bien por el grado de protección o bien por la conformidad a los ensayos particulares de cada material.
■ Si un material, por sí mismo, no cumple las características externas correspondientes a su emplazamiento, se puede suplementar con un material adecuado para que las cumpla. Este material complementario no debe disminuir las características propias del material con su acoplamiento.
■ Cuando inciden simultáneamente diferentes influencias externas, éstas pueden tener efectos independientes o complementarios. Los materiales se deberán escoger en consecuencia a los efectos máximos que puedan producirse.
■ La elección del material de acuerdo a las influencias externas es necesaria no sólo para un funcionamiento adecuado de los materiales, sino para asegurar la fiabilidad de las:
□ medidas para la protección contra los choques eléctricos;
□ medidas para la protección a los efectos térmicos;
□ medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades;
□ medidas de protección a los efectos de las sobretensiones;
□ medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
□ medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando.
Las medidas de protección asociadas a la construcción de los materiales son válidas sólo para unas influencias externas dadas.

8.1. Clasificación

La norma UNE 60.640 clasifica un gran número de influencias externas utilizando un código de dos letras y una cifra.

La primera letra caracteriza la categoría:
■ A = entorno;
■ B = utilización;
■ C = construcción de edificios.

La segunda letra caracteriza la naturaleza del riesgo:
- A para la temperatura;
- D para la humedad;
- G por los choques mecánicos.

La cifra indica el grado de severidad de la influencia externa
La tabla F8-001 muestra las principales influencias externas que encontramos frecuentemente en las ciudades. En casos especiales, nos debemos atener a la norma UNE 60.460 CEI 364-5-51.
La UNE 20-460 parte 3 determina las características generales de las instalaciones eléctricas en los edificios, las cuales se han de tener en cuenta siempre. El reglamento de BT expresa condiciones precisas para los locales de pública concurrencia o grandes concentraciones de trabajadores (BE2) y sobre los locales con riesgo de explosión (BE3).

La elección de los materiales se determina por:
- El índice de protección IP, por los códigos AD, AE, BA.
- El índice de protección IK, por los códigos AG.

Las indicaciones y los valores de ensayo de los constructores para otras influencias:
- Temperatura AA.
- Las condiciones climáticas AB.
- El comportamiento al fuego, corrosión AF.
- Los efectos sísmicos AP.

Código	Influencias externas						Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AA	Temperatura ambiente							
AA7	–25 °C a +55 °C						Material especialmente diseñado Puede necesitar precauciones suplementarias (por ejemplo, lubrificación especial)	■ Idéntica al rango de temperatura de la Clase 3K6 de la CEI 60721-3-3
AA8	–50 °C a +40 °C							■ Idéntica al rango de temperatura de la clase 4K3 de la CEI 60721.3-4
AB	Humedad atmosférica							
	Temperatura del aire (°C)		Humedad relativa (%)		Humedad absoluta g/m³			
	a) baja	b) alta	c) baja	d) alta	e) baja	f) alta		
AB1	–60	+05	03	100	0,003	07	Se toman disposiciones particulares**	Incluye el rango de temperatura de la clase 3K8 de la CEI 60721-3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Parte del rango de la temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura inferior del aire limitada a –60 °C y la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB2	–40	+05	10	100	0,1	07	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K7 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Parte del rango de la temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C y temperatura inferior del aire limitada a –60 °C.

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AB3	–25 +05 10 100 0,5 07	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K6 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Incluye el rango de la temperatura de la clase 4K1 de la CEI 60721.3-4, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB4	–05 +40 05 095 1 29	Normal*	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K5 de la CEI 60721-3-3. La temperatura superior del aire limitada a 40 °C.
AB5	+05 +40 05 085 1 25	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K5 de la CEI 60721-3-3.
AB6	+05 +60 10 100 1 35	Se toman disposiciones particulares**	Parte del rango de la temperatura de la clase 3K7 de la CEI 60721.3-3, con la temperatura inferior del aire limitada a +5 °C y la temperatura superior del aire limitada a –60 °C. Incluye el rango de temperatura de la clase 4K4 de la CEI 60721-3-4, con la temperatura inferior del aire limitada a +5 °C.
AB7	–25 +55 10 100 0,5 29	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 3K6 de la CEI 60721-3-3.
AB8	–50 +40 15 100 0,04 36	Se toman disposiciones particulares**	Idéntica al rango de temperatura de la clase 4K3 de la CEI 60721-3-4.
AE	Presencia de cuerpos sólidos extraños		
AE4	Polvo ligero	IP5X si la penetración de polvo no es perjudicial para el funcionamiento del material, IP6X si el polvo no debe penetrar en el material.	60721-3-3, clase 3S2 60721-3-4, clase 4S2
AE5	Polvo mediano		60721-3-3, clase 3S3 60721-3-4, clase 4S3
AE6	Polvo importante	IP6X	60721-3-3, clase 3S4 60721-3-4, clase 4S4
AM	Influencias electromagnéticas, electroestáticas o ionizantes Fenómenos electromagnéticos de baja frecuencia (conducidos o radiados)		
AM1	Armónicos, interarmónicos		
AM1-1	Nivel específico	Medidas a tomar para que el nivel específico no sea alterado	
AM1-2	Nivel medio	Medidas especiales en la instalación tales como filtros para su detención	
AM1-3	Nivel importante		
AM2	Señales sobre el secundario		
AM2-1	Nivel específico	Posibilidad de circuitos de blocaje	
AM2-2	Nivel medio	Por medidas adicionales	
AM2-3	Nivel importante	Por medidas especiales	
AM3	Variaciones de amplitud de la tensión		
AM3-1	Nivel específico		
AM3-2	Nivel medio	Medidas según el apartado "Protección contra las bajadas de tensión"	
AM4	Desequilibrio de tensiones		
AM5	Variaciones de la frecuencia nominal		
AM6	Tensiones inducidas de baja frecuencia	Futura CEI 363-4-444 Umbrales elevados en los sistemas de señalización y telemando de la aparamenta	
AM7	Corriente continua en las redes de c.a. No clasificada	Medidas para limitar su presencia en amplitud y tiempo en los materiales utilizados y en su proximidad	

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AM8	Campos magnéticos radiantes		
AM8-1	Nivel medio	Normal	
AM8-2	Nivel importante	Protegido por medidas adecuadas, por ejemplo, pantallas o separaciones	
AM9	Campos eléctricos		
AM9-1	Nivel despreciable	Normal	
AM9-2	Nivel medio	Ver CEI 1.000-2-5	
AM9-3	Nivel importante		Ver CEI 1.000-2-5
AM9-4	Nivel muy importante		Ver CEI 1.000-2-5
	Fenómenos electromagnéticos de alta frecuencia conducidos, inducidos o radiados (continuos o transitorios)		
AM21	Tensiones o corrientes oscilantes inducidas		
	No clasificadas	Normal	
AM23	Transitorios unidireccionales conducidos a niveles de nanosegundos		
AM23-1	Nivel específico	Umbrales de sobretensión de los materiales y medidas de protección contra las sobretensiones tomando en consideración la tensión nominal de alimentación y la categoría de los umbrales de sobretensión según el apartado "Protección contra las sobretensiones de origen atmosférico o de maniobra"	
AM23-2	Nivel medio		
	Nivel importante		
AM24	Transitorios oscilantes conducidos		
AM24-1	Nivel medio	Ver CEI 1.000-4-12	
AM24-2	Nivel importante		Ver CEI 255-22-1
AM25	Fenómenos de radiación a alta frecuencia		
AM25-1	Nivel despreciable		
AM25-2	Nivel medio	Normal	
AM25-3	Nivel importante		Nivel reforzado
AM31	Descargas electroestáticas		
AM31-1	Nivel bajo	Normal	
AM31-2	Nivel medio	Normal	
AM31-3	Nivel importante		Normal
AM31-4	Nivel muy importante		Nivel reforzado
AM41	Ionización		
AM41-1	No clasificado	Protección especial, tales formas como: ■ separación de la fuente ■ interposición de pantallas, envolventes de materiales especiales	
AN	Radiación solar		
AN1	Baja	Normal*	60721-3-3
AN2	Media	Se tomarían disposiciones particulares**	60721-3-3
AN3	Alta	Se tomarían disposiciones particulares** ■ Estas disposiciones pueden ser, por ejemplo: □ materiales resistentes a la radiación ultravioleta □ baño de color especial □ interposición de pantallas	60721-3-4
AR	Movimiento de aire		
AR1	Bajo	Normal*	
AR2	Medio	Se tomarían disposiciones particulares**	
AR3	Alto	Se tomarían disposiciones particulares**	
AS	Viento		
AS1	Bajo	Normal*	
AS2	Medio	Se tomarían disposiciones particulares**	
AS3	Alto	Se tomarían disposiciones particulares**	

(continúa en pág. siguiente)

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
AP	Efectos sísmicos		
AP2 AP3 AP4	Baja intensidad Media intensidad Alta intensidad		
AQ	Rayos de la luz		
AQ2 AQ3	Exposición indirecta Exposición directa	De acuerdo con la sección 443 de CEI 60.364 Si es necesaria protección debe ser de acuerdo a la CEI 61.024-1	
B	Utilización (322)		
BA	Competencia de las personas (322.1)		
BA1	Ordinaria	Normal	
BA2	Niños	Materiales con grados de protección superiores a IP2X Inaccesibilidad de materiales con temperaturas superficiales externas que superen los 80 °C (60 °C para guarderías y locales similares)	
BA3	Minusválidos	De acuerdo con la naturaleza de la minusvalía	
BA4 BA5	Instruidos Cualificados	Material no protegido contra contactos directos solamente admitido en lugares que solo sean accesibles a personas debidamente autorizadas.	
BB	Resistencia eléctrica del cuerpo humano		
BB1 BB2 BB3	Seco Húmedo Mojado	Tensión de contacto 50 V Tensión de contacto 25 V Tensión de contacto 12 V	
BC	Contacto de las personas con el potencial de tierra	Clases de materiales de acuerdo con la CEI 60.536	

0 - 01	I	II	III
A	Y	A	A
A	A	A	A
X	A	A	A

BC1 BC2 BC3 BC4	Ninguno Bajo Frecuente Continuos	A Material permitido X Material prohibido Y Material permitido si se utiliza como Clase 0	En estudio	
BD	Condiciones de evacuación en una emergencia			
BD1	Baja densidad - fácil evacuación	Normal		
BD2 BD3	Baja densidad - difícil evacuación Alta densidad - fácil evacuación	Materiales retardantes de la propagación de la llama, del desarrollo del humos y de los gases tóxicos		
BD4	Alta densidad - difícil evacuación	En estudio		
BE	Naturaleza de los materiales procesados o almacenados			
BE1	Riesgos no significativo	Normal		
BE2	Riesgos de incendio	Materiales retardantes de la propagación de la llama Disposiciones tales que en un aumento significativo de la temperatura o una chispa dentro del material eléctrico no pueda provocar un incendio externo		
BE3	Riesgos de explosión	De acuerdo con las prescripciones del comité técnico 31 de la CEI Material eléctrico para atmósferas explosivas (CEI 60079)		
BE4	Riesgos de contaminación	Disposiciones adecuadas tales como:		

(continúa en pág. siguiente)

F 8

Código	Influencias externas	Características prescritas para la elección de los materiales	Referencias a la CEI 60.721 "Clases"
		■ protección contra la caídada de fracmentos de lámparas rotas y otros objetos frágiles ■ pantallas contra radiaciones peligrosas como las infrarrojas o ultravioletas	
C	Construcción de edificios		
CA	Materiales de construcción		
CA1	No combustibles	Normal	
CA2	Combustibles	En estudio	
CB	Diseño de edificios		
CB1	Riesgos no significativos	Normal	
CB2	Propagación de incendios	Material retardante de la propagación del fuego incluyendo fuegos no originados en la instalación eléctrica. Barreras cortafuegos. **Nota:** Pueden preverse detectores de incendios.	
CB3	Movimientos	Juntas de dilatación o de expansión en las canalizaciones eléctricas.	
CB4	Flexibles o inestables	En estudio	
*	Significa que un material ordinario funcionará de forma segura bajo las influencias externas descritas.		
**	Significa que deberán realizarse disposiciones especiales, entre el diseñador de la instalación y el fabricante del material, por ejemplo, para materiales especialmente diseñados.		

Notas:

■ Para la mayoría de nuestras instalaciones las siguientes clases de influencias externas se consideran normales:

- □ AA Temperatura ambiente
- □ AB Humedad atmosférica
- □ Otras condiciones ambientales (AC a AR)
- □ Condiciones de utilización y construcción de edificios (B y C)
- □ AA4
- □ AB4
- □ XX1 de cada parámetro
- □ XX1 de cada parámetro excepto para el parámetro BC-XX2

■ La palabra "normal", que aparece en la tercera columna de la tabla, significa que el material debe, generalmente, satisfacer las normas CEI aplicables.

Tabla F8-001: *características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas.*

8.2. Protección proporcionada por las envolventes

Selección e instalación de las envolventes en función de las influencias externas

Temperatura ambiente (AA):

■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o la más baja, y que la temperatura límite expresada no sea superada.

■ Para instalaciones en el interior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 °C y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 °C.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de –5 °C.

■ Para instalaciones en el exterior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 °C y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 °C.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de:

– (–25 °C) en clima templado;

– (–50 °C) en un clima ártico.

Nota: El empleo de envolventes en un clima ártico puede estar sujeto a un acuerdo especial entre fabricante e instalador y usuario.

■ La aparamenta de los cuadros eléctricos, incluidos los cables y sus accesorios, debe instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de tempe-

ratura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.
■ Cuando materiales de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite del conjunto (cuadro) será la más baja de las máximas permitidas por los materiales ubicados.

Fuentes externas de calor:
■ Con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse los cuadros utilizando uno o más de los métodos siguientes u otros igualmente eficaces:
□ pantalla de protección;
□ alejamiento suficiente de las fuentes de calor;
□ selección de la envolvente teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse;
□ reforzamiento local o substitución del material.

Nota: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:
■ de redes de distribución de agua caliente;
■ de instalaciones de aparatos y luminarias;
■ de procesos de fabricación;
■ de transmisión de calor a través de materiales conductores;
■ de recuperación del calor solar o del medio ambiente.

Condiciones climáticas (AB):
■ Para instalaciones en el interior:
□ El aire será limpio y su humedad relativa no sobrepasará el 50% a una temperatura máxima de +40 °C.
□ Pueden admitirse grados de humedad relativa más elevados a temperaturas más bajas, por ejemplo, 90% a +20 °C.
□ Conviene tener en cuenta que, ocasionalmente, puede producirse una condensación moderada, por razón de las variaciones de temperatura.
■ Para instalaciones en el exterior:
□ La humedad relativa podrá alcanzar temporalmente el 100% a una temperatura máxima de +25 °C.
□ La altitud máxima de instalación será 2.000 m.

Nota: Para los materiales electrónicos destinados a ser utilizados a altitudes superiores a los 1.000 m, puede ser necesario tener en cuenta la disminución de la rigidez dieléctrica y del poder refrigerante del aire. Los materiales electrónicos destinados a funcionar en estas condiciones estarán, en principio, diseñados o utilizados conforme a un acuerdo entre el fabricante, el instalador y el usuario.

Presencia de agua (AD):
■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. La envolvente debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
■ Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las envolventes, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.
■ Cuando las envolventes puedan verse sometidas a golpes de mar, independientemente del grado de protección IPx6 o IPx7, deberá realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
□ choques mecánicos (AG);
□ vibraciones (AH);
□ otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE):
■ Las envolventes deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La envolvente

debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

■ En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de polvo o de otras substancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las envolventes.

Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.

■ Los materiales que puedan provocar deterioros mutuos o individuales, o degradaciones peligrosas, no deben instalarse en contacto.

Choques mecánicos (AG):

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse o prever envolventes, de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como, por ejemplo, choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.

■ Una evolvente es considerada de un grado de protección contra los impactos IPx-, si el impacto no es capaz de reducir su grado de protección, ni la posible abolladura la rigidez dieléctrica en su interior.

■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:

□ las características mecánicas de las envolventes;

□ el emplazamiento elegido;

□ la disposición de una protección mecánica complementaria, local o general;

□ o la combinación de estas medidas.

Vibración (AH):

■ Las envolventes de los elementos eléctricos o conjuntos de aparamenta, soportados o fijados en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3), deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y a conexiones que albergan.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales como, por ejemplo, cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos, suspendidos en el interior de las envolventes, tales como las luminarias, deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o vibraciones, se pueden utilizar conductores rígidos.

Otros esfuerzos mecánicos (AJ):

■ Las envolventes de los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las envolventes y a la aparamenta de su interior.

■ Cuando los conductores o cables, del interior de la envolvente, no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes de forma que los conductores o el cable no se vean dañados por su propio peso.

■ Cuando los conductores se vean sometidos a una tracción permanente (por ejemplo, a causa de su propio peso en tendido vertical), deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiados, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes.

■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
■ Los soportes de los cables y la aparamenta no tendrán aristas agudas y estarán dimensionados para soportar los esfuerzos electrodinámicos propios de situaciones de defecto (cortocircuitos).

Presencia de vegetación o moho (AK)

Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las envolventes deberán elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección.

Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL)

Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las envolventes deben elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
■ características mecánicas de las envolventes (grado IP);
■ selección del emplazamiento;
■ disposición de una protección mecánica adicional, local o general;
■ cualquier combinación de estas medidas.

Radiación solar (AN)

Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2), deberá elegirse e instalarse una envolvente apropiada a estas condiciones o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP):

■ Las envolventes deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
■ Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
□ las fijaciones internas de la aparamenta y conductores (muy importante las soluciones contra las vibraciones):
□ las fijaciones del cuadro a las estructuras del edificio.

Viento (AR)

Veanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.

Estructura de los edificios (CB)

Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de la aparamenta y los conductores de cables deben permitir el movimiento relativo a fin de evitar que la aparamenta y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.

La norma UNE 20.324 define un código (IP: Protección Internacional) que caracteriza la protección que puede proporcionar una envolvente frente a las influencias externas siguientes:

■ Penetración de los cuerpos sólidos.
■ Protección de las personas en el acceso a partes peligrosas.
■ Protección contra los efectos nocivos de líquidos (agua).

El código comporta dos cifras:
■ La protección contra los impactos mecánicos según la UNE EN 50102 corresponde a la clasificación de las siglas IK, un cero y una cifra. Esta corresponde a la capacidad de soportar un impacto de una cantidad de energía, medida en julios, sin variar las condiciones de aislamiento y protección propias, aunque puede quedar alguna abolladura.

Las letras complementarias son aclaratorias y podemos distinguir dos grupos:

■ 1.º Letras A, B, C, D: refuerzan el significado de la primera cifra.
■ 2.º Letras H, M, S, W: la (H) nos da una indicación de alerta al peligro de las altas tensiones:

- Las M y S indican la forma del proceso de ensayo.
- La W, que dispone de protección para la intemperie.

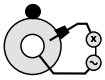
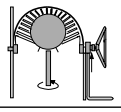
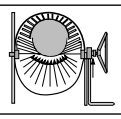
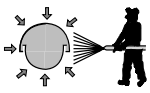
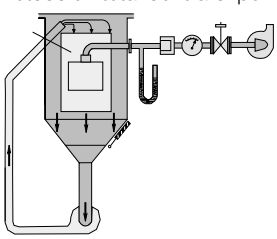
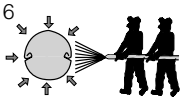
Ejemplo: IP 23C-IK2.
Material protegido contra:
- 2: la penetración de un cuerpo de > 12 mm y el acceso con el dedo.
- 3: la penetración de agua de lluvia a 60° de la vertical.
- C: protección al acceso a partes peligrosas de una herramienta de 2,5 mm de Ø.

Nota: Una X en la situación de una cifra quiere indicar que la característica correspondiente no está considerada.
La presencia de la letra C refuerza el grado de protección contra los contactos directos, especificado por la primera cifra.

Indices de protección de las envolventes				
Indice IP				
Indice IK				
1.ª cifra Protección contra la penetración de cuerpos sólidos y contra el acceso a partes peligrosas				
No protege	0			AE1
Protección contra sólidos > 50 mm de Ø y el acceso del dorso de la mano	1			AE1
Protección contra sólidos > 12 mm de Ø y el acceso de un dedo	2			AE1
Protección contra sólidos > 2,5 mm de Ø y el acceso de un útil	3			AE2
Protección contra sólidos > 1 mm de Ø y el acceso de un hilo	4			AE3
Protección contra el polvo y el acceso de un hilo	5			AE4
Estanco al polvo y al acceso de un hilo	6			AE4
2.ª cifra Protección contras los efectos nocivos del agua				
No protege		0		AD1
Protección contra la caída vertical de gotas de agua (condensación)		1		AD2
Protección contra la caída de gotas de agua hasta 15° de la vertical		2		AD2
Protección contra la caída de gotas de lluvia hasta 60° de la vertical		3		AD3
Protección contra proyecciones de agua en todas direcciones		4		AD4
Protección contra chorros de agua en todas direcciones		5		AD5
Protección contra proyecciones de agua similares a un golpe de mar		6		AD6
Protección contra la inmersión		7		AD7
Material sumergible - ensayo sobre acuerdos particulares		8		AD8
Letra adicional en opción Una protección contra acceso de partes peligrosas superiores a las especificadas en la cifra 1.ª				
Protección contra el acceso del dorso de la mano			A	0
Protección contra el acceso de un dedo			B	0-1
Protección contra el acceso de un útil de 2,5 mm de Ø			C	0-1-2
Protección contra el acceso de un hilo			D	0-1-2-3
Letra suplementaria (en opción)				
Material de AT			H	
En movimiento durante el ensayo del agua			M	
En paro durante el ensayo del agua			S	
Protección a la intemperie			W	
Protección contra los impactos mecánicos (acción directa de un martillo sobre la envolvente)				
Impactos débiles				01 AG1
Impactos mediados				05 AG2
Impactos importantes				07 AG3
Impactos muy importantes				09 AG4

Tabla F8-002: *grados de protección proporcionados por las envolventes.*

8.3. Grado de protección de las envolventes de BT

IP					
Protección contra los cuerpos sólidos			Protección contra los líquidos		
0		Sin protección	0		Sin protección
1	Ø 50 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm Ø	1		Protección contra la caída de gotas verticales condensación)
2	Ø 12 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 12 mm Ø	2		Protección contra la caída de gotas de agua, hasta un ángulo de 15° de la vertical
3	Ø 2,5 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm Ø	3		Protección contra la caída de agua de lluvia hasta un ángulo de 60° de la vertical
4	Ø 1 mm 	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm Ø	4		Protección contra la proyección de agua en todas direcciones
5		Protección contra el polvo en cantidad no perjudicial.	5		Protección contra los chorros de agua en todas direcciones
6		Protección total contra el polvo 	6		Protección contra los chorros de agua en todas direcciones, semejantes a un golpe de mar
			7		Protección contra los efectos de inmersión

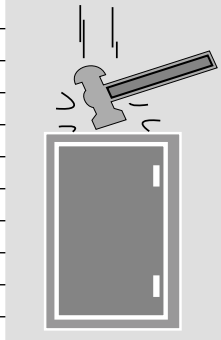
IK		
Impacto		Energía
00		Sin protección
01		Energía de choque 0,15 julios
02		Energía de choque 0,20 julios
03		Energía de choque 0,35 julios
04		Energía de choque 0,50 julios
05		Energía de choque 0,70 julios
06		Energía de choque 1 julios
07		Energía de choque 2 julios
08		Energía de choque 5 julios
09		Energía de choque 10 julios
10		Energía de choque 20 julios

Tabla F8-003: *parámetros de los ensayos correspondientes a los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, agua y de resistencia al impacto.*

2. LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La ITC-BT-51 recoge términos que coinciden con este capítulo, pero su contenido coincide plenamente con el capítulo K. "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", del 4.º Volumen. Por tanto, la situaremos en el 4.º Volumen.

4. LOS REGÍMENES DE NEUTRO

1. ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ITC-BT-08

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.
Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.
La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:
Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.
T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.
T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).
Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.
S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.
C = Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

1.1. Esquema TN

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

Se distinguen tres tipos de esquemas TN, según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

–Esquema TN-S: En que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema (figura 1).

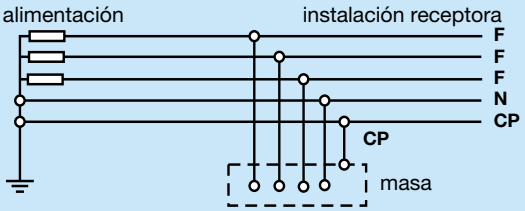


Figura 1. Esquema de distribución tipo TN-S.

–Esquema TN-C: En que las funciones de neutro y protección están combinadas en un sólo conductor en todo el esquema (figura 2).

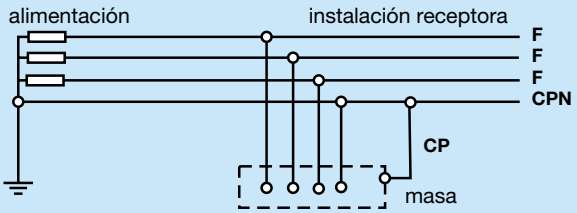


Figura 2. Esquema de distribución tipo TN-C.

–Esquema TN-C-S: En que las funciones de neutro y protección están combinadas en un sólo conductor en una parte del esquema (figura 3).

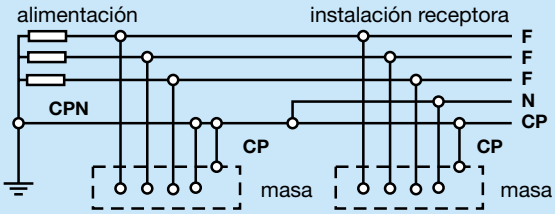


Figura 3. Esquema de distribución tipo TN-C-S.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

1.2 Esquema TT

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación (figura 4).

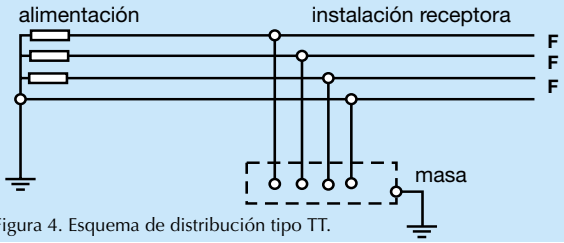


Figura 4. Esquema de distribución tipo TT.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.
En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masa de la instalación y la de alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones del esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

1.3. Esquema IT

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra (figura 5).

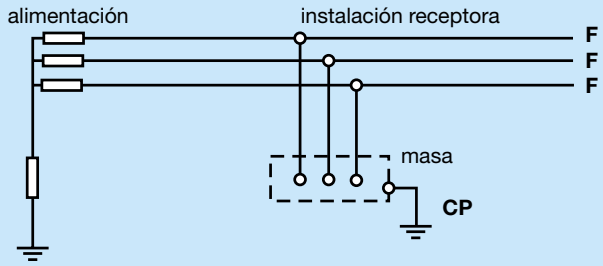


Figura 5. Esquema de distribución tipo IT.

En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.
La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene bien por la ausencia de conexión a tierra en la alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro) y tierra. A este efecto puede resultar necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitativo de los cables con respecto a tierra.
En este tipo de esquema se recomienda no distribuir el neutro.

1.4. Aplicación de los tres tipos de esquemas

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes principios.
a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente desde una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.

b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
c) No obstante lo dicho en a), puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para tal esquema se citan en el apartado 1.3.

2. PRESCRIPCIONES ESPECIALES EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL ESQUEMA TN

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:
a) La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la indicada en la tabla siguiente, en función de la sección de los conductores de fase.

Tabla 1. Sección del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase.

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

b) En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.
c) Además de las puestas a tierra de los neutros, señaladas en las instrucciones ITC-BT-06 e ITC-BT-07, para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros.
d) La resistencia de tierra del neutro no será superior a 5 ohmios en las proximidades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
e) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2 ohmios.
f) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

5. LA REALIZACIÓN Y MEDIDA DE LAS PUESTAS A TIERRA

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

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.

3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.
La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
– El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta forma a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
– Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
– La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
– Contemplen los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

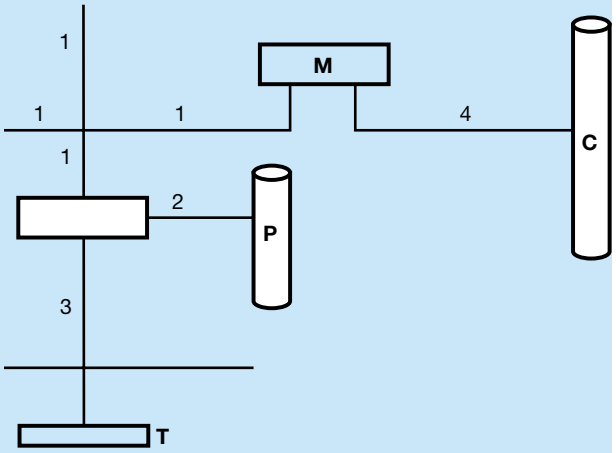


Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.

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.

3.1. Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:
– barras, tubos;
– pletinas, conductores desnudos;
– placas;
– anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
– armaduras de hormigón enterradas, con excepción de las armaduras pretensadas;
– otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre, utilizados como electrodos, serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión, de forma

que comprometa las características del diseño de la instalación.
Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.
Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro, debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tiene que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de esta Instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm² cobre 16 mm² Acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm² cobre 50 mm² hierro	

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra, debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.
Debe cuidarse, en especial, que las conexiones no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.3. Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:
– Los conductores de tierra.
– Los conductores de protección.
– Los conductores de unión equipotencial principal.
– Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.
Debe preverse sobre los conductores de tierra, y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra; debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil; tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

3.4. Conductores de protección

Los 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.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

En otros casos, reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos conductores que unen las masas:

– al neutro de la red,

– a otras masas,

– a elementos metálicos distintos de las masas,

– a un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-54 apartado 543.1.1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)
$S \leq 16$	$Sp = S$
$16 \leq S$ i 35	$Sp = 16$
$S > 35$	$Sp = S/2$

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

Los valores de la tabla 2 sólo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados con el mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductibilidad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

– 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.

– 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Como conductor de protección pueden utilizarse:

– conductores en los cables multiconductores, o

– conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o

– conductores separados desnudos o aislados.

Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos, montadas en fábrica, o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la aplicación del presente apartado.
c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.
La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos), o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).
Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.
Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.
Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.
Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

4. PUESTA A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ITC-BT-24.
Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia especificada de todo elemento metálico puesto a tierra.
La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectados a él.
El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos, cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTA A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

Sin embargo, la sección mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico, y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El conductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.

El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.

El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.

Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre sí en la continuación del circuito por detrás de este punto. En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. 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 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre o a la sección equivalente si es de otro material.

La sección de los conductores de equipotencialidad secundarios, que une dos masas, no será inferior a la más pequeña de los conductores de protección unidos a dichas masas.

Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

Este conductor, caso de ser necesario, debe satisfacer lo indicado en el apartado 3.4.

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.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.
Este 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 que se establece.
Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.
La tabla 3 da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medidos, indicados en la tabla 4.
Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohm·m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Lino	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 arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 1.000
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
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en Ohm·m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo.

Electrodo	Resistencia de tierra en Ohm
Placa enterrada	R = 0,8 r/P
Pica vertical	R = r/L
Conductor enterrado horizontal	R = 2r/L
r, resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no estén unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 Ohmios·m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho I d}{2 \pi U}$$

siendo:
D: distancia entre electrodos, en metros.
ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro.
I_d: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.
U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.
Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que, en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \cdot R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado, en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.
Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.
En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace, entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543. Como ejemplo, para los conductores de

protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Tabla 2.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S < 16$	S (*)
$16 < S > 35$	16
$S > 35$	S / 2

(*) Con un mínimo de:
– 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
– 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20.460-5-54, apartado 543.
En la instalación de los conductores de protección, se tendrá en cuenta:
– Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20.460-3. En los pasos a través de paredes o techos, estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.
– No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
– Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización, seguirá el curso de la misma.
– En una canalización móvil todos los conductores, incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
– En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea, como mínimo, igual a la que resulte de la aplicación de la Norma UNE 20.460-5-54, apartado 543.
– Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados, colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contienen una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.
– Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico,

especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
– Las conexiones de estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. Se considera que los dispositivos que cumplen con la norma UNE-EN 60.998-2-1 cumplen con esta prescripción.
– Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo, cobre-aluminio).

6. LOS CUADROS ELÉCTRICOS

1. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA

INSTALACIONES DE ENLACE, DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17

1.1. Situación

Los dispositivos generales de mando y protección 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 que 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 dispositivos generales de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc. En los locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.
Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.
En locales de uso común o de pública concurrencia deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.
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 1,4 y 2 m, para viviendas. En locales comerciales, la altura mínima será de 1 m desde el nivel del suelo.

1.2. Composicion y caracteristicas de los cuadros

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

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30, según UNE 20.324, e IK 07, 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.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

– Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.

– Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos.

– Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.

– Dispositivos de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

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 caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

1.3. Caracteristicas principales de los dispositivos de proteccion

El interruptor general automático de corte omnipolar 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.

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 correspondan 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.

La ITC-BT-25 corresponde en su totalidad al apartado B y en él queda incluida, pero el número de circuitos también afecta a los cuadros del capítulo F6.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. ITC-BT-25

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos(1).

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma (7)	Interruptor automático (A)	Máximo n.º de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm² (5)	Tubo o conducto diámetro mm² (3)
C_1 Iluminación	200	0,75	0,5	Punto luz	10	30	1,5	16
C_2 Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16 A 2p + T	16	20	2,5	20
C_3 Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p + T	25	2	6	25
C_4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico 3.450	0,66	0,75		Base (8) 16 A 2p + T combinadas con fusibles o interruptores automáticos 16A	20	3	4 (6)	20
C_5 Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16 A 2p + T	16	6	2,5	20
C_8 Calefacción	(2)	–	–	–	25	–	6	25
C_9 Aire acondicionado	(2)	–	–	–	25	–	6	25
C_{10} Secadora 3.450	1	0,75		Base 16 A 2p + T	16	1	2,5	20
C_{11} Automatización	(4)	–	–	–	10	–	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.
(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.
(3) Diámetros externos según ITC-BT-19.
(4) La potencia máxima permisible por circuito será 2.300 W.
(5) Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra de PVC, bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación.
(6) En este circuito, exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².
(7) Las bases de tomas de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5ª, ambas de la norma UNE 20315.
(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito.

7. LAS CONDUCCIONES

REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN. ITC-BT-06

1. MATERIALES

1.1. Conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados.

1.1.1. Conductores aislados

Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030.

La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm^2 y en los de cobre de 10 mm^2. La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y una conductividad eléctrica no inferior a la que corresponde a los de cobre anteriormente indicados.

1.1.2. Conductores desnudos

Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN, debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018, según sean los conductores de cobre o de aluminio.

Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV.

Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

1.2. Aisladores

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio.

La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cementación a base de substancias que no ataquen ninguna de las partes, y que no sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

1.3. Accesorios de sujeción
Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

1.4. Apoyos
Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en el apartado 2.3 de la presente instrucción. Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie y, en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

1.5. Tirantes y tornapuntas
Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN.
Los tornapuntas podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie.
Deberá restringirse el empleo de tirantes y tornapuntas.

2. CÁLCULO MECÁNICO

2.1. Acciones a considerar en el cálculo
El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la red, cualquiera que sea su naturaleza, se efectuará con los supuestos de acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y condiciones que se fijan en los apartados siguientes.
Como cargas permanentes se considerarán las cargas verticales debidas al propio peso de los distintos elementos: conductores, aisladores, accesorios de sujección y apoyos.
Se considerarán las sobrecargas debidas a la previsión del viento siguientes:
– Sobre conductores 50 daN/m^2
– Sobre superficies planas 100 daN/m^2
– Sobre superficies cilíndricas de apoyos 75 daN/m^2
La acción del viento sobre los conductores no se tendrá en cuenta en aquellos lugares en que por la configuración del terreno o por la disposición de las especificaciones, actúe en el sentido longitudinal de la línea.
A los efectos de las sobrecargas motivadas por el hielo se clasificará el país en tres zonas:
– Zona A: La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
– Zona B: La situada a una altitud comprendida entre 500 y 1.000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor

180 $\sqrt{d}$ gramos metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz de sobrecarga se considerará de 60 $\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo, se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces de diámetro del conductor de fase.
– Zona C: La situada a una altitud superior a 1.000 m. Los conductores desnudos se considerarán sometidos a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor 360 $\sqrt{d}$ gramos por metro lineal, siendo (d) el diámetro del conductor en mm. En los cables en haz la sobrecarga se considerará de 120 $\sqrt{d}$ gramos por m lineal, siendo (d) el diámetro del cable en haz en mm. A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

2.2. Conductores

2.2.1. Tracción máxima admisible

La tracción máxima admisible de los conductores no será superior a su carga de rotura dividida por 2,5, considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

Zona A
a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, dividida por 3, a la temperatura de 0 °C.

Zona B y C
a) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga del viento, a la temperatura de 15 °C.
b) Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0 °C.

2.2.2. Fecha máxima

Se adoptará como flecha máxima de los conductores el mayor valor resultante de la comparación entre dos hipótesis correspondientes a la zona climatológica que se considere, y a una tercera hipótesis de temperatura (válida para las tres zonas), consistente en considerar los conductores sometidos a la acción de su propio peso y a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y las de servicio de la red. Esta temperatura no será inferior a 50 °C.

2.3. Apoyos

Para el cálculo mecánico de los apoyos se tendrán en cuenta las hipótesis indicadas en la Tabla 1, según la función del apoyo y de la zona.

Tabla 1. Cargas para el cálculo mecánico de los apoyos

Función del apoyo	Zona A		Zonas B y C	
	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de temperatura a 0 °C con 1/3 de viento	Hipótesis de viento a la temperatura de 15 °C	Hipótesis de hielo según zona y temperatura de 0 °C
Alineación	Cargas permanentes	Cargas permanentes. Desequilibrio de racciones	Cargas permanentes	Cargas permanentes Desequilibrio de tracciones
Angulo	Cargas permanentes. Desequilibrio de ángulo			
Estrellamiento	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante	Cargas permanentes. 2/3 resultante	Cargas permanentes. Total resultante
Fin de línea	Cargas permanentes. Tracción total de conductores			

Cuando los vanos sean inferiores a 15 m, las cargas permanentes tendrán muy poca influencia por lo que, en general, se puede prescindir de las mismas en el cálculo.
El coeficiente de seguridad a la rotura será distinto en función del material de los apoyos según la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de seguridad a la rotura en función del material de los apoyos.

Material de apoyo	Coeficiente
Metálico	1,5
Hormigón armado vibrado	2,5
Madera	3,5
Otros materiales no metálicos	2,5

Nota: En el caso de apoyos metálicos o de hormigón armado vibrado, cuya resistencia mecánica se haya comprobado mediante ensayos en verdadera magnitud, los coeficientes de seguridad podrán reducirse a 1,45 y 2 respectivamente.

Cuando por razones climatológicas extraordinarias hayan de suponerse temperaturas o manguitos de hielo superiores a los indicados, será suficiente comprobar que los esfuerzos resultantes son inferiores al límite elástico.

3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.1. Instalación de conductores aislados

Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos. (Apartado 3.2).
Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV. (UNE 21.030) podrán instalarse como:

3.1.1. Cables posados

Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.
En los espacios vacíos (cables no posados en fachada o muro) los conductores tendrán la condición de tensados y se regirán por lo indicado en el apartado 3.1.2.

En general, deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Lógicamente, si se produce una circunstancia particular como la señalada en el párrafo anterior, la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 para cada caso en particular. En los recorridos por debajo de esta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas), deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros.
En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:
– Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
– Balcones: 0,30 m al borde superior de la abertura y 1,00 m a los bordes laterales del balcón.
Se tendrá en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir, en estos casos, una disminución de las distancias antes indicadas.
Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 m a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11.

3.1.2. Cables tensados
Los cables con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados.
Distancia al suelo: 4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2. Instalaciones de conductores desnudos
Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores, de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo ni produzca efectos de corrosión.
La fijación de los conductores al aislador debe hacerse, preferentemente, en la garganta lateral del mismo por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador.
Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 por ciento, a los valores indicados en el apartado 2.2.1.

3.2.1. Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones

Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las especificaciones:

3.2.1.1. Al suelo

4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 para cruzamientos.

3.2.1.2. En edificios no destinados al servicio de distribución de la energía

Los conductores se instalarán fuera de una zona de protección, limitada por los planos que se señalan:

– Sobre los tejados: Un plano paralelo al tejado, con una distancia vertical de 1,80 m del mismo, cuando se trate de conductores no puestos a tierra, y de 1,5 m cuando lo estén; así mismo para cualquier elemento que se encontrase instalado, o que se instale en el tejado, se respetarán las mismas distancias que las indicadas en la figura 1 para las chimeneas.

Cuando la inclinación del tejado sea superior a 45 grados sexagesimales, el plano limitante de la zona de protección deberá considerarse a 1 metro de separación entre ambos.

– Sobre terrazas y balcones: Un plano paralelo al suelo de la terraza o balcón y a una distancia del mismo de 3 metros.

– En fachadas: La zona de protección queda limitada:

a) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada sin aberturas, situado a 0,20 metros del mismo.

b) Por un plano vertical paralelo al muro de fachada a una distancia de 1 metro de las ventanas, balcones, terrazas o cualquier otra abertura.

Este plano vendrá, a su vez, limitado por los planos siguientes:

– Un plano horizontal situado a una distancia vertical de 0,30 metros de la parte superior de la abertura de que se trate.

– Dos planos verticales, uno a cada lado de la abertura, perpendicular a la fachada, y situados a 1 metro de distancia horizontal de los extremos de la abertura.

– Un plano horizontal situado a 3 metros por debajo de los antepechos de las aberturas.

Los límites de esta zona de protección se representan en la fig. 1.

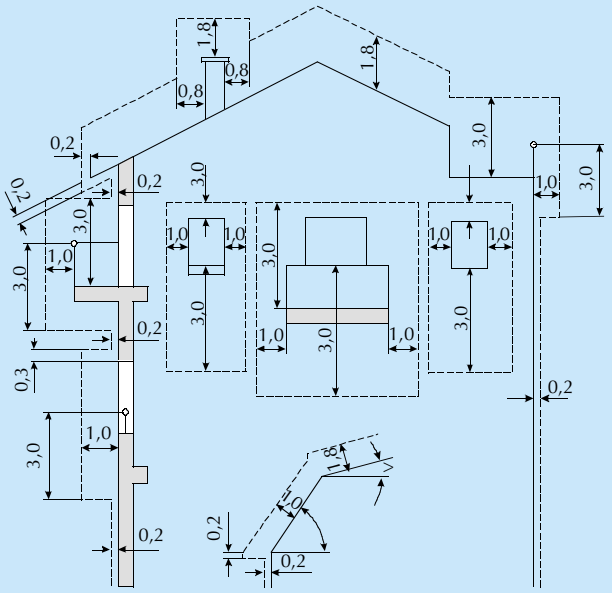


Figura 1. Zona de protección en edificios para la instalación de líneas eléctricas de baja tensión con conductores desnudos.

3.2.2. Separación mínima entre conductores desnudos y entre éstos y los muros o paredes de edificaciones

Las distancias (D) entre conductores desnudos de polaridades diferentes serán, como mínimo, las siguientes:

– En vanos hasta 4 metros 0,10 m
– En vanos de 4 a 6 metros 0,15 m
– En vanos de 6 a 30 metros 0,20 m
– En vanos de 30 a 50 metros 0,30 m

Para vanos mayores de 50 m se aplicará la fórmula $D = 0{,}55 \sqrt{F}$, en que (F) es la flecha máxima en metros.

En los apoyos en que se establezcan derivaciones, la distancia entre cada uno de los conductores derivados y los conductores de polaridad diferente de la línea de donde aquellos se deriven podrá disminuirse hasta un 50 por ciento de los valores indicados anteriormente, con un mínimo de 0,10 metros.

Los conductores colocados sobre apoyos sujetos a fachadas de edificios estarán distanciados de éstas 0,20 metros, como mínimo. Esta separación deberá aumentarse en función de los vanos, de forma que nunca pueda sobrepasarse la zona de protección señalada en el capítulo anterior, ni en el caso de los más fuertes vientos.

3.3. Empalmes y conexiones de conductores. Condiciones mecánicas y eléctricas de los mismos

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán utilizando piezas metálicas apropiadas, resistentes a la corrosión, y que aseguren un contacto eléctrico eficaz de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 por ciento de su carga de rotura. No es admisible realizar empalmes por soldadura o por torsión directa de los conductores.
En los empalmes y conexiones de conductores aislados, o de éstos con conductores desnudos, se utilizarán accesorios adecuados, resistentes a la acción de la intemperie y se colocarán de tal forma que eviten la penetración de la humedad en los conductores aislados.
Las derivaciones se conectarán en las proximidades de los soportes de línea, y no originarán tracción mecánica sobre la misma.
Con conductores de distinta naturaleza, se tomarán todas las precauciones necesarias para obviar los inconvenientes que se derivan de sus características especiales, evitando la corrosión electrolítica mediante piezas adecuadas.

3.4. Sección mínima del conductor neutro
Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución de la sección mínima del conductor neutro será:
a) Con dos o tres conductores, igual a la de los conductores de fase.
b) Con cuatro conductores, mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm^2 para cobre y 16 mm^2 para aluminio.
En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo AMELEC), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

3.5. Identificación del conductor neutro
El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos, se admite que no lleve identificación alguna cuando este conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

3.6. Continuidad del conductor neutro
El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:
a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
b) Uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

3.7. Puesta a tierra del neutro
El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en

el centro de transformación o central generadora de alimentación, en forma prevista el Reglamento sobre Condiciones Teóricas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN-C, el conductor neutro deberá estar puesto a tierra en otros puntos y, como mínimo, una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar esta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos de donde partan las derivaciones importantes.
Cuando, en los mencionados esquemas de distribución tipo, la puesta a tierra del neutro se efectúe en un apoyo de madera, los soportes metálicos de los aisladores correspondientes a los conductores de fase en este apoyo estarán unidos al conductor neutro.
En las redes de distribución privadas, con origen en centrales de generación propia para las que se prevea la puesta a tierra del neutro, se seguirá lo especificado anteriormente para las redes de distribución de las compañías eléctricas.

3.8. Instalación de apoyos
Los apoyos estarán consolidados por fundaciones adecuadas o bien directamente empotrados en el terreno, asegurando su estabilidad frente a las solicitaciones actuales y a la naturaleza del suelo. En su instalación deberán observarse:
1) Los postes de hormigón se colocarán en cimentaciones monolíticas de hormigón.
2) Los apoyos metálicos serán cimentados en macizos de hormigón o mediante otros procedimientos avalados por la técnica (pernos, etc). La cimentación deberá construirse de forma tal que facilite el deslizamiento del agua y cubra, cuando existan, las cabezas de los pernos.
3) Los postes de madera se colocarán directamente retacados en el suelo y no se empotrarán en macizos de hormigón. Se podrán fijar a bases metálicas o de hormigón por medio de elementos de unión apropiados que permitan su fácil sustitución, quedando el poste separado del suelo 0,15 m, como mínimo.

3.9. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos
Las líneas eléctricas aéreas deberán cumplir las condiciones señaladas en los apartados 3.9.1 y 3.9.2 de la presente Instrucción.

3.9.1 Cruzamientos
Las líneas deberán presentar, en lo que se refiere a los vanos de cruce con las vías e instalaciones que se señalan, las condiciones que para cada caso se indican.

3.9.1.1. Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión
De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta tensión, la línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de alta tensión.

La mínima distancia vertical “d” entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior, en metros a:

$$d \geq 1{,}5 + \frac{U + L1 + L2}{100}$$

donde:
U = Tensión nominal, en kV, de la línea de alta tensión.
L1 = Longitud, en metros, entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de alta tensión.
L2 = Longitud, en metros, entre punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea de baja tensión.
Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de la baja tensión tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o accesorios de sujección.
Podrán realizarse cruces sin que la línea de alta tensión reúna ninguna condición especial cuando la línea de baja tensión esté protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de alta tensión, en el caso que estos se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.
En caso de que, por circunstancias singulares, sea necesario que la línea de baja tensión cruce por encima de la de alta tensión, será preciso recabar autorización expresa del Organismo competente de la Administración, debiendo tener presentes, para realizar estos cruzamientos, todas las precauciones y criterios expuestos en el citado Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

3.9.1.2. Con otras líneas aéreas de BT

Cuando alguna de las líneas sea de conductores desnudos, establecidas en apoyos diferentes, la distancia entre conductores más próximos de las dos líneas será superior a 0,50 metros, y si el cruzamiento se realiza en apoyo común esta distancia será la señalada en el punto 3.2.2 para apoyos en derivación. Cuando las dos líneas sean aisladas podrán estar en contacto.

3.9.1.3. Con líneas aéreas de telecomunicación

Las líneas de baja tensión, con conductores desnudos, deberán cruzar por encima de las de telecomunicación. Excepcionalmente podrán cruzar por debajo, debiendo adoptarse en este caso una de las soluciones siguientes:
– Colocación entre las líneas de un dispositivo de protección formado por un haz de cables de acero, situado entre los conductores de ambas líneas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea de telecomunicación en el caso que se rompieran o desprendieran. Los cables de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra.
– Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para la línea de baja tensión.

– Empleo de conductores aislados para 0,6/1 kV en el vano de cruce para línea de telecomunicación.
Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas de baja tensión y los de las líneas de telecomunicación será de 1 metro. Si el cruce se efectúa sobre apoyos comunes, dicha distancia podrá reducirse a 0,50 metros.

3.9.1.4. Con carreteras y ferrocarriles sin electrificar
Los conductores tendrán una carga de rotura no inferior a 420 daN, admitiéndose en el caso de acometidas con conductores aislados que se reduzca dicho valor hasta 280 daN.
La altura mínima del conductor más bajo, en las condiciones de flecha más desfavorables, será de 6 metros.
Los conductores no representarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose durante la explotación, y por causa de reparación de la avería, la existencia de un empalme por vano.

3.9.1.5. Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses
La altura mínima de los conductores sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 metros.
Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trole o de otros elementos de toma de corriente que puedan, accidentalmente, separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el elemento de toma de corriente, no alcance, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, una separación inferior a 0,30 metros con los conductores de línea de baja tensión.

3.9.1.6. Con teleféricos y cables transportadores
Cuando la línea de baja tensión pase por encima, la distancia mínima entre los conductores y cualquier elemento de la instalación del teleférico será de 2 metros. Cuando la línea aérea de baja tensión pase por debajo, esta distancia no será inferior a 3 metros. Los apoyos adyacentes del teleférico correspondiente al cruce con la línea de baja tensión se pondrán a tierra.

3.9.1.7. Con ríos y canales navegables o flotantes
La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar será de: H = G + 1 m, donde (G) es el gálibo.
En caso de que no exista gábilo definido, se considerará éste igual a 6 metros.

3.9.1.8. Con antenas receptoras de radio y televisión
Los conductores de las líneas de baja tensión, cuando sean desnudos, deberán presentar, como mínimo, una distancia igual a 1 metro con respecto a la antena en sí, a sus tirantes y a sus conductores de bajada, cuando éstos no estén fijados a las paredes de manera que eviten el posible contacto con la línea de baja tensión.

Queda prohibida la utilización de los apoyos de sustentación de líneas de baja tensión para la fijación sobre los mismos de las antenas de radio o televisión, así como de los tirantes de las mismas.

3.9.1.9. Con canalizaciones de agua y gas

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de empalmes de las canalizaciones eléctricas, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Para líneas aéreas desnudas, la distancia mínima será 1 m.

3.9.2. Proximidades y paralelismos

3.9.2.1. Con líneas eléctricas aéreas de alta tensión

Se cumplirá lo dispuesto en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, para evitar la construcción de líneas paralelas con las de alta tensión a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos.

Se exceptúan de la prescripción anterior las líneas de acceso a centrales generadoras, estaciones transformadoras y centros de transformación. En estos casos se aplicará lo prescrito en los reglamentos aplicables a instalaciones de alta tensión. No obstante, en paralelismos con líneas de tensión igual o inferior a 66 kV no deberá existir una separación inferior a 2 metros entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, y de 3 metros para tensiones superiores.

Las líneas eléctricas de baja tensión podrán ir en los mismos apoyos que las de alta tensión cuando se cumplan las condiciones siguientes:

– Los conductores de la línea de alta tensión tendrán una carga de rotura mínima de 480 daN, e irán colocados por encima de los de baja tensión.

– La distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas será, por lo menos, igual a la separación de los conductores de la línea de alta tensión.

– En los apoyos comunes, deberá colocarse una indicación, situada entre las líneas de baja y alta tensión, que advierta al personal que ha de realizar trabajos en baja tensión de los peligros que supone la presencia de una línea de alta tensión en la parte superior.

– El aislamiento de la línea de baja tensión no será inferior al correspondiente de la puesta a tierra de la línea de alta tensión.

3.9.2.2. Con otras líneas de baja tensión o de telecomunicación

Cuando ambas líneas sean de conductores aislados, la distancia mínima será de 0,10 m.

Cuando cualquiera de las líneas sea de conductores desnudos, la distancia mínima será de 1 m. Si ambas líneas van sobre los mismos apoyos, la distancia mínima podrá reducirse a 0,50 m. El nivel de aislamiento de la línea

de telecomunicación será, al menos, igual al de la línea de baja tensión, de otra forma se considerará como línea de conductores desnudos.
Cuando el paralelismo sea entre líneas desnudas de baja tensión, las distancias mínimas son las establecidas en el apartado 3.2.2.

3.9.2.3. Con calles y carreteras
Las líneas aéreas con conductores desnudos podrán establecerse próximas a estas vías públicas, debiendo en su instalación mantener la distancia mínima de 6 m, cuando vuelen junto a las mismas en zonas o espacios de posible circulación rodada, y de 5 m en los demás casos. Cuando se trate de conductores aislados, esta distancia podrá reducirse a 4 metros cuando no vuelen junto a zonas o espacios de posible circulación rodada.

3.9.2.4. Con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses
La distancia horizontal de los conductores a la instalación de las líneas de contacto será de 1,5 m, como mínimo.

3.9.2.5. Con zonas de arbolado
Se utilizan preferentemente cables aislados en haz; cuando la línea sea de conductores desnudos deberán tomarse las medidas necesarias para que el árbol y sus ramas no lleguen a hacer contacto con dicha línea.

3.9.2.6. Con canalizaciones de agua
Las distancias mínimas entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua serán de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.
Se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

3.9.2.7. Con canalizaciones de gas
La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica o entre los cables desnudos y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m.
Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.
Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

4. INTENSIDADES ADMISIBLES POR LOS CONDUCTORES

4.1. Generalidades

Las intensidades máximas admisibles que figuran en los siguientes apartados de esta Instrucción se aplican a los cables aislados de tensión asignada de 0,6/1 kV y a los conductores desnudos utilizados en redes aéreas.

4.2. Cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible

Satisfarán las exigencias especificadas en UNE 21.030.

4.2.1. Intensidades máximas admisibles

En las tablas 3, 4 y 5 figuran las intensidades máximas admisibles en régimen permanente, para algunos de estos tipos de cables, utilizados en condiciones normales de instalación.

Se definen como condiciones normales de instalación las correspondientes a un solo cable, instalado al aire libre, y a una temperatura ambiente de 40 °C.

Para condiciones de instalación diferentes u otras variables a tener en cuenta, se aplicarán los factores de corrección definidos en el apartado 4.2.2.

4.2.1.1. Cables con neutro fiador de aleación de Aluminio-Magnesio-Sicilio (ALMELEC) para instalaciones de cables tensados

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C.

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima A
1·025 AL/54,6 Alm	110
1·050 AL/54,6 Alm	165
3·025 AL/54,6 Alm	100
3·050 Al/54,6 Alm	150
3·095 Al54,6 Alm	230
3·150 Al/80 Alm	305

4.2.1.2 Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados o tensados con fiador de acero

Tabla 4. Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C.

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 · 16 Al	73	81
2 · 25 Al	101	109
4 · 16 Al	67	72
4 · 25 Al	90	97
4 · 50 Al	133	144
3 · 95/50 Al	207	223
3 · 150/95 Al	277	301

Tabla 5. Intensidad máxima admisible en A a una temperatura ambiente de 40 °C

Número de conductores por sección mm²	Intensidad máxima en A	
	Posada sobre fachada	Tendida con fiador
2 · 10 Cu	77	85
4 · 10 Cu	65	72
4 · 16 Cu	86	95

4.2.2. Factores de corrección

4.2.2.1. Instalación expuesta directamente al sol

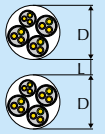
En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435.

4.2.2.2. Factores de corrección por agrupación de varios cables

En la tabla 6 figuran los factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables en haz al aire. Estos factores se aplican a cables separados entre sí, una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.
Para otras separaciones o agrupaciones, consultar la norma UNE 21.144-2-2.

Tabla 6. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz, instalados al aire

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75



1/4 D < L < D

A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

4.2.2.3. Factores de corrección para temperaturas diferentes a 40 °C

En la tabla 7 figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes a 40 °C.

Tabla 7. Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente

Temperatura °C	20	25	30	35	40	45	50
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

4.2.3. Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cables

En las tabla 8 y 9 se indican las intensidades de cortocircuito admisible, en función de los diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 8. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de aluminio

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

Tabla 9. Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de cobre

Sección del conductor mm²	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

4.3. Conductores desnudos de cobre y aluminio

Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente serán las obtenidas por aplicación de la tabla siguiente:

Tabla 10. Densidad de corriente en A/mm² para conductores desnudos al aire

Sección nominal mm²	Densidad de corriente A/mm²	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	–
16	7,6	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	–	2,90
150	–	2,70

4.4. Otros cables u otros sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable o composiciones, u otro sistema de instalación no contemplado en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberán consultarse las normas de la serie UNE 20.435, o calcularse según la norma UNE 21.144.

REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN. ITC-BT-07

1. CABLES

Los conductores de los cables, utilizados en las líneas subterráneas, serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores cuya distribución se haga, la sección mínima del conductor neutro será:

a) Con dos o tres conductores: iguales a la de los conductores de fase.

b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1.

Tabla 1. Sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores.

Conductores de fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)	Conductores de fase (mm^2)	Sección neutro (mm^2)
6 (Cu)	6	70	35
10 (Cu)	10	95	50
16 (Cu)	10	120	70
16 (Al)	16	150	70
25	16	185	95
35	16	240	120
50	25	300	150
		400	185

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1. Instalación de cables aislados

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en

la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán las calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto. Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las formas indicadas a continuación:

2.1.1. Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse disponiendo protecciones mecánicas suficientes, tales como las establecidas en el apartado 2.1.2. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el apartado 2.2 de la presente instrucción así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros. En la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

– El lecho de la zanja qua va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

– Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m y la parte superior del cable de 0,25 m.

– Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

2.1.2 En canalizaciones entubadas

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.3.4 de la RBT 19. No se instalarán más de un circuito por tubo. Se evitarán en lo posible los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan, y para facilitar las manipulaciones de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros

condicionantes viarios. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

2.1.3. En galerías

Se consideran los tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y donde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que correspondan.

2.1.3.1. Galerías visitables

Limitación de servicios existentes

Las galerías visitables se usarán preferentemente para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas. Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque, en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

Condiciones generales

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad, y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C.

Los suelos de las galerías serán antideslizantes y deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.
Las empresas utilizadoras tomarán las disposiciones oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

Disposición e identificación de los cables
Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agrupados por tensiones (por ejemplo, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión).
Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás.
Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.
Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a la que pertenecen.

Sujeción de los cables
Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos electrodinámicos que pueden presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.
Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujeción, así como su separación.
En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase con respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo.

Equipotencialidad de masas metálicas accesibles
Todos los elementos metálicos para la sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería.

Galerías de longitud superior a 400 m
Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

a) iluminación fija interior;
b) instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm;
c) indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas;
d) accesos de personas cada 400 m como máximo;
e) alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores;
f) tabiques de sectorización contra incendios (RF120) según NBE-CPI-96;
g) puertas cortafuegos (RF90) según NBE-GPI-96;

2.1.3.2. Galerías o zanjas registrables

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua, si se puede asegurar que, en caso de fuga, el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en que en un cuerpo se dispone de una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación y en el otro cuerpo estanco, respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de baja tensión, de alta tensión, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).
Las condiciones de seguridad más destacables que debe cumplir este tipo de instalación son:
– estanqueidad de los cierres, y
– buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

2.1.4. En atarjeas o canales registrables

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.
Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso puede ser preferible utilizar canales distintos.
El canal debe permitir la renovación del aire. Sin embargo, si hay canalizaciones de gas cercanas al canal, existe el riesgo de explosión ocasionado por eventuales fugas de gas que lleguen al canal. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

2.1.5. En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared

Normalmente este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de edificios, no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido a personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

2.1.6. Circuitos con cable en paralelo

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

– emplear conductores del mismo material, sección y longitud;

– los cables se agruparán en ternas dispuestas al tresbolillo, en uno o varios niveles;

– cables al tresbolillo RST, TSR, RST;

– cables en tres planos: un nivel RST, TSR, RST. Varios RST, TSR.

2.2. Condiciones generales para cruzamiento, proximidades y paralelismo

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos competentes, como consecuencia de disposiciones legales cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de baja tensión.

Los requisitos señalados en este punto no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. En estos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, se deberán aplicar los factores de corrección definidos en el apartado 3.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topo” de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria.

2.2.1. Cruzamiento

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

Calles y carreteras

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores; conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurran por encima de los de alta tensión.
La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.
Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

Canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.
La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y cana-

lizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior de 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas, según lo prescrito en el apartado 2.1.2, y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 1,5 m por cada extremo.

2.2.2. Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.

Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se

dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

Canalizaciones de gas

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal. Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

2.2.3. Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada, según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

2.3. Puestas a tierra y continuidad del neutro

La puesta a tierra y continuidad del neutro se atendrá a lo establecido en los capítulos 3.6 y 3.7 de la ITC-BT-06.

3. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

3.1. Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables.

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la norma UNE 20.435.

En la tabla 2 se dan la temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.

En las tablas 3, 4 y 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1; en las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.1; en las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

En las tablas 10, 11 y 12 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables, en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el apartado 3.1.4.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.4.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan, tablas 13 a 15. Dichos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

3.1.1. Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas y químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla 2 se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables aislados con aislamiento seco.

Tabla 2. Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor.

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente Qs	Cortocircuito t i 5s
Policloruro de vinilo (PVC)		
S ⩽ 300 mm²	70	160
S > 300 mm²	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno propileno (EPR)	90	250

3.1.2 Condiciones de instalación enterrada

3.1.2.1 Condiciones tipo de instalación enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará la siguiente instalación tipo:

Un solo cable tri o tetrapolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 k·m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad, de 25 °C.

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro de cobre, en instalación enterrada (servicio permanente)

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad
3 · 50 Al + 16 Cu	50	160
3 · 95 Al + 30 Cu	95	235
3 · 150 Al + 50 Cu	150	305
3 · 240 Al + 80 Cu	240	395

– Temperatura máxima en el conductor: 90 °C
– Temperatura del terreno: 25 °C
– Profundidad de instalación: 0,70 m.
– Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W.

Tabla 4. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)

Sección nominal mm^2	Terna de cables (1)			1 Cable tripolar			2 Cables unipolares			1 Cable tripolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76	144	140	125	117	115	97
25	125	120	110	115	110	98	187	179	160	148	144	129
35	150	145	130	140	135	120	226	218	191	179	176	152
50	180	175	155	165	160	140	261	254	222	211	203	179
70	220	215	190	205	220	170	324	312	277	254	246	218
95	260	255	225	240	235	210	390	374	331	300	293	265
120	295	290	260	275	270	235	441	425	378	343	335	300
150	330	325	290	310	305	265	491	476	425	385	374	335
185	375	365	325	350	345	300	558	538	476	433	421	374
240	430	420	380	405	395	350	647	624	554	495	488	433
300	485	475	430	460	445	395	729	702	624	562	550	491
400	550	540	480	520	500	445	827	800	710	636	624	554
500	615	605	525	–	–	–	917	825	792	–	–	–
630	690	680	600	–	–	–	1053	1026	909	–	–	–

Tipo de aislamiento:
XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
Temperatura del terreno: 25 °C.
Profundidad de instalación: 0,70 m.
Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W
(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre e instalación enterrada (servicio permanente)

Sección nominal mm²	Terna de cables (1)			1 Cable tripolar			2 Cables unipolares			1 Cable tripolar		
												
	Tipo de aislamiento											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56	105	103	90	86	84	75
10	96	94	85	88	85	75	140	135	120	115	112	98
16	125	120	110	115	110	97	185	180	160	150	148	125
25	160	155	140	150	140	125	240	230	205	190	185	165
35	190	185	170	180	175	150	290	280	245	230	225	195
50	230	225	200	215	205	180	335	325	285	270	260	230
70	280	270	245	260	250	220	415	400	355	325	315	280
95	335	325	290	310	305	265	500	480	425	385	375	340
120	380	375	335	355	350	305	565	545	485	440	430	385
150	425	415	370	400	390	340	630	610	545	495	480	385
185	480	470	420	450	440	385	715	690	610	555	540	480
240	550	540	485	520	505	445	830	800	710	635	625	555
300	620	610	550	590	565	505	935	900	800	720	705	630
400	705	690	615	665	645	570	1060	1025	910	815	800	710
500	790	775	685	–	–	–	1175	1135	1015	–	–	–
630	885	870	770	–	–	–	1350	1315	1165	–	–	–

Tipo de aislamiento:
XLPE Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
EPR Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (Servicio permanente).
PVC Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (Servicio permanente).
Temperatura del terreno: 25 °C.
Profundidad de instalación: 0,70 m.
Resistividad térmica del terreno: 1 k·m/W
(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

3.1.2.2. Condiciones especiales de instalación enterrada y factores de corrección de intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en los apartados 2.1.1 y 3.1.2.1, deberán corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los factores de corrección a aplicar.

3.1.2.2.1. Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25 °C

En la tabla 6 se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del terreno θt distintas de 25 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θs, de la tabla 2.

Tabla 6. Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25 °C

Temperatura de servicio θs (°C)	Temperatura del terreno, θt, en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

3.1.2.2.2. Cables enterrados directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 k·m/W

En la tabla 7 se indican para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla 7. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1 k·m/W

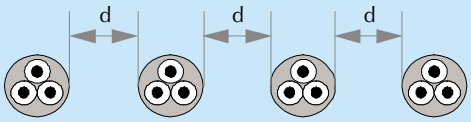
Tipo de cable	Resestividad térmica del terreno, en k. m/W										
	0,80	0,85	0,90	1	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

3.1.2.2.3. Cables tri o tetrapolares o ternos de cables unipolares agrupados bajo tierra

En la tabla 8 se indican factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de unipolares y la distancia entre ellos.

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternos	N.º de cables o ternos de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
d = 0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



3.1.2.2.4. Cables enterrados en zanjas a diferentes profundidades

En la tabla 9 se indican los factores de corrección que debe aplicarse para profundidades de instalación distintas de 0,70 m.

Tabla 9. Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,90	0,98	0,97	0,95

3.1.3. Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 3.1.2, además de lo indicado a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

3.1.3.1. Canalizaciones bajo tubos de corta longitud: se entiende por corta longitud instalaciones que no superen los 15 m

En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

3.1.3.2. Otras canalizaciones entubadas

En el caso de una línea con cable tripolar o con un terno de cables unipolares en el interior del mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable, según esté colocado en un tubo central o periférico.
Cada caso deberá estudiarse individualmente.

3.1.4. Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales registables)

3.1.4.1. Condiciones tipo de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, etc.)

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considera la siguiente instalación tipo:
Un sólo cable tripolar o tetrapolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura del medio ambiente de 40 °C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

Tabla 10. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente, para cables tetrapolares con conductores de aluminio y con conductor neutro de cobre, en instalación al aire en galerías ventiladas

Cables	Sección nominal de los conductores (mm^2)	Intensidad
3 · 50 Al + 16 Cu	50	125
3 · 95 Al + 30 Cu	95	195
3 · 150 Al + 50 Cu	150	260
3 · 240 Al + 80 Cu	240	360

– Temperatura máxima en el conductor: 90 °C.
– Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

Tabla 11. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables conductores de aluminio en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares 			1 cable trifásico 		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	–	–	–
630	950	915	765	–	–	–

– Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

Tabla 12. Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40 °C)

Sección nominal mm².	Tres cables unipolares 			1 cable trifásico 		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	–	–	–
630	950	915	765	–	–	–

– Temperatura del aire ambiente: 40 °C.
– Un cable trifásico al aire o un conjunto (terno) de cables unipolares en contacto mutuo.
– Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
(1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

3.1.4.2. Condiciones especiales de instalación al aire en galerías ventiladas y factores de corrección de la intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas cuyas características se han especificado en el apartado 3.1.4, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 2. A continuación se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

3.1.4.2.1. Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta a 40 °C

En la tabla 13 se indican los factores de corrección F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente, θa, distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio θs en la tabla 2.

Tabla 13. Coeficiente de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40 °C

Temperatura de servicio θs (°C)	Temperatura del terreno, θt, en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77
70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,81	0,71	0,58

El factor de corrección para otras temperaturas, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \frac{\theta s - \theta a}{\theta s - 40^{\circ}}$$

3.1.4.2.2. Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas

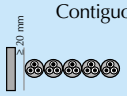
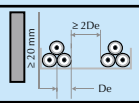
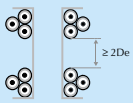
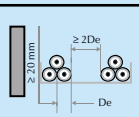
Se observa que en ciertas condiciones de instalaciones (en canalillos, galerías pequeñas, etc...), en los que no hay una eficaz renovación de aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.

La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso como una estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que el incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 k. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla 13.

3.1.4.2.3. Grupos de cables instalados al aire

En las tablas 14 y 15 se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares en función del tipo de instalación y número de circuitos.

Tabla 14. Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Tipo de instalación		N.º de bandejas	N.º de circuitos trifásicos (2) para			A utilizar (1)
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)	Contiguos 	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,00	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)	Contiguos 	1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	–	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	Contiguos 	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

Notas:

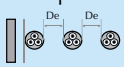
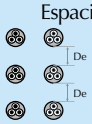
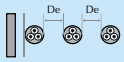
(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.

(2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.

(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla 15. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo de instalación		N.º de circuitos trifásicos (1)						
		N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (2)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	–
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–
Bandejas verticales perforadas (3)	Contiguos 	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
	Espaciados 	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	–
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	–
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	Contiguos 	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	Espaciados 	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	–
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	–
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	–

Notas:
(1) Incluye además el conductor neutro, si existe.
(2) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
(3) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

3.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 16 y 17 se indican las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de aluminio y de cobre de los cables aislados con diferentes materiales, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Tabla 16. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de aluminio

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	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
S ⩽ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
S > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla 17. Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre

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									
S ⩽ 300 mm²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
S > 300 mm²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

3.3. Otros cables o sistemas de instalación

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplados en esta instrucción, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20435 o calcularse según la norma UNE 21144.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

En esta instrucción existen unos apartados que quedan desarrollados en otros capítulos y, por tanto, el texto del reglamento lo incorporamos a dichos capítulos:
2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen.
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y 2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen.
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen.
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen.
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del quinto volumen, pág. 01. Ambito de aplicación.

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta Instrucción se entienden a las instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del articulo 2 y con tensión asignada dentro de los márgenes de tensión fijados en el artículo 4 del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

2.1. Regla general

La determinación de las características de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la norma UNE 20.460-3.

2.2. Conductores activos

2.2.1. Naturaleza de los conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT-20.

2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión

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, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída

de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.
Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.
El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y, en su defecto, con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas, cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será, como mínimo, igual a la de la fases.

2.2.3. Intensidades máximas admisibles

Las intensidades máximas admisibles se regirán en su totalidad por lo indicado en la norma UNE 20.460-5-523 y su anexo nacional.
En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40 °C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la norma UNE.20.460-5-523.

2.2.4. Identificación de conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respeta 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 o negro.
Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

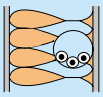
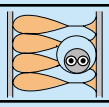
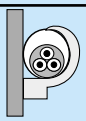
2.3. Conductores de protección

2.3. Conductores de protección en el capítulo F5 de este volumen

2.4. Subdivisión 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

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

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(2) en montajes superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos(2) en montaje superficicial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre muro(3					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre(4 Distancia al muro no inferior a 0,3 De(5						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo(4 Distancia al muro no inferior a 0,3 De(5							3x PVC			3x XLPE o EPR(1	
G		Cables unipolares separados un mínimo de De(5									3x PVC(1		3x XLPE o EPR

	mm²	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		94	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

1) A partir de 25 mm² de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones-canales y conductos de sección no circular.
3) = en bandeja no perforada
4) O en bandeja perforada.
5) D es el diámetro del cable.

partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, 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 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 podría resultar del fallo de un sólo circuito que pudiera dividirse como, por ejemplo, si solo hay un circuito de alumbrado.

2.5. Equilibrado de cargas
Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

2.6. Posibilidad de separación de la alimentación
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación y
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga, en el capítulo H2 del segundo volumen

2.8. Medidas de protección contra contacto directos o indirectos
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos, en el capítulo G del segundo volumen

2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, en capítulo B de este volumen

2.10. Bases de toma de corriente
2.10. Bases de toma de corriente, en el capítulo L6-3 "Instalaciones eléctricas para viviendas" del quinto volumen; pág. 01. Ambito de aplicación

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. SISTEMAS DE INSTALACIÓN. ITC-BT-20

1. GENERALIDADES

Los sistemas de instalación que se describen en esta Instrucción Técnica deberán tener en consideración los principios fundamentales de la norma UNE 20.460-5-52.

2. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se realizará escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE 20.460-5-52.

2.1. Prescripciones generales

Circuitos de potencia

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Separación de circuitos

No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:
– que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable;
– que los cables estén aislados para su tensión e instalados en un compartimento separado de un conducto o de una canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

2.1.1. Disposiciones

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.
Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.
Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o hueco de la construcción, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
a) La protección contra contactos indirectos estará asegurada por alguno de los sistemas señalados en la Instrucción ITC-BT-24, considerando a las conducciones no eléctricas, cuando sean metálicas, como elementos conductores.
b) Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones y, especialmente, se tendrá en cuenta:
– La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
– La condensación.

– La inundación por avería de una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación.
– La corrosión por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo.
– La explosión por avería en una conducción que contenga un líquido inflamable.
– La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto.

2.1.2. Accesibilidad
Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimientos.

2.1.3. Identificación
Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc. Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.
Las canalizaciones pueden considerarse suficientemente diferenciadas unas de otras, bien por la naturaleza o por el tipo de los conductores que la componen, o bien por sus dimensiones o por su trazado. Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indelebles y legibles.

2.2. Condiciones particulares
Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla 1, siempre y cuando las influencias externas estén de acuerdo con las prescripciones de las normas de canalizaciones correspondientes. Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 2.

2.2.1. Cables aislados bajo tubos protectores
Este tipo de canalización podrá colocarse directamente sobre paredes o techos en montaje superficial, o bien empotrada en los mismos.
Los cables utilizados serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V y los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21.

2.2.2. Cables aislados fijados directamente sobre paredes
Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones nominales no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20.460-5-52.

Tabla 1. Elección de las canalizaciones

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Cables con fiador
Conductores desnudos			–	–	–	–	–	–	+
Conductores aislados		–	–	+	*	+	–	*	–
Cables con cubierta (incluidos cables armados y con aislamiento mineral)	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X 0 IP XXD.

Tabla 2. Situación de las canalizaciones

Situaciones		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas cluidas canales les de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Cables con fiador
Huecos de la construcción	Accesibles	+	+	+	+	+	+	–	0
	No accesibles	+	0	+	0	+	0	–	–
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	–	–
Enterrados		+	0	+	–	+	0	–	–
Empotrados en la estructura		+	+	+	+	+	0	–	–
En montaje superficial		–	+	+	+	+	+	+	–
Aéreo		–	–	(*)	+	–	+	+	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : No se utiliza en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:
– Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
– Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,4 metros.
– Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso

de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
– Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y, salvo prescripción en contra fijada en la norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
– Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
– Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.1 de la presente instrucción. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.8 de la presente instrucción.
– Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
– Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta esté protegida adecuadamente contra la corrosión.
– Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento de la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.2.3. Cables aislados enterrados
Las condiciones para estas canalizaciones se establecerán de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

2.2.4. Cables aislados directamente, empotrados en estructuras
Para estas canalizaciones son necesarios cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de –5 °C y 90 °C respectivamente (por ejemplo, con polietileno reticulado o etileno-propileno).

2.2.5. Cables aéreos
Los cables aéreos no cubiertos en 2.2.2 cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06.

2.2.6. Cables aislados en el interior de huecos de la construcción

Estas canalizaciones están constituidas por cables colocados en el interior de huecos de la construcción, según UNE 20.460-5-52. Los cables utilizados serán de tensión nominal no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción, admisibles para estas canalizaciones, podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos, o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire. En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones. Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastantes alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre, no superior a 3 metros, quede dentro de los límites admisibles. Se tendrá en cuenta al disponer de puntos de fijación que no debe quedar comprometida ésta, cuando se suelten los bornes de conexión especialmente en recorridos verticales y se trate de bornes que están en su parte superior.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

Cuando no se tomen las medidas para evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

2.2.7. Cables aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar

conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21 En las canales protectoras de grado de protección a IP 4X o clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50.085-1, solo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

2.2.8. Cables aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos.

Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras podrán ser reemplazadas por guarniciones de puertas, astrágalos o rodapiés ranurados, siempre que cumplan las condiciones impuestas para las primeras.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

– Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.

– La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm^2 serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

– Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.

– Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.

– En caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.

– Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o, preferentemente, un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo, de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

– Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.

– Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.

– Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

2.2.9. Cables aislados en bandejas o soporte de bandejas
Sólo se utilizarán cables aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares, según norma UNE 20.460-5-52.

2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas
Deberán tener un grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren.
Las canalizaciones prefabricadas para iluminación deberán ser conformes con las especificaciones de las normas de las serie UNE EN 60.570.
Las características de las canalizaciones de uso general deberán ser conformes con las especificaciones de la norma UNE EN 60.439-2.

3. PASO A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:
– En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.
– Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.
– Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior, se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.
– En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.
– Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conformes a la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT-21. Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivos equivalentes, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que este último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio o porcelanas, o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica. No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.

– Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalizaciones de que se trate.
– Los pasos con cables aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
– En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo con una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso.
Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

1. TUBOS PROTECTORES

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21

1.1. Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:
– Tubo y accesorios metálicos.
– Tubo y accesorios no metálicos.
– Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).
Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
UNE EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos
UNE EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables
UNE EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles
UNE EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.
Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.
La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.
Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada, utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE EN 50.086-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.
En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego, considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

1.2.1. Tubos en canalizaciones fijasen superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en los casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2	Rígido/curvable
Propiedades dieléctricas	1 - 2	Continuidad eléctrica/ aislante
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

El cumplimiento de estas características se realizarán según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos y UNE-EN 50.086-2-2, para tubos curvables.
Los tubos deberán tener un diámetro tal, que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 2. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	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	35
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	–	–	

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes, a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra, y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón.
La canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas

Características	Código	Grado
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C[1]
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades dieléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia ala propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

[1] Para canalizaciones precableadas ordinarias empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 °C.

El cumplimiento de las características indicadas en las tablas 3 y 4 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086-2-1, para tubos rígidos 50.086-2-2, para tubos curvables y UNE-EN 50.086-2-3, para tubos flexibles. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 5 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 5. Diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	–
150	50	63	75	–	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 6.
Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductores superiores a 16 mm².

Tabla 6. Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1 - 2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D > 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°

Características	Código	Grado
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana, exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagaciónde la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-3. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 7 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 7. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

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
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086-2-4 y sus características mínimas serán para las instalaciones ordinarias las indicadas en la tabla 8.

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N /450 N /750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2 3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D ≥ 1 mm

Características	Código	Grado
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:
NA : No aplicable
(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado ligero; para tubos en el suelo ligero aplica 450 N y grado normal; para tubos en el suelo pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras como, por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas como, por ejemplo, calzadas y vías férreas.
El cumplimiento de estas características se realiza según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50.086-2-4.
Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 9 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	⩽ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo,

su sección interior será, como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

2. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y, en su defecto, lo prescrito en la norma UNE 20.460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

2.1. Prescripciones generales

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

– Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

– Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

– Las curvas 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 UNE-EN 50.086-2-2.

– Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos, y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

– Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

– Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas del 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, como 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 ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes 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. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores, aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60.998.

– Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bornes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.

– En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades 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" en la que uno de los brazos no se emplea.

– Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

– No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

– Para la colocación de los conductores, se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.

– A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

• Pantallas de protección calorífuga.
• Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
• Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
• Modificación del material aislante a emplear.

2.2. Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial, se tendrán en cuenta además las siguientes prescripciones:

– Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

– Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
– En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
– Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
– En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros, aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

2.3. Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:
– En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
– No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
– Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
– En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Elementos constructivos	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo	Sí	X	Si	
ladrillo hueco, siendo el n.º de huecos en sentido transversal:				
– uno	Sí	X	Sí	Unicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm. La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco de ladrillo.
– dos o tres	Sí	X	Sí	La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco por ladrillo. No se colocarán los tubos en diagonal.
– más de tres	Sí	X	Sí	
bloques macizos de hormigón	Sí	X	X	
bloques huecos de hormigón	Sí	X	No	
hormigón en masa	Sí	Sí	X	
hormigón armado	Sí	Sí	X	
Forjados:				
placas de hormigón	Sí	Sí	No	
forjados con nervios	Sí	Sí	No	
forjados con nervios y elementos de relleno	Sí	Sí	No (**)	
forjados con viguetas y bovedillas	Sí	Sí	No (**)	(**) Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en el hueco longitudinal del mismo.
forjados con viguetas y tableros y revoltón	Sí	Sí	No (**)	
de rasilla	Sí	Sí	No	

X: Difícilmente aplicable en la práctica.
(*): Tubos blindados únicamente.

– Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
– En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer de recorridos horizontales a 50 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.4. Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde

canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones: la longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros. Se presentará especial atención para que las características de la instalación, establecidas en la tabla 6, se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3. CANALES PROTECTORAS

3.1. Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la ITC-BT-01 "Terminología".

Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50.085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

En las canales protectoras de grado IP 4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50.085-1, se podrá:

a) Utilizar cable aislado sin cubierta, de tensión asignada 450/750 V.

b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP 4X o, clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50.085-1, sólo podrá utilizarse cable aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

3.2. Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la tabla 11.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.085.

El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.

Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, 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.

Tabla 11. Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	⩽ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	–5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1. Prescripciones generales

– La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20.460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
– 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.
– No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
– La tapa de las canales quedará siempre accesible.