



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE ENERGÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE
POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS

Guía de aplicación de la ITC 13 del Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería.





DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS. MINISTERIO DE INDUSTRIA,
ENERGÍA Y TURISMO. GOBIERNO DE ESPAÑA.

NIPO: 070-16-009-3.

La finalidad de esta Guía es su máxima utilización y difusión. No obstante, debe mencionarse explícitamente la Guía como fuente de cualquier información contenida en la misma que se utilice en acciones formativas, divulgativas o de otro tipo.



ÍNDICE

1.	OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	6
2.	CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS PELIGROSAS	9
2.1.	PROCEDIMIENTO	9
2.1.1.	Determinación inicial de zonas clasificadas, identificación de la existencia de exposición directa 10	
2.1.2.	Extensión de zonas clasificadas, identificación de la existencia de barreras físicas.....	10
2.1.3.	Extensión de zonas clasificadas, determinación del estado de la materia	11
2.2.	EJEMPLOS	14
2.2.1.	Caseta abierta con bombos de mezcla y/o grajeado abiertos	14
2.2.2.	Caseta abierta de grajeado y/o mezcla en bombos cerrados.....	16
2.2.3.	Locales de prensado de materias compartimentados	17
2.2.4.	Locales de mezcla o carga manual de mezclas no conformadas	19
2.2.5.	Locales de elaboración manual de productos a partir de mezclas conformadas	20
2.2.6.	Locales de elaboración manual de productos a partir de intermedios y locales de terminación de productos	21
2.2.7.	Locales de almacenamiento de productos en polvo con exposición directa de materias pirotécnicas sin barreras	22
2.2.8.	Locales de almacenamiento de productos en polvo con exposición directa de materias pirotécnicas con barreras físicas.....	23
2.2.9.	Locales de almacenamiento de productos terminados no embalado (con exposición directa, por ejemplo mechas)	24
2.2.10.	Locales de almacenamiento productos terminados embalados (sin exposición directa)	25
2.2.11.	Secaderos	26
2.2.12.	Exclusiones	27
3.	REQUISITOS GENERALES	28
3.1.	RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	30
3.2.	TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EQUIPOS	33
3.2.1.	Ensayo UNE 31017	34
3.2.2.	Selección del material eléctrico	35
3.3.	EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONAS CLASIFICADAS	36
3.3.1.	Encapsulado “m”:	38
3.3.2.	Seguridad intrínseca “i”:	39
3.3.3.	Modo de protección “t”:	42
3.3.4.	Modo de protección “pD”:	42
3.3.5.	Descripción del marcado	44



3.4.	MÁQUINAS ROTATIVAS	46
4.	REQUISITOS PARTICULARES DE LOS EQUIPOS PARA ZONAS Z0	54
4.1.	EQUIPOS ELÉCTRICOS	54
4.2.	CALEFACCIÓN ELÉCTRICA.....	55
4.3.	TOMAS DE CORRIENTE Y PROLONGADORES.....	55
5.	REQUISITOS PARTICULARES DE LOS EQUIPOS PARA ZONAS Z1	56
5.1.	CALEFACCIÓN ELÉCTRICA.....	56
5.2.	TOMAS DE CORRIENTE Y PROLONGADORES.....	56
6.	REQUISITOS PARTICULARES DE LAS INSTALACIONES EN ZONAS PELIGROSAS.....	58
6.1.	UNIÓN EQUIPOTENCIAL SUPLEMENTARIA	58
6.1.1.	Concepto y función.....	58
6.1.2.	Conductores de equipotencialidad	58
6.1.3.	Requisitos particulares en zonas peligrosas (Z0, Z1 y Z2).....	59
6.2.	LIMITACIÓN DE CORRIENTES DE DEFECTO A TIERRA	60
6.2.1.	Esquema TN.....	61
6.2.2.	Esquema TT	66
6.2.3.	Esquema IT	68
6.2.4.	Sistemas MBTS y MBTP	71
6.3.	AISLAMIENTO ELÉCTRICO.....	76
6.4.	SEPARACIÓN ELÉCTRICA.....	76
6.4.1.	Concepto y generalidades.....	76
6.4.2.	Requisitos para la protección principal.....	77
6.4.3.	Requisitos para la protección en caso de falta	79
6.5.	PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA.....	80
6.5.1.	Concepto	81
6.5.2.	Generación de electricidad estática	81
6.5.3.	Descargas producidas por los trabajadores.....	83
6.5.4.	Medidas preventivas.....	84
6.5.5.	Recomendaciones generales.....	92
6.6.	PROTECCIÓN CATÓDICA DE PARTES METÁLICAS	93
6.6.1.	Concepto	94
6.7.	CABLEADO SEGURIDAD INTRÍNSECA	94
6.7.1.	Requisitos de la norma UNE EN 60079-14.....	94
6.7.2.	Requisitos de la norma UNE EN 60079-25.....	99
6.8.	ENTRADA DE CABLES A RECEPTORES.....	101



6.9.	REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES FIJAS: OPCIÓN I.....	103
6.10.	REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES FIJAS: OPCIONES II Y III	113
6.10.1.	Requisitos de los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica según UNE-EN: 60702-1	113
6.10.2.	Requisitos de los cables. UNE 21123	118
6.10.3.	Cables recomendados según la guía de REBT. (ITC 29).....	119
6.11.	REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES MÓVILES.....	123
6.12.	REQUISITOS DE LOS CONDUCTOS.....	124
6.12.1.	Tubos.....	125
6.12.2.	Canales protectores	126
6.12.3.	Bandejas portacables	127
6.12.4.	Requisitos de tubos y canalizaciones en zonas no clasificadas	128
6.12.5.	Tubos en zonas no clasificadas	129
6.12.6.	Tubos en canalizaciones fijas en superficies	131
6.12.7.	Tubos en canalizaciones empotradas.....	134
6.12.8.	Tubos enterrados	138
6.12.9.	Instalación y colocación de los tubos	143
6.12.10.	Canalizaciones en zonas no clasificadas.....	148
6.13.	Métodos específicos de cableado no autorizados en zonas Z0 y Z1	152
7.	ADECUACIÓN DE EQUIPOS	152
ANEXO A:	LUMINARIAS	154
A.1.	Requisitos generales de los receptores de alumbrado	154
A.2.	Condiciones de instalación de los receptores para alumbrado	155
A.3.	Condición para los prensaestopas y conectores de tubo	156
A.4.	Luminarias de exterior	158
ANEXO B:	OTROS ELEMENTOS ELÉCTRICOS	164
B.1.	Cuadro general de distribución	164
B.2.	Bases de toma de corriente	166
B.3.	Receptores en baja tensión	167
B.4.	Puesta a tierra.....	169
ANEXO C:	INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES	172
C.1.	Clasificación de los defectos	172
C.2.	Inspección visual	174
C.3.	Inspección mediante mediciones	174
C.4.	Lista de verificación práctica.....	175



BIBLIOGRAFÍA.....	196
-------------------	-----



1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta ITC tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir los elementos constitutivos de las instalaciones eléctricas empleados en las actividades del Reglamento de artificios pirotécnicos y cartuchería en las que estén presentes o puedan presentarse materias reglamentadas, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes y asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones.

Para los equipos e instalaciones eléctricas ubicados en aquellas zonas que no estén clasificadas como zonas peligrosas (Z0, Z1 o Z2) en el apartado siguiente, serán de aplicación los requisitos técnicos establecidos en la reglamentación vigente aplicable, y en particular por el Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. En este sentido, no será exigible la inspección por parte de un organismo de control autorizado (OCA) establecida en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.

En cuanto a las condiciones técnicas de los equipos e instalaciones eléctricas no descritas en esta guía, será de aplicación igualmente lo dispuesto en el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

La ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas se regirán por lo dispuesto en el artículo 18 del Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT).

En las zonas donde están presentes o puedan presentarse materias reglamentadas se aplicará la ITC 13 del Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería, mientras que en las zonas donde no estén presentes dichas materias, será de aplicación lo establecido en el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

A continuación, se detallan algunos ejemplos de zonas donde se presentan o pueden presentarse materias reglamentadas:

- Locales de finalización de artículos
- Almacenes de producto terminado
- Locales de montaje de espectáculos



- Locales de elaboración de mezclas
- Establecimientos de venta

Las zonas donde no están presentes las materias reglamentadas son:

- Edificio donde se instale el cuadro principal de distribución
- Almacenes de inertes
- Oficinas
- Aseos, vestuarios y comedores

La ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas seguirá el procedimiento establecido en el artículo 18 del REBT, que eliminando las referencias a organismos de control indica lo siguiente:

1. Según lo establecido en el artículo 12.3. de la Ley 21/1992, de Industria, la puesta en servicio y utilización de las instalaciones eléctricas se condiciona al siguiente procedimiento:
 - Deberá elaborarse, previamente a la ejecución, una documentación técnica que defina las características de la instalación y que, en función de sus características, según determine la correspondiente ITC, revestirá la forma de proyecto o memoria técnica.
 - La instalación deberá verificarse por el instalador, con la supervisión del director de obra, en su caso, a fin de comprobar la correcta ejecución y funcionamiento seguro de la misma.
 - A la terminación de la instalación y realizadas las verificaciones pertinentes y, en su caso, la inspección inicial, el instalador autorizado ejecutor de la instalación emitirá un certificado de instalación, en el que se hará constar que la misma se ha realizado de conformidad con lo establecido en el Reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias y de acuerdo con la documentación técnica. En su caso, identificará y justificará las variaciones que en la ejecución se hayan producido con relación a lo previsto en dicha documentación.
 - El certificado, junto con la documentación técnica y, en su caso, el certificado de dirección de obra y el de inspección inicial, deberá depositarse ante el órgano



competente de la Comunidad Autónoma, con objeto de registrar la referida instalación, recibiendo las copias diligenciadas necesarias para la constancia de cada interesado y solicitud de suministro de energía. Las Administraciones competentes deberán facilitar que estas documentaciones puedan ser presentadas y registradas por procedimientos informáticos o telemáticos.

2. Las instalaciones eléctricas deberán ser realizadas únicamente por instaladores autorizados.
3. La empresa suministradora no podrá conectar la instalación receptora a la red de distribución si no se le entrega la copia correspondiente del certificado de instalación debidamente diligenciado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
4. No obstante lo indicado en el apartado precedente, cuando existan circunstancias objetivas por las cuales sea preciso contar con el suministro de energía eléctrica antes de poder culminar la tramitación administrativa de las instalaciones, dichas circunstancias, debidamente justificadas y acompañadas de las garantías para el mantenimiento de la seguridad de las personas y bienes y de la no perturbación de otras instalaciones o equipos y deberán ser expuestas ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, la cual podrá autorizar, mediante resolución motivada, el suministro provisional para atender estrictamente aquellas necesidades.
5. En caso de instalaciones temporales (congresos y exposiciones, con distintos stands, ferias ambulantes, festejos, verbenas, etc.), el órgano competente de la Comunidad podrá admitir que la tramitación de las distintas instalaciones parciales se realice de manera conjunta. De la misma manera, podrá aceptarse que se sustituya la documentación técnica por una declaración, diligenciada la primera vez por la Administración, en el supuesto de instalaciones realizadas sistemáticamente de forma repetitiva.



2. CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS PELIGROSAS

De conformidad con lo establecido en la Instrucción técnica complementaria número 14 del Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería, el empresario titular deberá identificar todas las zonas con peligro de explosión existentes en el centro de trabajo. Para ello, deberá clasificar en zonas los lugares donde las materias reglamentadas vayan a encontrarse expuestas, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Zonas Z0: aquellas áreas de proceso en las que la materia o mezcla explosiva se encuentra expuesta de manera permanente, frecuentemente o por largos periodos.
- Zonas Z1: aquellas áreas de proceso o almacenamiento en las que la materia reglamentada es probable que se encuentre expuesta ocasionalmente en funcionamiento normal.
- Zonas Z2: aquellas áreas de proceso o almacenamiento en las que la materia reglamentada es poco probable que se encuentre expuesta en funcionamiento normal, y si lo hace, es durante un corto periodo de tiempo.

Se considera que la materia reglamentada se encuentra expuesta cuando presenta una exposición directa a una posible fuente de ignición, e incluye el polvo en suspensión o el posible polvo que pueda desprenderse de cualquier material, objeto o artículo pirotécnico.

En un mismo local o área peligrosa pueden coexistir diferentes zonas (Z0, Z1 y Z2) e incluso zona no clasificada (no peligrosa).

2.1. PROCEDIMIENTO

Para zonas en las que está presente materia reglamentada y clasificadas como Z0, Z1 o Z2, los equipos e instalaciones eléctricas se regirán por los requisitos expuestos en la Instrucción técnica complementaria 13 del Reglamento de artificios de pirotecnia y cartuchería (RAPYC), mientras que aquellas zonas sin materia clasificada, o con presencia de materia reglamentada no clasificadas por no encontrarse en ningún momento expuestas directamente a fuentes de ignición eléctrico, se regirán por lo dispuesto en el Reglamento electrónico para baja tensión



(REBT).

Pueden establecerse las siguientes pautas de clasificación:

2.1.1. Determinación inicial de zonas clasificadas, identificación de la existencia de exposición directa

Existe exposición directa cuando la materia reglamentada se encuentra expuesta directamente, sin ningún tipo de interposición, a una posible fuente de ignición de origen eléctrico, incluyendo el polvo en suspensión y el posible polvo que pueda desprenderse de cualquier material, objeto o artículo pirotécnico.

Se distinguen dos opciones de configuración:

- **EXISTENCIA DE EXPOSICIÓN DIRECTA:** la zona en la que se encuentra la materia reglamentada con exposición directa a una fuente de ignición se considera como zona clasificada. En función de la probabilidad que presente esta exposición directa sea; permanente, ocasional o poco probable, se establecerá el tipo de zona, Z0, Z1 o Z2, respectivamente. Las zonas en las que puede existir exposición directa de materia pulverulenta pueden considerarse como zonas de exposición permanente, y por tanto clasificarse inicialmente como zonas Z0. Las zonas en las que puede existir exposición directa de materia conformada (bolas, pastillas, grajeas, etc.) pueden considerarse como zonas de exposición ocasional, y por tanto clasificarse como zonas Z1. Y por último, las zonas en las que se encuentran productos intermedios que pueden presentar exposición directa (productos encartuchados no envasados como por ejemplo “motores” de subida, mechas, etc.) pueden considerarse como zonas de exposición poco probable, y clasificarse por tanto como zonas Z2.
- **NO EXISTENCIA DE EXPOSICIÓN DIRECTA:** Si no existe posibilidad de exposición directa de materia reglamentada a una fuente de ignición de origen eléctrico, esta será clasificada como zona sin clasificar (SC).

2.1.2. Extensión de zonas clasificadas, identificación de la existencia de barreras físicas

Se define como barrera física a aquellos elementos que impiden la transmisión del polvo de una a otra zona. Por ejemplo, la tapadera de un bidón de pólvora, la tapa de un bombo de fabricación



que trabaja cerrado, la compuerta de separación de una prensa, el paramento de una caseta de tamizado, el embalaje de un producto terminado, etc.

Una vez que se tiene constancia de la existencia de una exposición directa a una posible fuente de ignición, se determina la extensión de la zona peligrosa.

La extensión de una zona de polvo o de una zona de trasiego de materia conformada se define como la distancia en cualquier dirección desde la zona en la que se sitúa el polvo o la materia conformada hasta el punto donde el riesgo asociado a esa zona se considera inexistente, y depende de forma importante de la existencia de barreras físicas que impidan la transmisión del polvo. Pudiendo existir las siguientes posibilidades:

- **EXISTENCIA DE BARRERAS FÍSICAS:** en el caso de que existan barreras físicas, la zona clasificada se extiende hasta dicha barrera. Tras la barrera, la clasificación de la zona se considera con menor probabilidad. En caso de barreras físicas permanentes, como el embalaje de un producto terminado o el paramento de un local, tras la barrera se considera que la probabilidad es nula, y por tanto, las zonas tras barreras físicas permanentes se considerarán con zonas sin clasificar.

Tras las barreras físicas no permanentes, es decir, que pueden retirarse en determinados momentos, como son las tapas de bidones, tapas de cajas, compuertas de prensas, etc., la probabilidad puede disminuirse en dos órdenes de magnitud, de manera que las zonas Z0 tras la barrera física pasan a ser zonas Z2, y las zonas Z1 y Z2 pasan a ser zonas Sin Clasificar (SC).

- **NO EXISTENCIA DE BARRERAS FÍSICAS:** en el caso de que no existan barreras físicas, la zona clasificada se extiende hasta la disminución total del riesgo. Evidentemente, la disminución total del riesgo se producirá cuando la extensión llegue a una barrera física permanente, por ejemplo hasta el paramento de un local. En caso de no encontrar barreras físicas en la extensión de la zona, esta extensión depende del estado de la materia.

2.1.3. Extensión de zonas clasificadas, determinación del estado de la materia

En el caso de que la zona en la que se encuentra la materia reglamentada no se encuentre



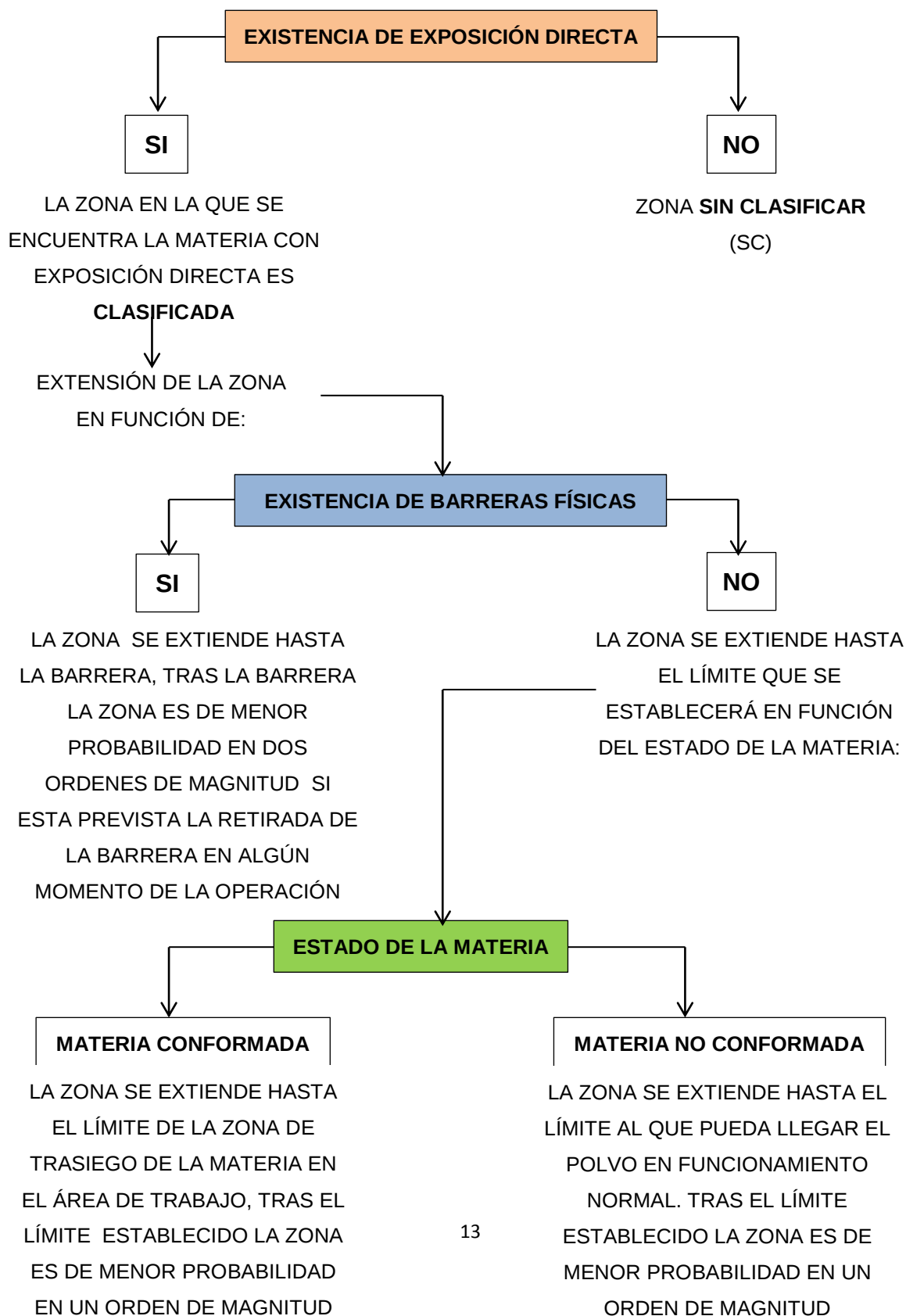
limitada por ninguna barrera física, el límite de la zona se establecerá en función del estado de la materia. Dicho estado de la materia puede presentarse de dos formas:

- **MATERIA CONFORMADA:** se trata de aquella materia que no se encuentra en estado pulverulento como pueden ser, las bolas, pastillas, grajeas, cartuchos cargados, mechas, etc. En este caso, la zona se extiende hasta el límite de la zona de trasiego de la materia en el área de trabajo. Tras este límite establecido, la zona será clasificada como zona con menor probabilidad en un orden de magnitud, de manera que las zonas Z1 pasan a zonas Z2 tras la zona de trasiego de la materia, y las zonas Z2 pasan a zonas sin clasificar.

- **MATERIA NO CONFORMADA:** la zona se extiende hasta el límite al que pueda llegar el polvo en funcionamiento normal. Tras el límite, la zona será clasificada como zona con menor probabilidad en un orden de magnitud. El cálculo de este límite requiere el conocimiento de las características de la materia, fundamentalmente el tamaño y peso de las partículas de polvo, pudiéndose utilizar la norma UNE EN 60079-10-2.



Gráfico 1: Clasificación de las zonas peligrosas



2.2. EJEMPLOS

2.2.1. Caseta abierta con bombos de mezcla y/o grajeado abiertos

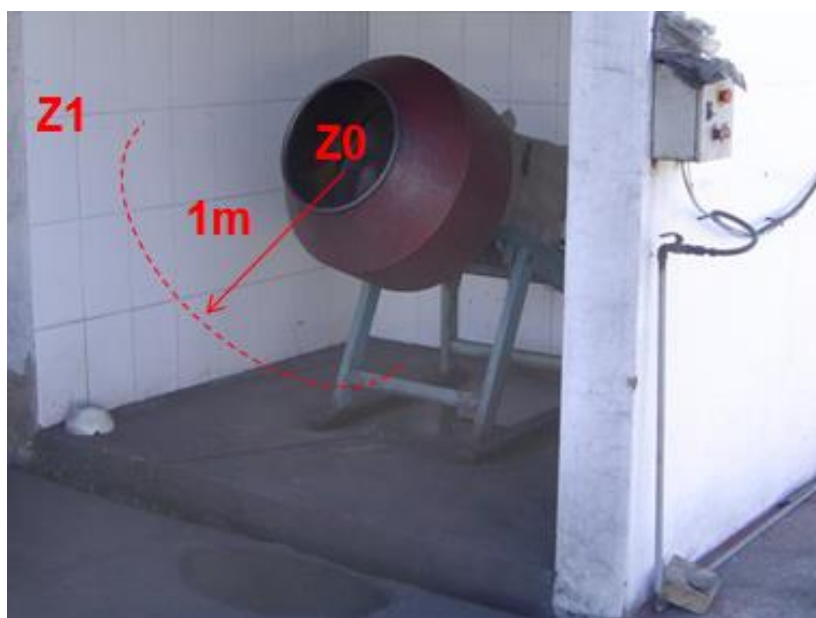


Ilustración 1: Detalle de bombo de fabricación de color



Ilustración 2: Casetas abiertas al exterior para fabricación de color

Análisis en el interior del bombo: En el interior del bombo existe posibilidad de exposición directa de la materia reglamentada a una fuente de ignición de origen eléctrico, por encontrarse en estado pulverulento se considera que esta es permanente y por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Extensión de zona, análisis en el entorno del bombo: Al no existir barrera física y tratarse de materia pulverulenta (no conformada) habrá que determinar el límite de la zona Z0. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z0, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma UNE EN 600798-10-2, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo. Por lo tanto, a partir de un metro de distancia del entorno del bombo se clasifica la zona como Z1.

2.2.2. Caseta abierta de grajeado y/o mezcla en bombos cerrados

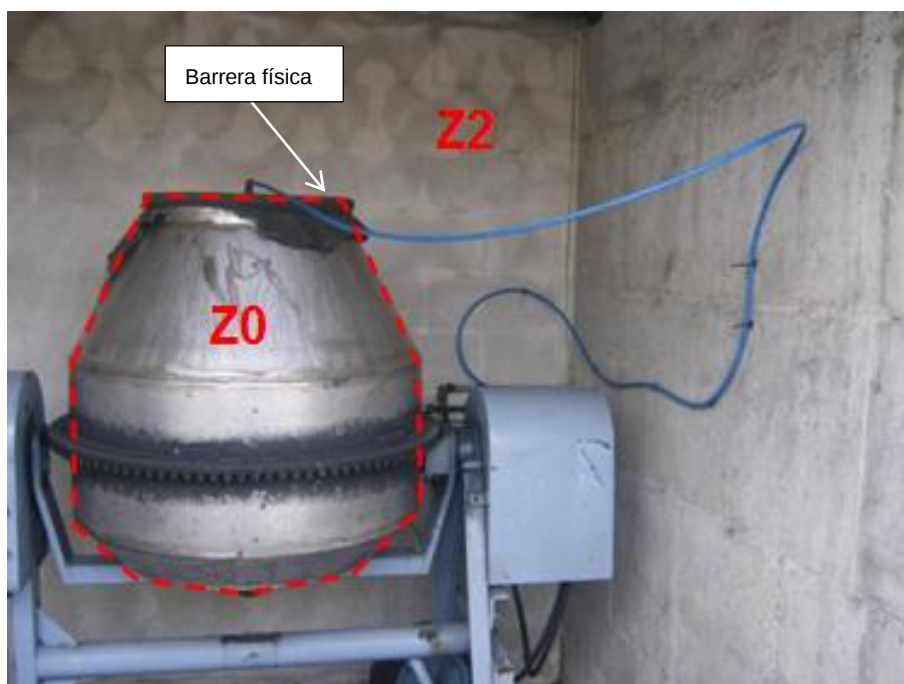


Ilustración 3: Detalle de bombo de mezcla cerrado

Análisis en el interior del bombo: En el interior del bombo existe posibilidad de exposición directa de la materia reglamentada a una fuente de ignición de origen eléctrico, por encontrarse en estado pulverulento se considera que esta es permanente y por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Extensión de zona, análisis en el entorno del bombo: La existencia de una barrera física marca el límite de la zona Z0 al interior del bombo. Puesto que la barrera física no es permanente, ya que la tapa se retira una vez finalizada la mezcla, la barrera disminuye el riesgo en dos órdenes de magnitud y el entorno del bombo se clasifica como zona Z2.

2.2.3. Locales de prensado de materias compartimentados

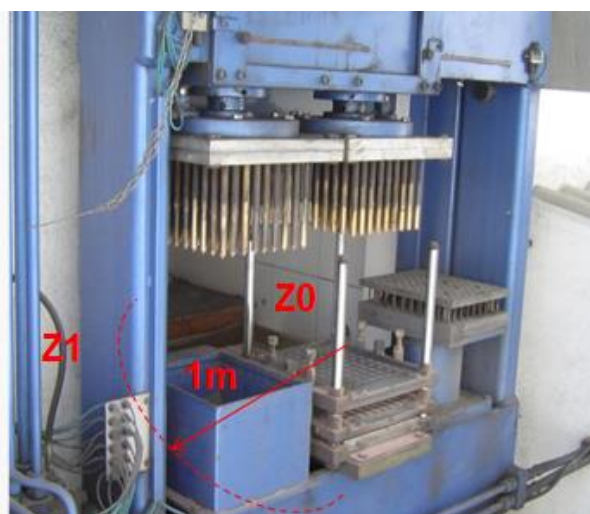


Ilustración 4: Prensa



Ilustración 5: Trabajador en la zona realizando labores de prensado

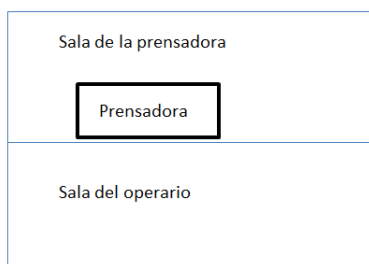


Ilustración 6: Caseta de prensado

A) Sala de la prensa

Análisis en el interior de la prensa: En el interior de la prensa existe posibilidad de exposición directa de la materia reglamentada a una fuente de ignición de origen eléctrico, por encontrarse en estado pulverulento se considera que esta es permanente y por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Extensión de zona, análisis en el entorno de la prensa: Al no existir barrera física, habrá que determinar el límite de la zona Z0. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z0, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo.

Por lo tanto, a partir de un metro de distancia del entorno de la prensa en la sala de prensado la zona se clasifica como Z1.

B) Sala del operario

Extensión de zona, análisis en el exterior de la prensa: La zona del operario se encuentra separada por la compuerta de la prensa, que constituye una barrera física no permanente. Por tanto, la barrera disminuye el riesgo en dos órdenes de magnitud y la sala del operario se clasifica como zona Z2. La exposición directa de materia reglamentada a posibles fuentes de ignición de origen eléctrico es poco probable en funcionamiento normal de la prensa, ya que la

barrera física se retira de forma ocasional. Por lo tanto el exterior de la prensa se clasifica como zona Z2.

2.2.4. Locales de mezcla o carga manual de mezclas no conformadas



Ilustración 7: Local de mezcla manual

Análisis de la mesa de mezcla y carga manual: En la mesa de trabajo existe exposición directa de la materia reglamentada en estado pulverulento a una posible fuente de ignición, por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Análisis del entorno de la mesa de mezcla y carga manual: Al no existir barrera física habrá que determinar el límite de la zona Z0. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z0, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo.

Por lo tanto, a partir de un metro de distancia de la zona de presencia física del polvo (mesa de

trabajo), la zona se clasifica como Z1.

2.2.5. Locales de elaboración manual de productos a partir de mezclas conformadas



Ilustración 8: Mesa de manipulación de productos intermedios y mezclas conformadas

D: Zona de trasiego de la materia

Análisis de la mesa de manipulación: En la mesa de manipulación existe exposición directa de la materia reglamentada a una posible fuente de ignición, por encontrarse en forma de materia conformada, se considera que esta exposición es ocasional y por lo tanto se clasifica como zona Z1.

Extensión de zona, análisis en el entorno de la mesa de manipulación: Al no existir barrera física y tratarse de materia conformada habrá que determinar el límite de la zona Z1. El límite de la zona Z1 se determina a partir de la zona de trasiego de la materia (D), de manera que, a partir de esta zona, la zona podrá considerarse como Z2.

2.2.6. Locales de elaboración manual de productos a partir de intermedios y locales de terminación de productos

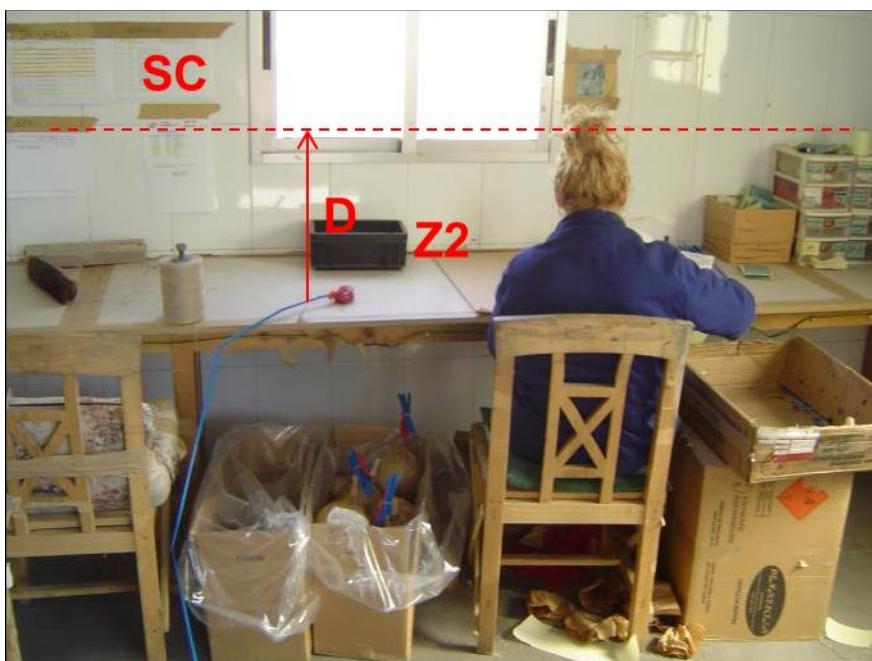


Ilustración 9: Mesa de manipulación de productos

Análisis en la mesa de manipulación: En la mesa de manipulación existe exposición directa de la materia reglamentada a una posible fuente de ignición, por encontrarse en forma de materia conformada en productos intermedios, se considera que esta exposición es poco probable, y por lo tanto se clasifica como zona Z2.

Extensión de zona, análisis en el entorno de la mesa de manipulación:

Al no existir barrera física y tratarse de materia conformada en productos intermedios habrá que determinar el límite de la zona Z2. El límite de la zona Z2 se determina a partir de la zona de trasiego de la materia (D), de manera que, a partir de esta zona, la zona podrá considerarse como zona sin clasificar.

2.2.7. Locales de almacenamiento de productos en polvo con exposición directa de materias pirotécnicas sin barreras



Ilustración 10: Almacén de productos sin barreras

Análisis de la estantería: El área que abarca las estanterías de almacenamiento de productos intermedios existe exposición directa de la materia reglamentada en estado pulverulento a una posible fuente de ignición, por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Extensión de zonas, análisis del entorno de la estantería: Al no existir barrera física habrá que determinar el límite de la zona Z0. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z0, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo.

Por lo tanto, a partir de un metro de distancia del entorno de la estantería se clasifica la zona como Z1.

2.2.8. Locales de almacenamiento de productos en polvo con exposición directa de materias pirotécnicas con barreras físicas



Ilustración 11: Almacén de productos con barreras

Análisis del interior de recipientes con materia reglamentada: En el interior de los recipientes existe posibilidad de exposición directa de la materia reglamentada a una fuente de ignición de origen eléctrico, por encontrarse en estado pulverulento se considera que esta es permanente y por lo tanto se clasifica como zona Z0.

Extensión de zona, análisis en el entorno de recipientes: La existencia de una barrera física marca el límite de la zona Z0 al interior del recipiente. Puesto que la barrera física no es permanente, ya que la tapa se retira en determinadas ocasiones, la barrera disminuye el riesgo en dos órdenes de magnitud y el entorno del recipiente se clasifica como zona Z2.

2.2.9. Locales de almacenamiento de productos terminados no embalado (con exposición directa, por ejemplo mechas)



Ilustración 12: Almacén de productos terminados pero no embalados

Análisis en las estanterías: El área que abarca las estanterías de producto terminado, la exposición directa de materia reglamentada a posibles fuentes de ignición de origen eléctrico es poco probable, por lo tanto se clasifica como zona Z2.

Extensión de zona, análisis en el entorno de las estanterías: Al no existir barrera física habrá que determinar el límite de la zona Z2. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z2, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo. Por lo tanto, a partir de un metro de distancia del entorno de la estantería se disminuye en un orden de magnitud la probabilidad, por lo que la zona puede considerarse sin clasificar.

2.2.10 Locales de almacenamiento productos terminados embalados (sin exposición directa)



Ilustración 13: Almacén de productos terminados pero no embalados 1



Ilustración 14: Almacén de productos terminados pero no embalados 2

Análisis en estanterías o apilamientos: En el área que abarca el interior de las cajas de productos terminados almacenadas, la exposición directa de materia reglamentada a posibles fuentes de ignición de origen eléctrico es poco probable, por lo tanto se clasifica como zona Z2.

Extensión de zona, análisis en el entorno de las estanterías y apilamientos: Por tratarse los embalajes de barreras físicas permanentes cuya retirada no está prevista en ningún momento en los almacenes, el exterior de los embalajes se considera como zona sin clasificar.

En caso de que en algún momento de la operación se prevea la apertura de envases permitiéndose la exposición directa (por ejemplo de mechas), el embalaje dejaría de tener la consideración de barrera física permanente, extendiéndose la zona Z2 alrededor del embalaje una distancia igual a la zona prevista de trasiego de la materia.

2.2.11. Secaderos

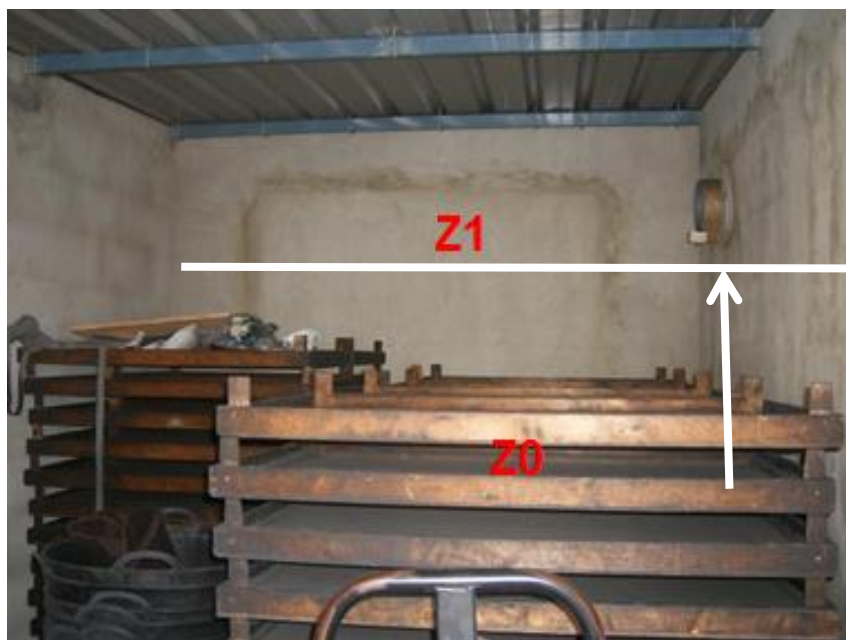


Ilustración 15: Secadero

Análisis en las bandejas de secado: En las bandejas en las que se encuentra la materia pirotécnica secándose, existe exposición directa de la materia reglamentada a una posible fuente de ignición. Esta materia reglamentada se encuentra generalmente conformada, aunque debido al proceso aplicado la presencia de polvo es permanente, por lo tanto la zona se clasifica como zona Z0.

Extensión de zona, análisis en el entorno de las bandejas de secado:

Al no existir barrera física habrá que determinar el límite de la zona Z0. En caso de no efectuar cálculos para la determinación del límite de la zona Z0, puede utilizarse la aproximación de 1 metro establecida en la norma, siempre y cuando se observe que más allá de 1 metro no exista presencia de acumulación de polvo.

Por lo tanto, a partir de un metro de distancia del entorno de las bandejas, se clasifica la zona como Z1.



2.2.12. Exclusiones

En muchas situaciones se considera la distancia de 1 metro para la extensión de zonas clasificadas de acuerdo a la norma UNE EN 60079-10-2. Esta distancia no será válida en condiciones de limpieza inadecuadas o cuando se observen deposiciones de materia reglamentada a más de 1 metro de distancia.

3. REQUISITOS GENERALES

3.1. El material eléctrico y las canalizaciones deberán, en la medida de lo posible, estar situados en zonas no clasificadas. Si esto no fuera posible, se ha de elegir para su instalación alguna de las zonas con menor riesgo.

Siempre que sean posibles las canalizaciones eléctricas discurrirán por el exterior de los locales, mediante instalación superficial con entrada a los puntos en los que se sitúan los receptores.



Ilustración 16: Instalación eléctrica exterior 1



Ilustración 17: Instalación eléctrica exterior 2

3.2. Las instalaciones se diseñarán y los aparatos y materiales eléctricos se instalarán facilitando un acceso seguro para la inspección y el mantenimiento, de acuerdo con las instrucciones del fabricante y cumpliendo los requisitos que exige la clasificación de la zona en la que van a ser instalados.

3.3. Deberán instalarse elementos de seccionamiento en zonas no peligrosas para la desconexión total o parcial del resto de las instalaciones eléctricas en zonas clasificadas.

Todos los circuitos eléctricos que alimentan receptores en zonas clasificadas deberán estar equipados con un interruptor automático que permita el seccionamiento del circuito instalado en un cuadro en zonas no clasificadas. Estos interruptores deberán estar correctamente identificados.



3.4. Deberán seleccionarse aquellos tipos de construcción que permitan la menor acumulación posible de polvo sobre el material eléctrico y que sean fáciles de limpiar.

Debe tenerse en cuenta los tipos de construcción desde el punto de vista estructural para evitar, en medida de lo posible, la acumulación de polvo.

3.5. Para la instalación en zonas no clasificadas de material eléctrico que está asociado a materiales o equipos emplazados en zonas clasificadas, se deben tener en consideración las especificaciones de éstos últimos.

En caso de duda, se debe considerar las especificaciones técnicas más restrictivas y seguras. Las zonas clasificadas prevalecerán sobre las no clasificadas.

3.1. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

3.6. En el diseño de las instalaciones eléctricas se deben tomar medidas para reducir los efectos de radiaciones electromagnéticas a un nivel seguro.

En el diseño de las instalaciones eléctricas se deben tomar medidas para reducir los efectos de las radiaciones electromagnéticas a un nivel seguro, ya que pueden provocar la aparición de una fuente de ignición. Se diferencia dos rangos de frecuencia de ondas electromagnéticas:

- **Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia RF de 10^4Hz a $3 \times 10^{11}\text{Hz}$**

Todos los sistemas de radiofrecuencia que producen y utilizan energías de alta frecuencia emiten ondas electromagnéticas, por ejemplo, los emisores de radio o los generadores de RF médicos o industriales de calentamiento, secado, endurecimiento, soldeo, oxicorte, etc.

Todas las partes conductoras situadas en el campo electromagnético se comportan como antenas receptoras. Si el campo es suficientemente potente y si la antena tiene dimensiones suficientes, dichas partes conductoras pueden producir la ignición de atmósferas explosivas. La



potencia de radiofrecuencia recibida, puede causar el enrojecimiento de hilos finos o la generación de chispas durante el contacto o la interrupción de partes conductoras. La energía absorbida por la antena receptora, que puede producir la ignición, depende principalmente de la distancia entre el emisor y la antena receptora, así como de las dimensiones de la antena receptora, para una longitud de onda y una potencia RF dadas.

Si se han identificado peligros debidos a ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, los aparatos, sistemas de protección y componentes deben satisfacer los requisitos específicos siguientes:

- Todas las categorías: como medida general de seguridad contra el efecto de ignición de las ondas electromagnéticas, se debe mantener una distancia de seguridad, en todas las direcciones, entre las partes radiantes más próximas y la antena receptora, en el emplazamiento que podría contener una atmósfera explosiva¹.

Si no se puede mantener la distancia de seguridad apropiada, se deben tomar medidas de protección especiales, como por ejemplo, el apantallado².

- Todas las categorías: los materiales eléctricos se deben diseñar, construir, instalar y mantener en conformidad con las normas europeas correspondientes.

- **Ondas electromagnéticas de 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz**

La radiación en este rango del espectro, especialmente cuando está concentrada, puede constituir una fuente de ignición a través de la absorción por las atmósferas explosivas o por las

1 Para los sistemas de transmisión con un efecto direccional, se debería subrayar que dicha sustancia de seguridad depende de la dirección. Se debería hacer notar también que la fuente de radiofrecuencia, dependiendo de su potencial de salida, ganancia de antena y frecuencia de funcionamiento, pueden situarse incluso a distancias de varios kilómetros. En caso de duda, la distancia de seguridad se debería determinar mediante mediciones.

2 Un permiso de operación, relativo al nivel de interferencia electromagnética, emitido por ejemplo por los Organismos de Telecomunicaciones, la correspondiente etiqueta de protección contra radiointerferencias o la información sobre el nivel de radiointerferencia, no permiten saber si el dispositivo o su campo de radiación conduce a un riesgo de ignición.



superficies sólidas.

La radiación solar, por ejemplo, puede desencadenar una ignición si existen objetos que produzcan una convergencia de la radiación (por ejemplo, botellas actuando como lentes, reflectores concentrando la radiación).

En ciertas condiciones, la radiación de fuentes luminosas intensas (intermitentes o continuas), se absorbe de manera tan intensa por las partículas de polvo, que dichas partículas se transforman en fuentes de ignición de atmósferas explosivas o de depósitos de polvo.

Con la radiación láser (obtenida por ejemplo, en las comunicaciones, los dispositivos de medición a distancia, las operaciones de vigilancia, los aparatos de medición en el rango visual), e incluso a grandes distancias, la energía o la densidad de potencia de un haz incluso no concentrado, puede ser bastante elevada para producir la ignición. En este caso también, el proceso de calentamiento se produce principalmente cuando el haz de láser alcanza la superficie de un cuerpo sólido o cuando es absorbido por las partículas de polvo en suspensión en la atmósfera o por partes transparentes sucias.

Se señala cualquier aparato, sistema de protección y componente que genera radiaciones (por ejemplo, las lámparas, los arcos eléctricos, los láseres, etc.) puede ser, en sí mismo, una fuente de ignición.

Si han identificado peligros debidos a ondas electromagnéticas de 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz, en función de la categoría, los aparatos, sistemas de protección y componentes deben satisfacer los requisitos específicos siguientes:

- a) Todas las categorías: No se deben permitir los dispositivos que puedan provocar la ignición debido a una absorción por resonancia.
- b) Categoría 3: Se admite el material eléctrico que genera radiaciones y que está certificado o que este apropiado para estas zonas, siempre que la energía de radiación pulsatoria o el flujo de energía (potencia) de la radiación continua, se limite a un valor suficiente bajo, de manera que no pueda provocar la ignición de la atmósfera explosiva, o, la radiación esté confinada de manera segura dentro de la envolvente, garantizando que:
 - 1) Se ha impedido, de manera segura, cualquier escape de radiación que pueda



provocar la ignición de una atmósfera explosiva, proveniente de la envolvente, en el emplazamiento peligroso, y no pueden existir superficies calientes, que puedan provocar la ignición de la atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, debido de la radiación.

- 2) La atmósfera explosiva no puede penetrar en la envolvente o una explosión dentro de la envolvente no puede propagarse al emplazamiento peligroso.

Esto se debe garantizar en funcionamiento normal.

- c) Categoría 2: Se deben garantizar las condiciones anteriores, también en el caso de situaciones raras (por ejemplo, funcionamientos anómalos).
- d) Categoría 1: Se deben garantizar las condiciones anteriores, incluso en el caso de situaciones muy raras (por ejemplo, funcionamientos anómalos muy extraño).

3.7. Únicamente podrán utilizarse equipos eléctricos portátiles en zonas clasificadas cuando su uso esté debidamente justificado y no existan medios alternativos. Los equipos eléctricos portátiles deberán tener un modo de protección adecuado a la zona en la que van a ser utilizados y su máxima temperatura superficial cumplirá lo exigido para esta zona.

3.8. Todo material eléctrico debe protegerse contra los efectos perjudiciales de cortocircuitos, defectos de tierra y contra sobrecargas si no las pudiese resistir de forma indefinida sin sufrir calentamientos perjudiciales.

3.2. TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EQUIPOS

3.9. La máxima temperatura superficial de los equipos eléctricos debe ser al menos 75 °C inferior a la mínima temperatura de descomposición determinada según la norma UNE 31017 “Ensayo para la determinación del efecto de la elevación de la temperatura sobre las sustancias explosivas” para cada una de las posibles materias o mezclas explosivas que puedan



presentarse en las zonas Z0, Z1 o Z2, sin exceder en ningún caso los 200°C.

Si por razones técnicas no existieran equipos eléctricos con temperatura superficial que garanticen el cumplimiento del requisito del párrafo anterior, deberán tomarse las medidas apropiadas para asegurar que no ocurran reacciones peligrosas de las materias o mezclas explosivas que pueden entrar en contacto con estas superficies.

Hay que prestar especial importancia a la temperatura superficial de los equipos eléctricos presentes en las zonas clasificadas (Z0, Z1 y Z2), ya que pueden convertirse en una fuente de ignición.

El material eléctrico se debe seleccionar de manera que su temperatura superficial máxima no alcance la temperatura de ignición de cualquier sustancia pirotécnica que pueda estar presente. Por tanto, la primera medida a realizar será la caracterización de las sustancias presentes en la zona clasificada que pueda entrar en contacto con las superficies de los equipos.

El apartado 2.2. a) de la ITC 14 del ROPYC, establece que, “el empresario evaluará los riesgos específicos de explosión de materias o mezclas explosivas teniendo en cuenta, al menos:

- a) Las características explosivas de las materias o mezclas existentes en los lugares de trabajo.

Desde el punto de vista de temperatura superficial de los equipos, el parámetro a determinar será la mínima temperatura de descomposición de las sustancias pirotécnicas.

La máxima temperatura superficial de los equipos debe ser al menos 75°C inferior a la mínima temperatura de descomposición. La determinación de dicha temperatura de descomposición se realiza a través de la norma UNE 31017 “Ensayo para la determinación del efecto de la elevación de la temperatura sobre las sustancias explosivas” para cada una de las posibles materias o mezclas explosivas que puedan presentarse en las zonas Z0, Z1 y Z2, sin exceder en ningún caso los 200°C.

3.2.1. Ensayo UNE 31017

El ensayo descrito en la norma UNE 31017 “Ensayo para la determinación del efecto de la elevación de la temperatura sobre las sustancias explosivas” consiste en la observación de la



temperatura a la cual se inicia una reacción (descomposición, deflagración, inflamación, explosión, etc.) en las sustancias explosivas.

La temperatura de descomposición se define como la temperatura a la que se observa la aparición de vapores. La cantidad de muestra utilizada es de 50 mg que se introduce en un tubo de ensayo que a su vez es introducido a un bloque metálico con cavidades.

El ensayo, se realiza situando dos de los tubos preparados con sus muestras en los alojamientos del bloque metálico y, en otra cavidad, un tubo en cuyo interior se coloca un termómetro. A continuación, se inicia el calentamiento del bloque aumentando la temperatura con dos rampas de calentamiento (5°C/min o 20 o 10°C/min). En el momento que se observa la aparición de vapores se anota la temperatura de descomposición.

3.2.2. Selección del material eléctrico

Una vez establecidas las temperaturas de descomposición de todas las sustancias presentes, se determina la temperatura del equipamiento eléctrico a instalar, para ello se usará la temperatura de descomposición más restrictiva.

$$T_{\text{máxima admitida}} = T_{\text{descomposición}} - 75^{\circ}\text{C}$$

El equipamiento a instalar deberá contar con alguno de los modos de protección establecidos en el apartado 3.10. de la ITC 13 del RAPYC estableciendo la clase de temperatura en función de la caracterización de la sustancia analizada. Las clases de temperatura de los equipos eléctricos son las siguientes:

Tabla 1: Clase Térmica

Clase térmica	Temperatura superficial máxima permitida en °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85



Se muestra un ejemplo práctico de cómo se realiza la selección de equipos:

- Lugar de trabajo: Caseta de clasificación de bolas de color y efectos
- Equipamiento eléctrico: Motor de accionamiento de la clasificadora de 5kW.
- Sustancias presentes
 - Rojo magnesio: T^a descomposición = 200 °C
 - Verde aluminio: T^a descomposición = 240 °C
 - Azul lentejuela amarillo-verde = 240 °C
 - Lentejuela amarilla empavonada = 240 °C

La temperatura de descomposición más restrictiva pertenece al rojo magnesio, aplicando la fórmula antes indicada:

$$T_{\text{máxima admitida}} = T_{\text{descomposición}} - 75^{\circ}\text{C} = 200^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C} = 125^{\circ}\text{C}$$

Se puede instalar cualquier equipo que garantice que su temperatura máxima sea inferior a 125°C, de acuerdo a la Tabla 1, el material eléctrico que cumple estos requisitos de temperatura pertenece a la clase térmica T5 o T6.

Si por razones técnicas no existieran equipos que cumplan con el requisito de la temperatura superficial, o que la temperatura sea inferior a 85°C (equipo de clase térmica T6 con temperatura de superficie más baja) deberán tomarse medidas apropiadas para asegurar que no ocurran reacciones peligrosas de las materias o mezclas explosivas que pueden entrar en contacto con estas superficies.

Por ejemplo, puede adoptarse como solución, la instalación de un termopar en la superficie del equipo con un mecanismo que desactive la actividad de la máquina en el caso de que esta supere el límite de la temperatura.

3.3. EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONAS CLASIFICADAS

3.10. Los equipos eléctricos a utilizar en zonas Z0, Z1 y Z2 deberán contar con algunos de los modos de protección válidos para polvos inflamables conductores de la electricidad, de acuerdo a lo establecido en la siguiente tabla:



ZONA	Marcado	Norma	Marcado	Norma
Z0	Ex ta IIIC	UNE-EN 60079-31	Ex tD A20 IP6x	UNE-EN 61241-1
	Ex ia IIIC	UNE-EN 60079-11	Ex iaD 20	UNE-EN 61241-1
	Ex ma IIIC	UNE-EN 60079-18	Ex maD 20	UNE-EN61241-18
Z1	Ex tb IIIC	UNE-EN 60079-31	Ex tD A21 IP6x	UNE-EN 61241-1
	Ex ib IIIC	UNE-EN 60079-11	Ex ibD 21	UNE-EN 61241-1
	Ex mb	UNE-EN 60079-18	Ex mbD 21	UNE-EN61241-18
			Ex pD 21	UNE-EN 61241-4
Z2	Ex tc IIIC	UNE-EN 60079-31	Ex tD A22 IP6x	UNE-EN 61241-1
	Ex ic IIIC	UNE-EN 600079-11	Ex ibD 22	UNE-EN 61241-1
	Ex mc IIIC	UNE-EN 600079-18	Ex mbD 22	UNE-EN61241-18
			Ex pD 22	UNE-EN 61241-4

Notas:

- El material indicado para zona Z0 es apto para zonas Z1 y Z2. El material indicado para zona Z1 es apto para zona Z2.
- Es apropiado el modo de protección de seguridad intrínseca (Ex i) para gases inflamables de los grupos IIB y IIC.

A falta de normativa técnica en materia de requisitos de equipos eléctricos para uso con material explosivo, la ITC establece como válidos los modos de protección para polvos inflamables.

Se definen los “modos de protección” como una serie de reglas constructivas de los materiales y equipos eléctricos de forma que puedan ser aptos para su empleo, con seguridad, en una atmósfera explosiva o en polvos inflamables.

El uso de material eléctrico en ambientes potencialmente explosivos da lugar a riesgos de ignición debido a calentamientos por efecto Joule e histéresis y a los arcos y chispas producidos



en aperturas y cierres de circuitos.

Para reducir el riesgo del empleo de materiales eléctricos en atmósferas potencialmente explosivas a límites aceptables, pueden emplearse tres tipos de soluciones.

- Reducir la energía o impedir su aporte en forma de arcos, chispas o calentamientos excesivos.
- Separar la atmósfera explosiva de la fuente de energía.
- Confinar la eventual explosión controlando sus efectos.

Existen distintos tipos de modos de protección: envolvente antideflagrante, seguridad aumentada, seguridad intrínseca, sobrepresión interna, inmersión en aceite, relleno pulvurento, encapsulado, modo de protección simplificado y protección especial.

Sin embargo, no todos ellos se pueden utilizar indistintamente en las zonas clasificadas (Z0, Z1 y Z2).

3.3.1. Encapsulado “m”:

Es un modo de protección en el cual las partes que pueden provocar la inflamación por chispas o calentamientos están embebidas en una resina, de tal forma que la atmósfera circundante no pueda inflamarse.

De aplicación en equipos y aparataje de pequeño tamaño (relés, transformadores, condensadores, reactancias, sensores y dispositivos electrónicos en general), dotando a los equipos de buenas propiedades de protección mecánica y eléctrica. Sin embargo, no son posibles las reparaciones o mantenimientos.

Las propiedades del encapsulado están determinadas en la norma UNE-EN 60079-18. “Protección del equipo por encapsulado m”, la cual distingue tres categorías (ma, mb, mc) siendo la categoría “ma” la más restrictiva.



Ilustración 18: Encapsulado "m"

3.3.2. Seguridad intrínseca "i":

La energía existente se limita para evitar la aparición de chispas, arcos o temperaturas excesivas. Se define como las medidas adoptadas en un circuito eléctrico para que ninguna chispa, arco o efecto térmico, producidos en las condiciones de ensayo previstas en la norma, bien sea en funcionamiento normal o en condiciones específicas de fallo, sea capaz de provocar la inflamación de una atmósfera explosiva dada.

La norma UNE-EN 60079-11 "Atmósferas explosivas. Parte 11: Protección del equipo por seguridad intrínseca i" distingue tres categorías en la seguridad intrínseca:

Nivel de protección "ia": es el más estricto. Aplicando este nivel de protección al material eléctrico, no deben poder provocar inflamación en ninguna de las circunstancias siguientes:

- En funcionamiento normal y aplicando los defectos no contables que conduzcan a las condiciones más desfavorables. Se le aplica un factor de seguridad $K=1,5$
- En funcionamiento normal y aplicando un defecto contable y los defectos no contables que conduzcan a las condiciones más desfavorables. Se le aplica un factor de seguridad $K=1,5$
- En funcionamiento normal, y aplicando dos defectos contables y los defectos no contables que conduzcan a las condiciones más desfavorables. Se le aplica un factor de



seguridad $K=1$

El factor de seguridad aplicado a la tensión o a la corriente para la determinación de la clasificación de la temperatura superficial, debe ser 1,0 en todos los casos.

Nivel de protección “ib”: Aplicando este nivel de protección al material eléctrico, no deben poder provocar inflamación en ninguna de las circunstancias siguientes:

- En funcionamiento normal y aplicando los defectos no contables que conduzcan a las condiciones más desfavorables. Se le aplica un factor de seguridad $K=1,5$
- En funcionamiento normal y aplicando un defecto contable y los defectos no contables que conduzcan a las condiciones más desfavorables. Se le aplica un factor de seguridad $K=1,5$

El factor de seguridad aplicado a la tensión o a la corriente para la determinación de la clasificación de la temperatura superficial, debe ser 1,0 en todos los casos.

Nivel de protección “ic”: no deben poder causar inflamación en condiciones normales de funcionamiento y bajo las condiciones especificadas en la norma UNE-EN 60079-11 “Atmósferas explosivas. Parte 11: Protección del equipo por seguridad intrínseca i”. Durante los ensayos o la evaluación de los circuitos debe aplicarse un factor de seguridad $K=1,0$.

El factor de seguridad aplicado a la tensión o a la corriente para la determinación de la clasificación de la temperatura superficial, debe ser 1,0 en todos los casos.

Cabe una distinción entre lo que se denomina “material de seguridad intrínseca”, en el cual todos los circuitos son de seguridad intrínseca, y “material eléctrico asociado”, aquél que sólo una parte de los circuitos son de seguridad intrínseca. Un material de seguridad intrínseca puede utilizarse, todo él, en el seno de una atmósfera potencialmente explosiva. Un ejemplo de dicho material sería un sensor de gas portátil alimentado por batería.

Ejemplos de circuitos o materiales de seguridad intrínseca asociados son: terminales de salida de fuentes de alimentación, circuitos de líneas de instrumentación de campo. En estos materiales o instalaciones sólo son de seguridad intrínseca los terminales que se dirigen hacia zona peligrosa, debiendo estar el resto del circuito en zona segura o dotada de otro modo de

protección (por ejemplo dentro de una envolvente antideflagrante).

Un caso de uso extensivo de material asociado lo constituyen las denominadas barreras de seguridad intrínseca. Estas barreras permiten conectar, dentro de las limitaciones del modo de protección, instrumentación “convencional” a sensores instalados en zona peligrosa.

Un caso particular de barreras de seguridad intrínseca está representado por las denominadas “barreras zener”, constituidas básicamente por un limitador de tensión (diodos zener) y un limitador de corriente (resistencia).

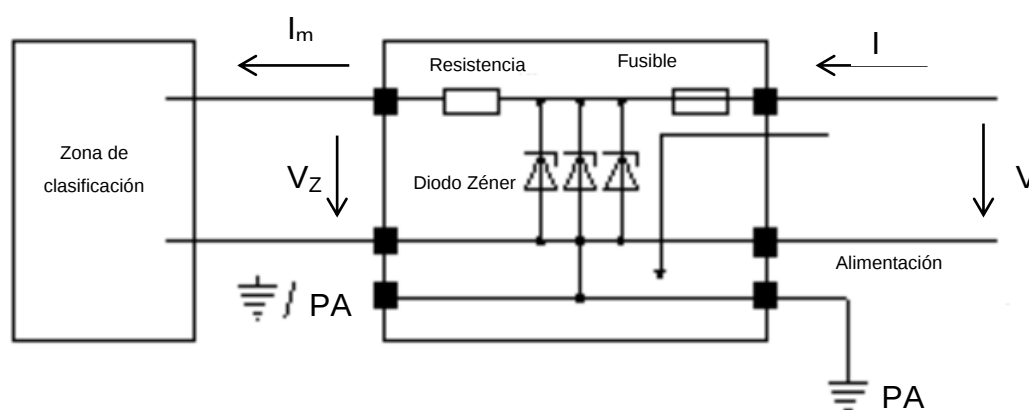


Ilustración 19: Barrera Zéner

- El fusible interno de una barrera de seguridad intrínseca se especifica a partir de los diodos Zéner que contiene.
- La corriente nominal del fusible es aproximadamente un 25 % de la corriente máxima que soportan los diodos Zéner.
- La resistencia limitadora reduce la tensión disponible para los dispositivos en la zona clasificada.

El fusible, obligatorio en las barreras, limita la corriente de efecto a través de los diodos impidiendo que la potencia máxima disipada en éstos suponga un calentamiento que los destruya. En el caso de circuitos “ia” son necesarios tres diodos zener ya que se supone, por



definición, dos fallos simultáneos. Las barreras “ib” sólo requerirán dos diodos.

Cabe señalar una característica importante de los circuitos de seguridad intrínseca. La combinación, por defecto, de dos circuitos de seguridad intrínseca, puede dar lugar a un circuito no seguro. Partiendo de esta base se entiende que las instalaciones donde coexisten distintos circuitos de seguridad intrínseca (canalizaciones, cajas de conexión) se deban realizar teniendo en cuenta la anterior premisa.

3.3.3. Modo de protección “t”:

Es un medio de protección del material eléctrico protegido por revestimiento y por limitación de la temperatura de superficie, y preparados para ser utilizados en lugares en los que la presencia de polvos combustibles puede alcanzar cantidades suficiente para iniciar una explosión o iniciar un incendio. La protección contra la ignición de polvo por envoltorio estaba basada en:

- Limitar la temperatura máxima de la superficie del revestimiento y de otras superficies que puedan entrar en contacto con el polvo.
- Limitar la penetración del polvo en el revestimiento. Se utilizan revestimientos estancos al polvo o protegidos contra el polvo.

Los materiales eléctricos con esta protección han de cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 60079-31. “Atmósferas explosivas. Parte 31: Protección del material contra la ignición de polvo por envoltorio t”. Se distinguen tres categorías de protección “t” (ta, tb y tc).

3.3.4. Modo de protección “pD”:

Es un modo de protección mediante el cual se impide la penetración de una atmósfera explosiva circundante al interior de la envoltorio que contiene el material eléctrico, por contener dicha envoltorio un gas de protección a una presión superior a la de la atmósfera explosiva externa.

El control de la sobrepresión interna ha de garantizarse mediante presostatos diferenciales, siendo la sobrepresión requerida de al menos 50 Pa (0,5 mBar). El descenso de la sobrepresión por debajo de este mínimo ha de implicar la desconexión eléctrica y la activación de las oportunas alarmas.

Los elementos encargados del control del barrido (temporizadores, válvulas...) así como del mantenimiento de la sobrepresión o caudal de gas de protección han de disponer, si son



eléctricos, de otro modo de protección adecuado a la clasificación del emplazamiento, ya que han de ser seguros y efectivos cuando la presurización no es efectiva.

Este modo de protección suele aplicarse a equipos de potencias muy elevadas donde sería antieconómico otros métodos de protección por envolvente antideflagrante o de seguridad aumentada, a la adaptación de equipos convencionales no existentes en el mercado dotados de algún modo de protección o a grupos de equipos como es el caso de salas ubicadas en emplazamientos clasificados que contienen en su interior dispositivos de control, de procesos de datos y comunicaciones, o bien aparamenta de distribución de potencia e incluso salas destinadas a oficinas.

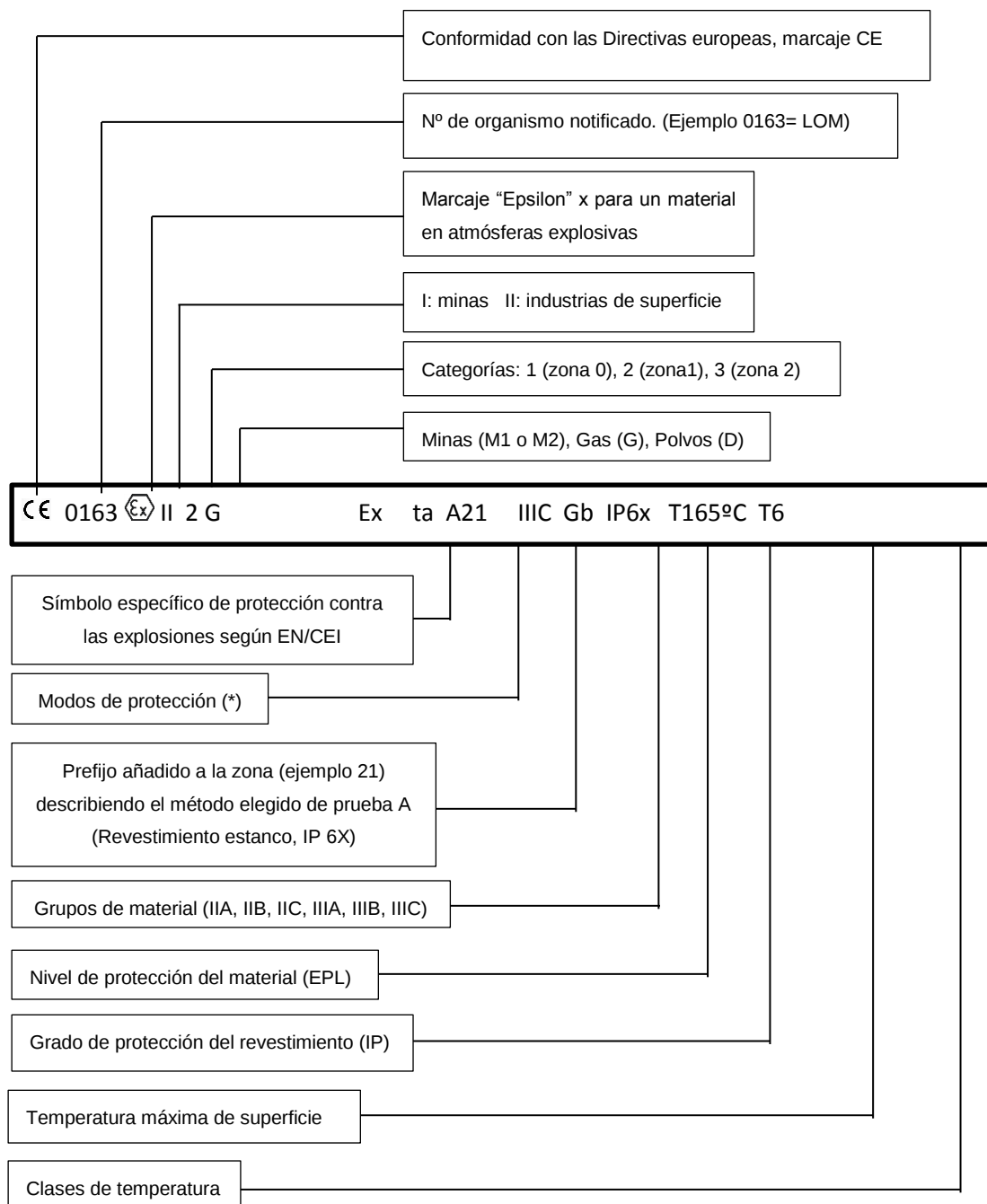
La extensión de esta técnica a dispositivos con fuentes internas de desprendimiento de gases, como en el caso de analizadores de proceso, ha permitido la operación de éstos en condiciones aceptables de seguridad.

Todos los equipos eléctricos que se utilicen en las zonas clasificadas (Z0, Z1 y Z2) han de estar conforme a lo establecido en la “Norma UNE EN 61241-4. Modo de protección pD”.

3.3.5. Descripción del marcado

En el siguiente gráfico se detalla el significado de cada uno de los elementos del marcado.

Gráfico 2: Marcado del modo de protección





La tabla de modos de protección del material de protección eléctrico permitidos establecidos por la ITC 13 permite dos tipos de normas de ensayo de material eléctrico aplicable a polvos combustibles.

Marcado de modos de protección común a ambas series (UNE EN 60079 y UNE EN 61241)

Los modos de protección del material eléctrico que se pueden utilizar en las zonas clasificadas son:

- Encapsulado “m”.
- Seguridad intrínseca “i”.
- Revestimiento por limitación de temperatura “t”.
- Modo de sobrepresión interna “pD”.

Además en el marcado del modo de protección aparecen las letras (a, b, c) después del modo de protección, estas letras proporcionan el grado de seguridad con que se ha diseñado el modo de protección. La letra “a” representa el mayor nivel de seguridad.

En zonas Z0 solo se permiten niveles “a” en los modos de protección.

En zonas Z1 solo se permiten niveles “a” y “b” en los modos de protección.

En zonas Z2 se permiten niveles “a”, “b” y “c” en los modos de protección.

Serie 61241

En esta serie aparece la letra “D” que hace referencia a la palabra “Dust” o polvo.

Serie 60079

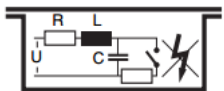
El Grupo III es el material destinado para ser utilizado en emplazamientos en los que existe una atmósfera de polvos explosivos, diferentes a las minas de grisú. El Grupo III se subdivide en:

- IIIA (polveros combustibles)
- IIIB (polveros no conductores)
- IIIC (polveros conductores)

Los polvos conductores tienen una resistividad eléctrica igual o inferior a $10^3 \Omega \cdot m$

Tabla de representación gráfica:

Tabla 2: Símbolo y representación simplificada de los modos de protección

Símbolo del modo	Representación simplificada
m	
i	
t	
pD	

3.4. MÁQUINAS ROTATIVAS

3.11. Máquinas eléctricas: los motores certificados con modo de protección Ex t alimentados a frecuencia y tensiones variables deberán contar adicionalmente con medios de protección por control directo de la temperatura que permitan limitar la temperatura superficial del cuerpo del motor según el apartado 3.9.del Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería.

a) Prescripciones generales

En general y de forma directamente aplicable a motores antideflagrante y presurizados, se prescribe su protección contra sobreintensidades. Si se usa el relé de protección amperimétrica contra sobrecargas, se especifica que operará entre 1,05 IN y 1,2 IN, habiéndose elegido estos puntos de funcionamiento para adecuarlos a las prácticas habituales de construcción de máquinas rotativas en cuanto a su vida térmica; pueden utilizarse sondas térmicas en devanados

(de estator) o procedimientos equivalentes contrastados experimentalmente (y reflejados en el certificado del motor).

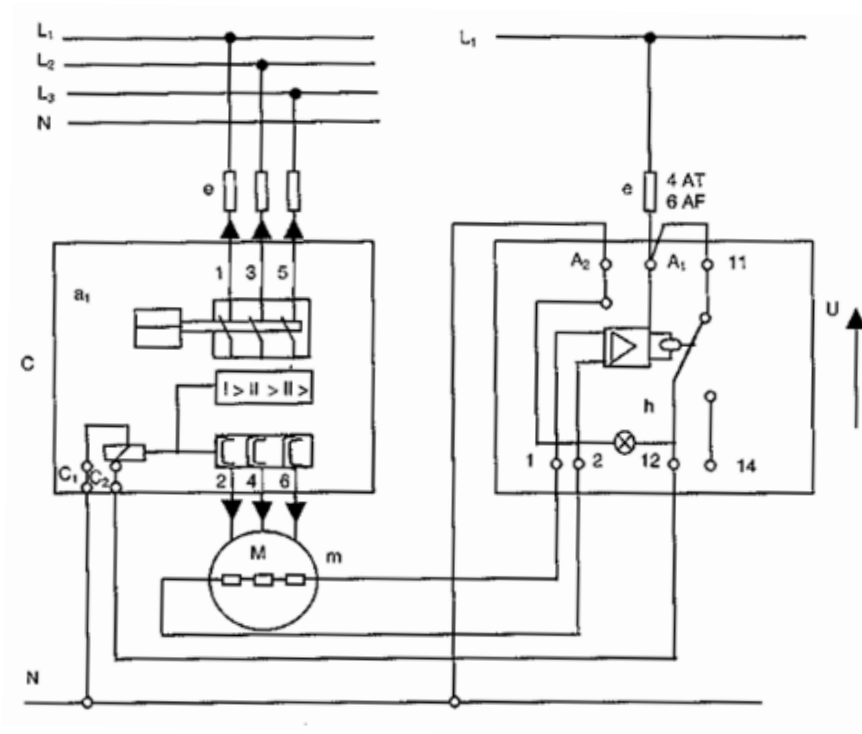


Ilustración 20: Protección por sonda térmica

El elemento de corte ha de tener un poder de ruptura al menos igual a la corriente de rotor bloqueado para garantizar su acción segura.

En el caso de que el motor o generador esté diseñado para soportar de forma indefinida su corriente de arranque o cortocircuito respectivamente, no es necesario que esté protegido contra sobrecargas.

b) Motores de seguridad aumentada

Por su especial concepción, fuertemente basada en la limitación del calentamiento, los motores de seguridad aumentada han de ser protegidos con especial cuidado.

La causa principal de sobrecalentamiento son las sobrecargas y bloqueos del rotor; por ello se

prescribe de forma genérica que, a rotor bloqueado, la protección amperimétrica actúe antes de tiempo de seguridad t_E o tiempo para alcanzar calentamiento límite, cuando estando el motor a régimen, en el límite de la tolerancia más desfavorable, se bloquee el rotor manteniendo la situación.

Gráfico 3: Comprobación del relé frente al t_E

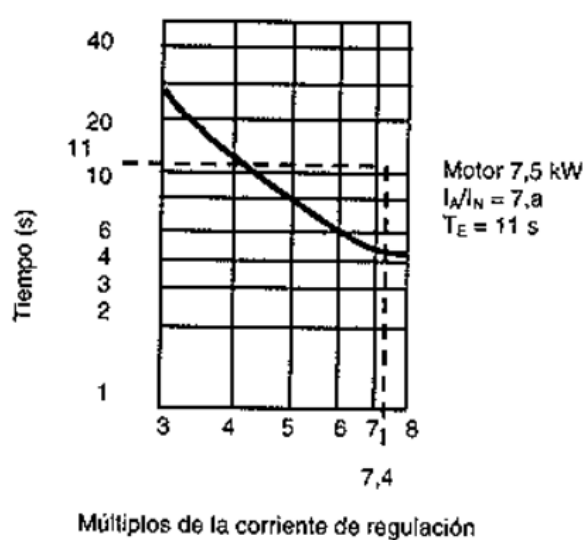
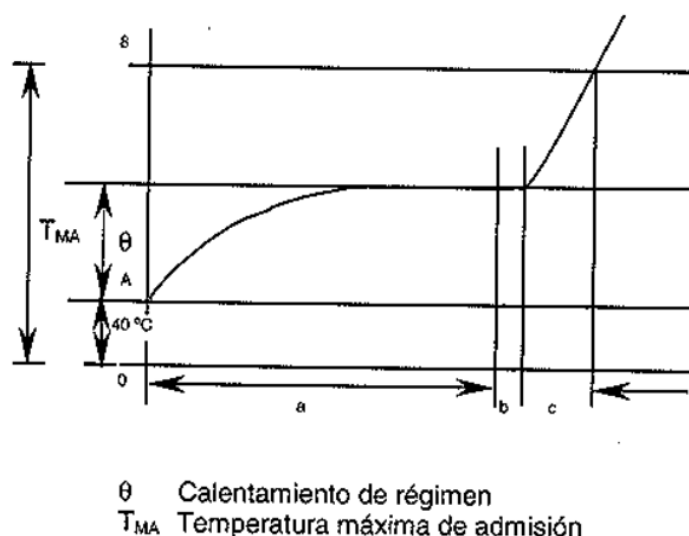


Gráfico 4: Significado del tiempo t_E



Esta coordinación ha de verificarse para el relé en su velocidad de respuesta más lenta, es decir, con su característica “fría” a 20°C y el tiempo de respuesta de la protección debe estar garantizado con una incertidumbre de $\pm 20\%$ del valor nominal. Para facilitar la tarea de supervisión y mantenimiento, la Instrucción prescribe que las características han de estar disponibles al menos entre el rango de $I_A/I_N=3$ a $I_A/I_N=8$ en el que suelen estar comprendidas casi todas las corrientes de rotor bloqueado de motor de ejecución normal.

Cuando se trata de acelerar grandes masas puede alargarse el tiempo de lanzamiento y alcanzarse calentamientos inadecuados.

En tanto que el tiempo de lanzamiento sea inferior a 1,7 se considera que no hay especial problema; debería verificarse en todo caso la respuesta en un tiempo menor de t_E bajo la corriente de arranque y que el dispositivo no bloquee esta maniobra (lo que ocurriría si es excesivamente rápido en su acción).

Si el tiempo de arranque es superior, se tiene lo que se denomina arranque difícil; en este caso la eficacia del dispositivo de protección ha de comprobarse experimentalmente y la certificación motor-dispositivo de protección ha de ser conjunta.

Este mismo requisito se exige si el motor ha de arrancar frecuentemente, pues no hay forma de estimar el calentamiento que depende del número de arranques por unidad de tiempo, de su



duración y del par resistente.

Si el motor se protege con sondas térmicas, dado que con la tecnología actual estas sólo pueden disponerse en el estator, depende de que el motor sea de rotor crítico (el rotor se calienta alcanzado el valor límite antes que el estator), que la protección por sonda sea suficiente, y esto también sólo puede ser determinado experimentalmente por lo que la certificación debe ser también conjunta. En general las condiciones de rotor crítico corresponden a motores con ranuras profundas debido a la mala ventilación de los conductores en estas ranuras.

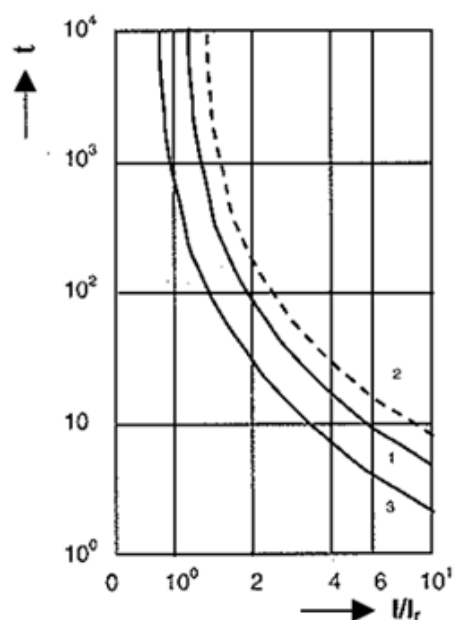
La utilización de sondas térmicas con función de protección debe mantener el principio de no rearmabilidad automática.

Otro caso de certificación conjunta lo constituyen los motores alimentados desde convertidores de frecuencia. Para cada convertidor es necesario determinar la forma en que los armónicos de tensión y corriente afectan al calentamiento, y verificar éste en el caso de motores autoventilados en el rango de las bajas velocidades. Ambas comprobaciones deben hacerse de forma experimental.

La protección debe examinarse también en relación con la forma de conexión de los devanados del estator en relación al riesgo de marcha en dos fases o desequilibrio. Si esto se produce sucede que:

- El relé de sobrecorriente, si es de bilamina normal, es de respuesta más lenta al no contribuir una fase a la deformación de las bilaminas.
- Aparecen pérdidas adicionales en el rotor debido a que la frecuencia de la tensión de corrientes rotóricas es del orden de 100 Hz, frente a los 2/5 Hz de condiciones equilibradas, lo que provoca calentamientos adicionales en el hierro (proporcionales al cuadrado de la frecuencia) y en el cobre provoca el efecto pelicular una pérdida de sección efectiva.
- En el caso de devanado en triángulo, aun manteniendo la corriente acometida al valor de régimen equilibrado en una de las fases, aumenta en un factor $2/\sqrt{3}$, aumentando el calentamiento local.

Gráfico 5: Curvas características de disparo de un relé tripolar contra sobrecargas



- 1 Carga tripolar simétrica
- 2 Carga en dos polos. Relé sin sensibilidad a asimetría de las fases
- 3 Carga en dos polos. Relé con sensibilidad a asimetría en las fases
- I_r Corriente de ajuste del relé contra sobrecargas

Si el estator del motor está en estrella, como la corriente que pasa por la fase es igual a la del relé, aun cuando éste no sea de respuesta diferencial, no tiene que haber problema.

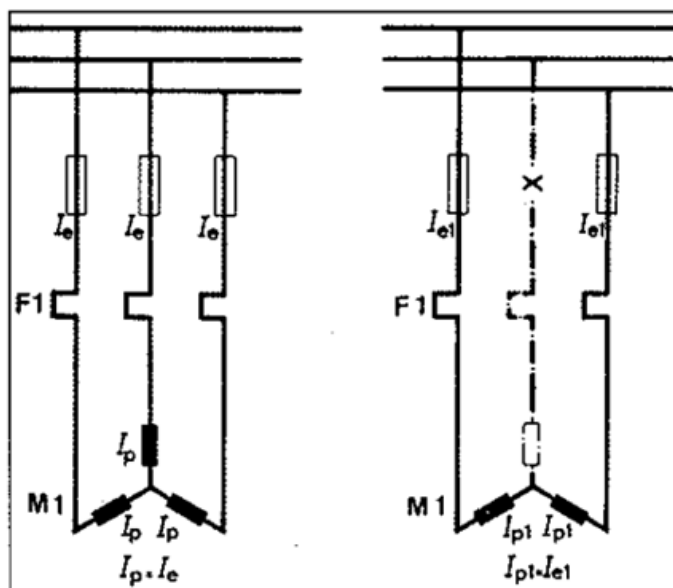


Ilustración 21: Motor de conexión en estrella en funcionamiento normal y en caso de fallo de fase

Si el estator del motor está en triángulo, habrá de tenerse en cuenta la ubicación de los relés, si se encuentran en la zona de acometida, en régimen normal, se verán sometidos a $0,58 (1/\sqrt{3})$ veces la corriente normal del motor en sus fases. Con esta disposición, si la impedancia de arranque en régimen equilibrado por fase de motor es Z_A , resulta $I_A = \sqrt{3} \cdot U / Z_A$, en dos fases $I_A = \left(\frac{3}{2}\right) \cdot U / Z_A$, cuyo resultado es un valor 0,87 veces inferior; esto exige comprobar que bajo 0,87. I_A la protección responde antes de tiempo t_E .

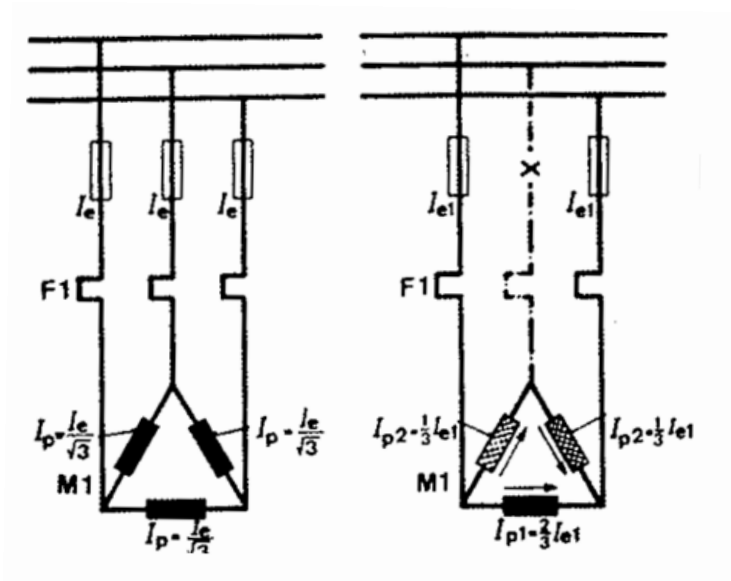


Ilustración 22: Motor de conexión en triángulo en funcionamiento normal y en caso de fallo de clase

Cuando se utilice un motor de rotor devanado, se diseñará para que la corriente sea del orden de magnitud de la plena carga o levemente superior ($2.I_N$), montándose un dispositivo de protección contra cortocircuitos calibrado entre I_N y $4.I_N$, valor este último adoptado para no superar nunca este tipo de arranque.

3.12. Aparamenta de protección y control eléctrico: se deberá impedir el accionamiento de los interruptores accionados por control remoto cuya envolvente esté abierta. Cuando este requerimiento no se satisfaga por el tipo de construcción, deberá colocarse en el cuerpo del equipo la señal con la advertencia “No abrir en tensión”.

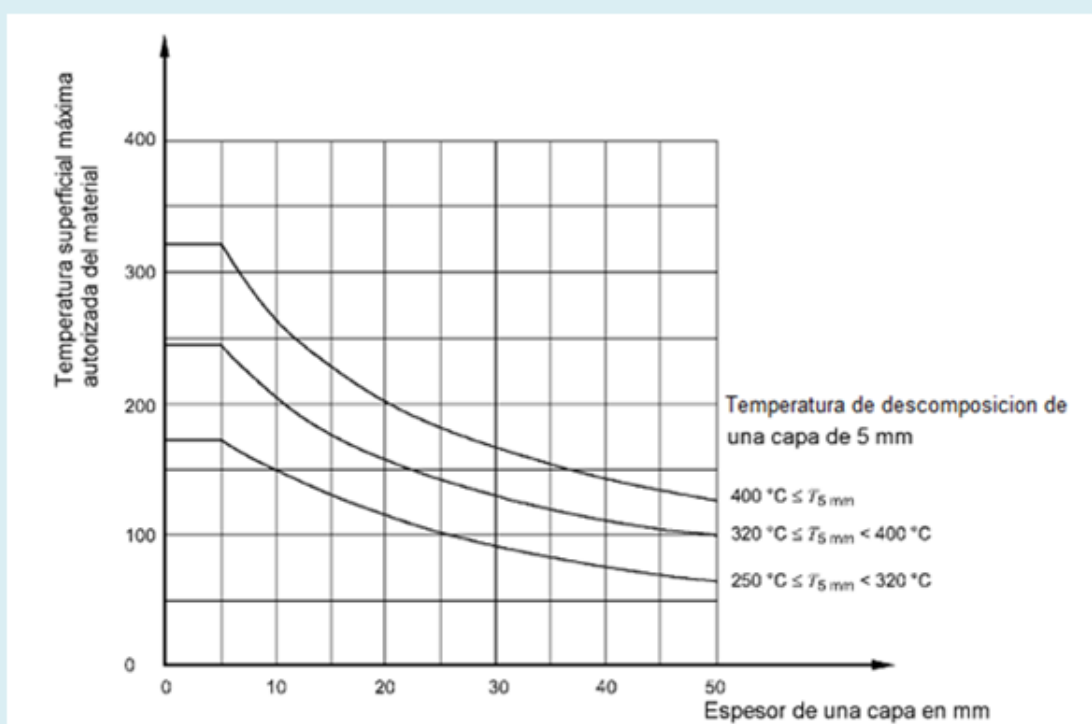
Los dispositivos de protección contra cortocircuitos y defectos de tierra deben ser tales que no sea posible el rearme automático en condiciones de defecto.

Los portafusibles también deberán estar bloqueados de tal manera que la instalación y cambio de los fusibles sólo sea posible sin tensión, y que los fusibles no puedan ser puestos en tensión cuando el alojamiento de los mismos no esté apropiadamente cerrado. En caso contrario el alojamiento deberá llevar la señal con la advertencia “No abrir en tensión”.

4. REQUISITOS PARTICULARES DE LOS EQUIPOS PARA ZONAS Z0

4.1. EQUIPOS ELÉCTRICOS

4.1. Si por necesidades de proceso, una capa de polvo de materia o mezcla explosiva mayor de 5 milímetros debe permanecer en contacto con la superficie de un equipo eléctrico Ex tD A20, la temperatura superficial del equipo se incrementará según lo establecido en la siguiente gráfica:



Por ejemplo, observando la curva inferior del gráfico, correspondiente a sustancias con temperatura de descomposición en el intervalo entre 250°C y 320°C, puede comprobarse que para espesores de capa de 5 mm presenta una temperatura superficial máxima de 175 °C, correspondiente al límite inferior del intervalo (250°C) menos 75°C de margen de seguridad.

Para espesores superiores a 5 mm de espesor de capa, las curvas son descendentes en temperatura, el incremento que se aplicará a la temperatura superficial del equipo será negativo, es decir, un aumento de espesor en la capa de polvo aplica un decremento en la temperatura superficial máxima.



Si en el proceso se prevé alcanzar un espesor de capa de polvo de 10 mm, la temperatura superficial resultante que intercepta la curva aplicable a la sustancia analizada resulta de 150 °C, para un espesor de 20 mm el resultado sería 115 °C aproximadamente y para un espesor de 25 mm sería 100° C. El método no es aplicable a sustancias con temperaturas de descomposición inferiores a 250 °C, que requerirían de un estudio específico.

4.2. CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

4.2. No se permite la utilización de calefacción eléctrica.

No se permite la utilización de calefacción eléctrica por ser una posible fuente de ignición de la materia pirotécnica.

En el caso de que se tenga que utilizar calefacción en zonas Z0 para el confort de los trabajadores o por cualquier otro motivo, deberán utilizarse otros sistemas de calefacción.

4.3. TOMAS DE CORRIENTE Y PROLONGADORES

4.3. No se permite la instalación de tomas de corriente ni el uso de prolongadores.

No se permite la instalación de tomas de corriente ni el uso de prolongadores por riesgo de arcos eléctricos, chispas o sobrecalentamientos que pueda suponer una fuente de ignición.

Hay que evitar en medida de lo posible la presencia de material eléctrico en la zona Z0, tal como indica la Instrucción técnico complementaria 13 del RPYC.



5. REQUISITOS PARTICULARES DE LOS EQUIPOS PARA ZONAS Z1

5.1. CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

La temperatura superficial de los aparatos en superficies lisas no deberá exceder los 120 °C. Adicionalmente al modo de protección correspondiente a la zona Z1, la calefacción eléctrica de locales y procesos deberá disponer de doble dispositivo limitativo de control de temperatura.

Se limita la temperatura de funcionamiento de los calefactores eléctricos a 120°C, cumpliéndose siempre el requisito de temperatura de descomposición de las sustancias. Habrá que prestar especial atención cuando existan sustancias con temperatura de descomposición inferior a 195 °C.

5.2. TOMAS DE CORRIENTE Y PROLONGADORES

Las tomas de corriente, con modo de protección adecuado para zona Z1, deberán disponerse de manera tal que la zona de inserción para la clavija esté dirigida hacia abajo con una máxima desviación de la vertical de 60°.

No se permite la utilización de prolongadores ni adaptadores.

Las tomas de corriente toman el ángulo de 60° hacia abajo para evitar la acumulación de polvo.

No se permite la utilización de prolongadores ni adaptadores por riesgo de arcos eléctricos, chispas o sobrecalentamientos que pueda suponer una posible fuente de ignición.



Ilustración 23: Toma de corriente en ángulo de 60º



6. REQUISITOS PARTICULARES DE LAS INSTALACIONES EN ZONAS PELIGROSAS

6.1. UNIÓN EQUIPOTENCIAL SUPLEMENTARIA

Todas las partes conductoras de las instalaciones eléctricas en emplazamientos peligrosos estarán conectadas a una red equipotencial. El sistema equipotencial no debe incluir los conductos neutros.

Las partes conductoras que no forman parte de la instalación eléctrica, no necesitan estar conectadas a la red equipotencial, si no hay peligro de desplazamiento de potencial.

Las envolventes metálicas de aparatos con modo de protección “seguridad intrínseca” no necesitan ser conectadas al sistema de unión equipotencial, a menos que sea requerido por la documentación del aparato. Las instalaciones con protección catódica no se conectarán a la red equipotencial salvo que el sistema esté diseñado específicamente con este fin.

Los conductores de equipotencialidad serán conformes con el apartado 8 de la Instrucción técnica complementaria BT 18 “Instalaciones de puesta a tierra” del Reglamento electrotécnico para baja tensión.

6.1.1. Concepto y función

La función de la unión equipotencial suplementaria es proteger contra descargas eléctricas accidentales entre elementos conductores, que puedan ser una fuente de ignición de productos pirotécnicos. Para ello se conectan todas las partes metálicas de la instalación con el fin de evitar diferencias de potencial entre ellas.

6.1.2. Conductores de equipotencialidad

El apartado 8 de la ITC 18 del REBT establece los requisitos que deben cumplir los 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 $2,5 \text{ mm}^2$, si es de cobre.

- 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.
- 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.

6.1.3. Requisitos particulares en zonas peligrosas (Z0, Z1 y Z2)

En los emplazamientos peligrosos todas las partes conductoras de las instalaciones eléctricas estarán conectadas a una red equipotencial. El sistema equipotencial no debe incluir los conductores neutros.

Si no hay peligro de desplazamiento de potencial, las partes conductoras que no forman parte de la instalación eléctrica, no necesitarán estar conectadas a la red equipotencial.

Las envolventes metálicas de aparatos con modo de protección “seguridad intrínseca” no necesitan estar conectadas al sistema de unión equipotencial, a menos que sea requerido por la documentación técnica del aparato. Las instalaciones con protección catódica no se conectarán a la red equipotencial salvo que el sistema esté diseñado específicamente con este fin.



6.2. LIMITACIÓN DE CORRIENTES DE DEFECTO A TIERRA

- Sistema TN

En las zonas peligrosas solo podrá utilizarse el sistema el tipo TN-S, es decir, el conductor neutro y el conductor de protección no deben conectarse entre sí ni combinarse en un solo conductor.

- Sistema TT

Si se utiliza este tipo de sistema, en zonas Z0 y Z1 deberá protegerse por un dispositivo de corriente diferencial residual.

- Sistema IT

Si se utiliza este tipo de sistemas en zonas peligrosas, deberá instalarse un dispositivo de supervisión o control del aislamiento para indicar el primer defecto junto a un dispositivo de corte automático que interrumpa la alimentación tras la aparición de un segundo defecto de aislamiento.

- Sistemas MBTS y MBTP

Los sistemas de muy baja tensión de seguridad MBTS y los sistemas de muy baja tensión de protección MBTP deben cumplir con los requisitos establecidos en la Instrucción técnica complementaria ITC BT 36 “Instalaciones a muy baja tensión” del Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Los diferentes esquemas de conexión del neutro caracterizan el método de conexión a tierra de la instalación aguas abajo del devanado secundario del transformador de alta/baja tensión y el medio utilizado para conectar a tierra las partes conductoras accesibles de la instalación de baja tensión a la que suministra alimentación. Existen tres esquemas de conexión o de distribución de las instalaciones eléctricas (TN, TT, IT).

Para la identificación de la conexión se emplea un código de letras. La primera letra se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra, representado la letra “T”, la conexión



directa de un punto de la alimentación a tierra, y representado la letra “I”, el 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.

La segunda letra se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra, representado la letra “T”, las masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación, y representado la letra “N”, las masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

En algunas ocasiones se emplean otras letras que se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección, representado la letra “S”, las funciones de neutro y de protección y aseguradas por conductores separados, y la “C”, las funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

6.2.1. Esquema TN

Los esquemas TN tienen un punto de alimentación, generalmente el neutro, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Hay tres tipos de esquemas TN en función de la disposición relativa entre el neutro y el conductor de protección.

Esquema TN-S: El conductor neutro y conductor de protección son distintos en todo el esquema.

Esquema TN-C: Las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema. No permitido para alimentación de receptores en zonas Z0, Z1 y Z2.

Esquema TN-C-S: Las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema. No permitido para alimentación de receptores en zonas Z0, Z1 y Z2.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos. Tanto TN-C como el TN-C-S no está permitido para alimentación de receptores en zonas Z0, Z1 y Z2.

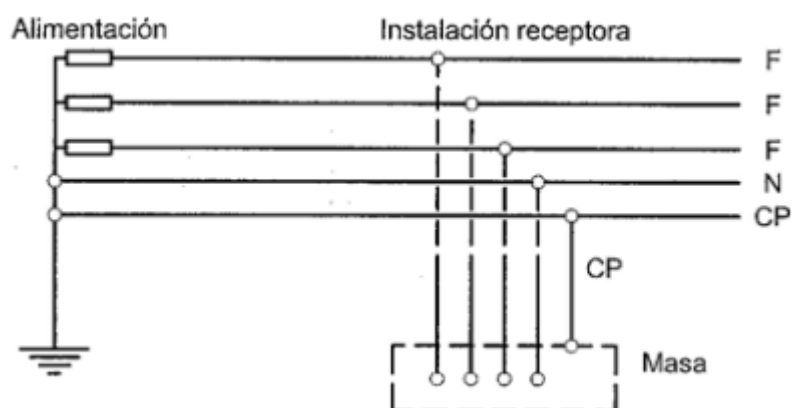


Ilustración 24: Esquema TN-S

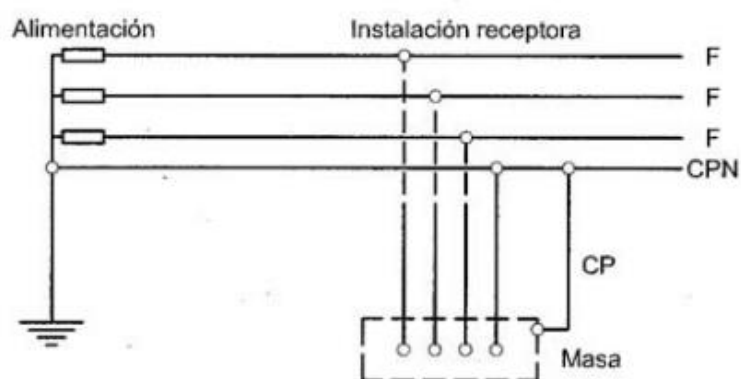


Ilustración 25: Esquema TN-C.

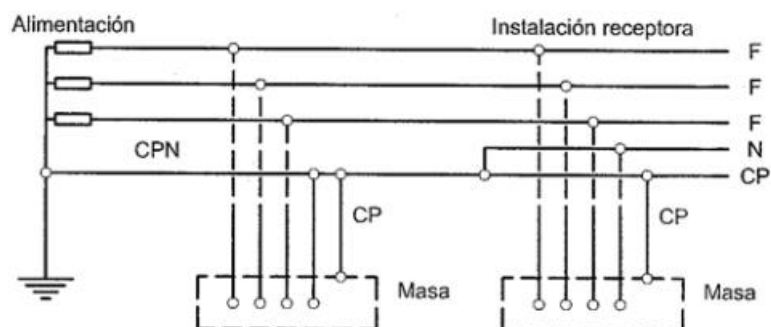


Ilustración 26: Esquema TN-C-S.

Prescripciones especiales en las redes de distribución en el 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 3, en función de la sección de los conductores de fase.

Tabla 3: 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



- b) Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las instrucciones ITC 06 e ITC 07 del REBT, para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra en los extremos cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros.
- c) La resistencia de tierra al 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.
- d) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a 2 ohmios.
- e) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.

Esquema TN. Dispositivos de protección frente a contactos indirectos

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurar que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de modo que, si se produce en un lugar cualquier fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Dónde:

Z_s es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo al definido en la Tabla 1 para tensión nominal igual a U_0 . En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial asignada.

U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Los tiempos de interrupción en función del voltaje es el siguiente:

- Para voltaje de 230 V el tiempo de interrupción es de 0,4 segundos
- Para voltaje de 400 V el tiempo de interrupción es de 0,2 segundos
- Para voltajes mayores de 400 V el tiempo de interrupción es de 0,1 segundos

La norma UNE HD 60364-4-41 indica las condiciones especiales que deben cumplirse para permitir tiempos de interrupción mayores o condiciones especiales de instalación.

En el esquema TN puede utilizarse los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en esquema TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general.

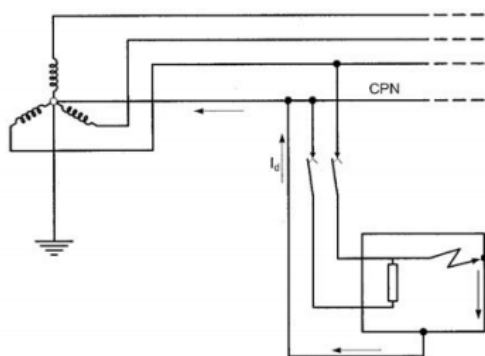


Ilustración 27: Conexión TN-C en estrella

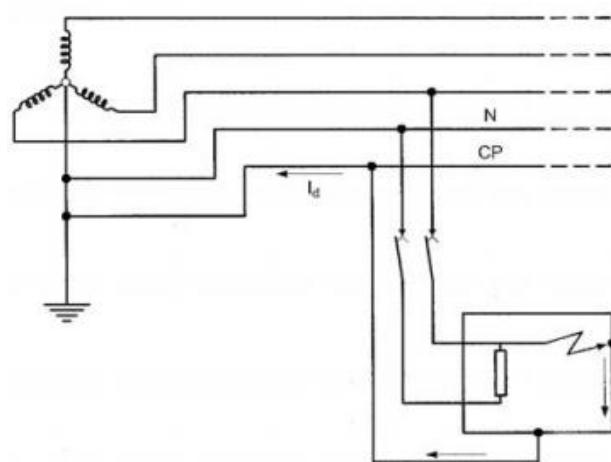


Ilustración 28: Conexión TN-S en estrella

6.2.2. Esquema TT

Un punto de la fuente de alimentación, generalmente el neutro o compensador, se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptoras están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

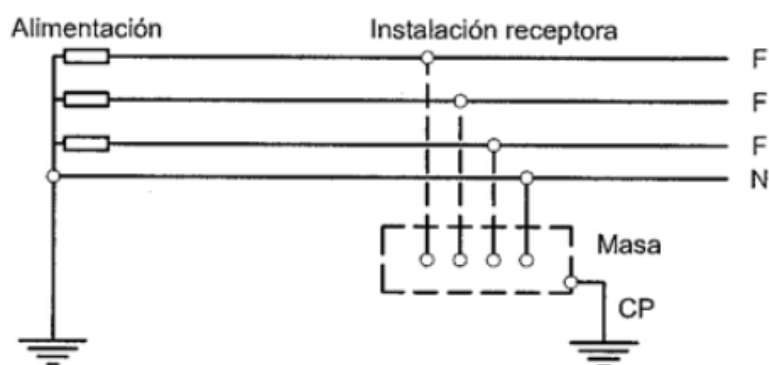


Ilustración 29: Esquema TT



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 si no son independientes. El esquema sigue un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones del esquema TN, es decir, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de tierra para la determinación de las condiciones de protección. Si las partes conductoras accesibles están conectadas a tierra en una serie de puntos, deberá instalarse un dispositivo de corriente diferencial residual (DDR) para cada conjunto de circuitos conectado a una determinada toma de tierra.

Este sistema de conexión es lo más sencillo de diseñar y de instalar, se utiliza en instalaciones suministradas directamente por la red pública de distribución de baja tensión y no requiere una supervisión continua durante el funcionamiento, sólo una comprobación periódica de los DDR. Cada defecto de aislamiento provoca una interrupción del suministro eléctrico, sin embargo, el corte se limita al circuito defectuoso mediante la instalación de un DDR.

Esquema TT. Dispositivos de protección frente a contactos indirectos

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, si no existe un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra. Debe cumplir la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_A \leq U$$

R_A : es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas

I_A : es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual la corriente se denomina corriente diferencial-residual asignada.



U: es la tensión de contacto límite convencional

En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_A tiene un valor muy bajo.

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra las sobrecorrientes, debe ser:

- bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento en 5 segundos como máximo;
- o bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento instantáneo.

La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales, únicamente se utilizarán cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.

Pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo S) en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 segundo.

6.2.3. 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.

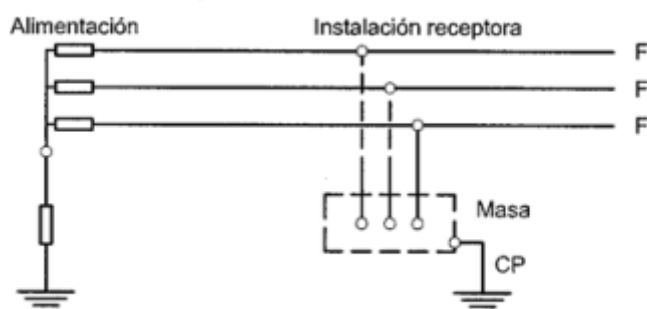


Ilustración 30: Esquema IT

La intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor suficientemente reducido como para no provocar la aparición de contactos peligrosas.

La limitación del valor de la intensidad resultante de un 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 neutro) y tierra. A este efecto puede resultar necesario limitar la extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitivo de los cables con respecto a tierra.

En este tipo de esquema se recomienda no distribuir el neutro.

Esquema IT. Dispositivos de protección frente a contactos indirectos

La instalación debe estar aislada de tierra o conectada a tierra a través de una impedancia de suficientemente alto valor. Esta conexión se efectúa bien sea en el punto neutro de la instalación, si está montada en estrella, o en un punto neutro artificial. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.

En caso de que exista un solo defecto a masa o a tierra, la corriente de fallo es de poca intensidad y no es imperativo el corte. Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar cualquier peligro en caso de aparición de dos fallos simultáneos.

Ningún conductor activo debe conectarse directamente a tierra de la instalación, las masas deben conectarse a tierra, bien sea individualmente o por grupos, satisfaciendo la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

Dónde:

R_A es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas

I_d es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica

U_L es la tensión de contacto límite convencional

C_1 ; C_2 ; C_3 Capacidad homopolar de los conductores respecto de tierra

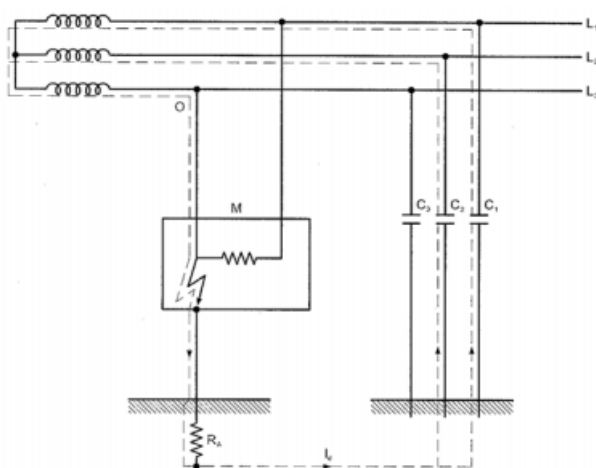


Ilustración 31: Esquema IT aislado de tierra

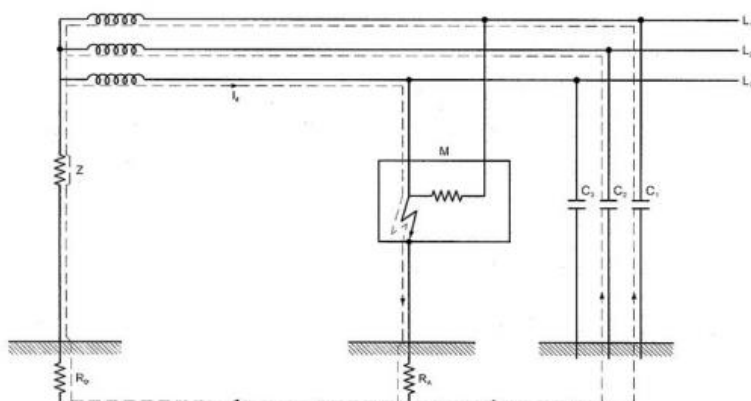


Ilustración 32: Esquema IT unido a tierra por impedancia Z y con las puestas a tierra de la alimentación y de las masas separadas

En el esquema IT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Controladores permanentes de aislamiento
- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.

Si se ha previsto un controlador permanente de primer defecto para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o a tierra, debe activar una señal acústica o visual.

Para aplicar las condiciones de interrupción en un segundo defecto, véase el REBT.

6.2.4. Sistemas MBTS y MBTP

Se consideran tres tipos de instalaciones a muy baja tensión: Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS); Muy Baja Tensión de Protección (MBTP) y Muy Baja Tensión Funcional (MBTF).

Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Seguridad comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en corriente alterna ó 75 V en corriente continua, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y no están conectados a tierra. Las masas no deben estar conectadas intencionadamente a tierra o a un conductor de protección.

Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Protección comprende aquellas cuya tensión nominal



no excede de 50 V en corriente alterna ó 75 V en ., alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y, por razones funcionales, los circuitos y/o masas están conectados a tierra o a un conductor de protección. La puesta a tierra de los circuitos puede ser realizada por una conexión adecuada al conductor de protección del circuito primario de la instalación

Las instalaciones a Muy Baja Tensión Funcional comprende aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c., y que no cumplen los requisitos de MBTS ni de MBTP. Este tipo de instalaciones bien, están alimentadas por una fuente sin aislamiento de protección, tal como fuentes con aislamiento principal, o bien sus circuitos no tienen aislamiento de protección frente a otros circuitos. La protección contra los choques eléctricos de este tipo de instalaciones deberá realizarse conforme a lo establecido en la ITC 24 del REBT, para circuitos MBTS y MBTP.

Fuentes de alimentación

Estas instalaciones deben estar alimentadas mediante una fuente que incorpore:

- a) un transformador de aislamiento de seguridad conforme a la UNE-EN 60742. Para el caso de la MBTP, el transformador puede ser con aislamiento principal con pantalla de separación entre el primario y el secundario puesta a tierra, siempre que exista un sistema de protección en el circuito primario por corte automático de la alimentación o
- b) una fuente de corriente que asegure un grado de protección equivalente al del transformador de seguridad anterior (por ejemplo un motor-generator con devanados con separación equivalente) o
- c) una fuente electroquímica (pilas o acumuladores), que no dependa o que esté separada con aislamiento de protección de circuitos a MBTF o de circuitos de tensión más elevada, o
- d) otras fuentes que no dependen de la MBTF o circuitos de tensión más elevada, por ejemplo un grupo electrógeno.
- e) determinados dispositivos electrónicos en los cuales se han adoptados medidas para que, en caso de primer defecto, la tensión de salida no supere los valores



correspondientes a Muy Baja Tensión.

Cuando la intensidad de cortocircuito en los bornes del circuito de utilización de la fuente de energía sea inferior a la intensidad admisible en los conductores que forman este circuito, no será necesario instalar en su origen dispositivos de protección contra sobreintensidades.

Condiciones de instalación de los circuitos

La separación de protección entre los conductores de cada circuito MBTS o MBTP y los de cualquier otro circuito, incluidos los de MBTF, debe ser realizada por una de las disposiciones siguientes:

- a) La separación física de los conductores
- b) Los conductores de los circuitos de muy baja tensión MBTS o MBTP, deben estar provistos, además de su aislamiento principal, de una cubierta no metálica.
- c) Los conductores de los circuitos a tensiones diferentes, deben estar separados entre sí por una pantalla metálica conectada a tierra o por una vaina metálica conectada a tierra.
- d) Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores, pueden contener circuitos a tensiones diferentes, siempre que los conductores de los circuitos MBTS o MBTP estén aislados, individual o colectivamente, para la tensión más alta que tienen que soportar.

Las tomas de corriente de los circuitos de MBTS y MBTP deben satisfacer las prescripciones siguientes:

- a) Los conectores no deben poder entrar en las bases de toma de corriente alimentadas por otras tensiones.
- b) Las bases deben impedir la introducción de conectores concebidos para otras tensiones;
y
- c) Las bases de enchufe de los circuitos MBTS no deben llevar contacto de protección, las de los circuitos MBTP si pueden llevarlo.
- d) Los conectores de los circuitos MBTS, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTP.



- e) Los conectores de los circuitos MBTP, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTS.

A todos los efectos, un circuito MBTF se considera siempre como circuito de tensión diferente.

No es necesario en este tipo de instalaciones seguir las prescripciones fijadas en la instrucción ITC 19 del REBT para identificación de los conductores ni seguir las prescripciones de la instrucción ITC 06 del REBT para los requisitos de distancia de conductores al suelo y la separación mínima entre ellos.

Los cables enterrados se situarán entre dos capas de arena o de tierra fina cribada, de 10 a 15 centímetros de espesor.

Cuando los cables no presenten una resistencia mecánica suficiente, se colocarán en el interior de conductos que los protejan convenientemente.

Para instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización, no será superior al 5 %.

Requisitos particulares para instalaciones a muy baja tensión de seguridad (MBTS)

Las partes activas de los circuitos de MBTS no deben ser conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos diferentes.

Las masas no deben conectarse intencionadamente ni a tierra, ni a conductores de protección o masas de circuitos diferentes, ni a elementos conductores. No obstante, para los equipos que, por su disposición, tengan conexiones francas a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua.

Por otro lado, si hay masas de circuitos MBTS que son susceptibles de ponerse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos



mediante uno de los métodos siguientes:

- Por barreras o envoltentes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X; o IP XXB según UNE 20324.
- Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 V durante un minuto.

Para tensiones inferiores a las anteriores no se requiere la protección alguna contra contactos indirectos, salvo para determinadas condiciones de influencias externas.

La corriente continua sin ondulación es aquella en la que el porcentaje de ondulación no supera el 10% del valor eficaz.

Requisitos particulares para instalaciones a muy baja tensión de protección (MBTP)

La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada:

- a) Por barreras o envoltentes que presenten como mínimo un grado de protección IP2X, o IP XXB según UNE 20324.
- b) Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 V durante un minuto.

No obstante, no se requiere protección contra los contactos directos para equipos situados en el interior de un edificio en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:

- a) 25 V eficaces en corriente alterna ó 60 V en corriente continua sin ondulación, siempre y cuando el equipo se utilice únicamente en emplazamientos secos, y no se prevean contactos francos entre partes activas y el cuerpo humano o de un animal.
- b) 6 V eficaces en corriente alterna ó 15 V en corriente continua sin ondulación, en los demás casos.



6.3. AISLAMIENTO ELÉCTRICO

Cada circuito o cada grupo de circuitos, incluyendo todos los circuitos conductores no conectados a tierra, deberán estar provistos de los seccionadores adecuados para su aislamiento. Junto con cada seccionador deberá colocarse la información que permita una rápida identificación del circuito o grupo de circuitos controlados por dicho seccionador.

Para acciones de emergencia deberá proveerse, en un lugar no peligroso fuera de las áreas clasificadas, al menos uno o varios medios de desconexión del suministro eléctrico a estas áreas. El equipamiento eléctrico que debe continuar funcionando para prevenir un peligro adicional debe pertenecer a un circuito separado del resto de la instalación y no debe combinarse con otros grupos de circuitos.

Si en la instalación se prevé el funcionamiento de algún equipo eléctrico en condiciones de emergencia en zonas clasificadas, este debe alimentarse mediante separación eléctrica.

6.4. SEPARACIÓN ELÉCTRICA

La separación eléctrica será conforme a lo establecido en el apartado 413 de la Norma UNE-HD 60364-4-41:2010 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos” para la alimentación de un solo equipo.

6.4.1. Concepto y generalidades

La separación eléctrica cumple las siguientes generalidades:

- a) La separación eléctrica es una medida de protección en la que:
 - La protección principal está asegurada por un aislamiento principal de barreras o envolventes.
 - La protección en caso de falta está asegurada por una separación de protección entre el circuito separado y los demás circuitos y tierra.



El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir, un transformador de aislamiento o una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento.

- b) Con excepción de lo especificado en el apartado c) esta medida de protección debe estar limitada a la alimentación de un solo elemento del equipo de utilización alimentado a partir de una fuente separada aislada de tierra.
- c) Si más de un equipo está alimentado por una fuente con separación simple aislada de tierra, se deben aplicar requisitos adicionales.

6.4.2. Requisitos para la protección principal

Aislamiento principal de las partes activas

Las partes activas deben estar completamente recubiertas por un aislante que no puede ser quitado nada más que por destrucción. Para los equipos, el aislamiento debe ser conforme con las normas correspondiente relativas a estos equipos eléctricos³.

Barreras o envolventes⁴

Las partes activas deben estar colocadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean como mínimo el grado de protección IPXXB o IP2X; sin embargo, si se producen aberturas más grandes durante el reemplazamiento de partes tales como manguitos, tomas de corriente o fusibles, o si las aberturas más grandes son necesarias para permitir un buen funcionamiento de los equipos conforme a las reglas que se apliquen a estos equipos:

- Deben tomarse precauciones adecuadas para impedir a las personas o animales de crianza tocar accidentalmente las partes activas.

³ El aislamiento está destinado a impedir todo contacto con las partes activas.

⁴ Las barreras o envolventes están destinadas a impedir todo contacto con las partes activas.



- Se debe asegurar que, en la medida de lo posible, las personas son conscientes del hecho que las partes accesibles por la apertura son partes activas y no deben ser tocadas voluntariamente.
- La abertura tiene que ser por eso razonablemente pequeña para responder a los requisitos de un funcionamiento apropiado y al reemplazamiento de un elemento.

Las superficies superiores horizontales de las barreras o de las envolventes que son fácilmente accesibles deben responder como mínimo al grado de protección IPXXD o IP4X.

Las barreras y envolventes deben estar fijadas de forma segura y ser de una robustez y de una durabilidad suficientes para mantener los grados de protección requeridos con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones conocidas de servicio normal, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar parte de envolventes, ello no deber ser posible más que:

- Por medio de una llave o de una herramienta.
- Bien después, de poner fuera de tensión las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, la tensión no puede ser restablecida más que después de colocar en su sitio las barreras o envolventes.
- Si una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IPXXB o IP2X está interpuesta, no puede ser quitada más que por medio de una llave o herramienta que permita la retirada de la barrera intermedia.

Si detrás de una barrera o de una envolvente, los dispositivos pueden retener cargas eléctricas peligrosas después de puestas fuera de tensión (capacidades, etc.) es necesario poner una advertencia. Las pequeñas capacidades, como las de extinción de arco, para el retardo de respuesta de relés, etc., no deben ser consideradas como peligrosas⁵.

5 Un contacto no intencionado no se considera peligroso si la tensión debida a las cargas estáticas cae por debajo de 120 V c.c. en menos de 5 segundos después del corte.



6.4.3. Requisitos para la protección en caso de falta

- a) La protección por separación eléctrica debe estar garantizada respetando los requisitos enunciados en los apartados b) a f).
- b) El circuito separado debe estar alimentado por medio de una fuente de separación simple y la tensión del circuito separado no debe sobrepasar de 500V.
- c) Las partes activas del circuito separado no deben tener ningún punto en común con otro circuito ni ningún punto conectado a tierra. Para asegurar las disposiciones que se refieren a la separación eléctrica debe realizarse entre circuitos un aislamiento principal.
- d) Los cables flexibles deben ser visibles sobre toda su longitud susceptible de sufrir daños mecánicos.
- e) Para los circuitos separados se recomienda utilizar canalizaciones distintas. Si no se puede evitar utilizar conductores de una misma canalización, para los circuitos separados y otros circuitos, debe usarse cables multiconductores sin ningún revestimiento metálico o conductores aislados colocados en canalones o conductos aislantes, procurando que:
 - Estos cables y conductores estén especificados para una tensión como mínimo igual a la tensión más elevada puesta en juego.
 - Cada circuito este protegido de las sobreintensidades.
- f) Las masas del circuito separado no deben ser conectadas ni al conductor de protección, ni a las masas de otros circuitos, ni a tierra. Si las masas del circuito separado son susceptibles de ponerse en contacto ya sea de hecho o fortuitamente, con las masas de otros circuitos, la seguridad de las personas no reposa sobre la sola medida de protección por separación eléctrica, sino sobre las medidas de protección que son objeto estas últimas masas.



6.5. PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA

En el diseño de las instalaciones se debe tener en cuenta los efectos de la electricidad estática para reducirlos a un nivel seguro. Se adoptarán, entre otras, las siguientes precauciones:

La resistencia de tierra del conjunto formado por la puesta a tierra y la red de conexión equipotencial no superará el valor de 1 MΩ.

El calzado y la ropa que se suministre a los trabajadores que desarrollen su actividad en zonas Z0 y Z1 deberán estar certificados de acuerdo con el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, y deberán estar fabricados y diseñados de tal manera que no pueda producirse en ellos ningún arco o chispa de origen eléctrico, electroestático o causados por un golpe, que pueda inflamar una mezcla explosiva. Adicionalmente, el calzado, ya sea de seguridad, de protección o de trabajo, será de tipo antiestático, con una resistencia no inferior a $10^8 \Omega$ (medidos según la norma UNE-EN ISO 20344:2005/A1:2008 “Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado”), debiendo estar identificado en el marcado con un símbolo “A”. La ropa de protección será conforme a la norma UNE-EN 1149-1:2007 “Ropas de protección. Propiedades electroestáticas. Parte 1: Método de ensayo para la medición de la resistividad de la superficie” o la norma UNE-EN 1149-3:2004 “Ropas de protección. Propiedades electroestáticas. Parte 3: Métodos de ensayo para determinar la disipación de la carga” y estará identificada con el pictograma de seguridad correspondiente.

El pavimento instalado en zonas Z0, Z1 o Z2 tendrá una resistencia inferior a $10^9 \Omega$, medida según la norma UNE-EN 61340-4-1:2005 “Electroestática. Parte 4-1: Métodos de ensayo normalizados para aplicaciones específicas. Resistencia eléctrica de recubrimientos de suelos y pavimentos instalados”.

Deberán disponerse medios conductores de descarga electroestática para descarga de los trabajadores tanto antes de su acceso a zonas Z0 o Z1, como durante el desarrollo de su trabajo en estas zonas.

Para la evaluación del riesgo de descarga electroestática y la adopción de medidas de



prevención y protección adecuadas, podrá utilizarse el informe técnico CLC/TR 50404:2003 del CENELEC “Electrostatics- Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity”.

6.5.1. Concepto

La materia es eléctricamente neutra y estable por naturaleza. Está formada por el mismo número de electrones (cargas negativas) y de protones (cargas positivas). En algunas ocasiones, se produce un movimiento de cargas en la superficie de dos materiales diferentes generando la energía suficiente para permitir la transferencia de electrones de un material a otro. De este modo se dice que un cuerpo está cargado de electricidad estática.

Aunque esta polarización tiende a neutralizarse en contacto con un elemento conductor, produciéndose una descarga en forma de chispas. Esta descarga puede desprender la energía suficiente para producir la inflamación de la atmósfera explosiva.

6.5.2. Generación de electricidad estática

La electricidad estática se puede producir por conducción o por inducción:

- **Conducción:** se produce mediante la fricción entre dos materiales diferentes que se han puesto en contacto. Es la manera más común de producirse.
- **Inducción:** consiste en un reordenamiento superficial de las cargas de un material cuando éste se aproxima a otro que está cargado estáticamente.

Proceso de carga:

- Si acercamos un objeto cargado (por ejemplo una barra) a otro objeto eléctricamente estable, se producirá un movimiento de las cargas por el efecto de atracción- repulsión que experimentan.

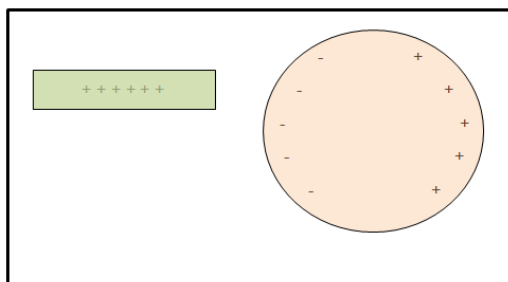


Ilustración 33: Proceso de carga 1

- Si se conecta el objeto esférico a tierra, manteniendo la barra fija, la carga positiva de la esfera se disipará por la línea de tierra.

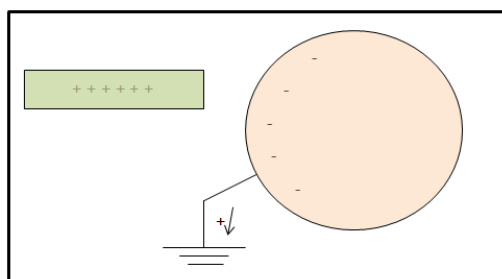


Ilustración 34: Proceso de carga 2

- Si retiramos la toma de tierra del objeto esférico, se quedará cargada negativamente. Dichas cargas negativas estarán lo más cerca posible de la barra cargada positivamente por el efecto de atracción.

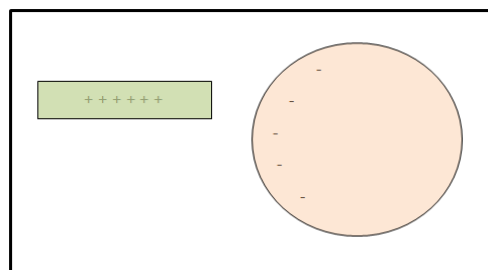


Ilustración 35: Proceso de carga 3

- Finalmente, si retiramos la barra, el objeto esférico distribuirá sus cargas por todo su volumen.

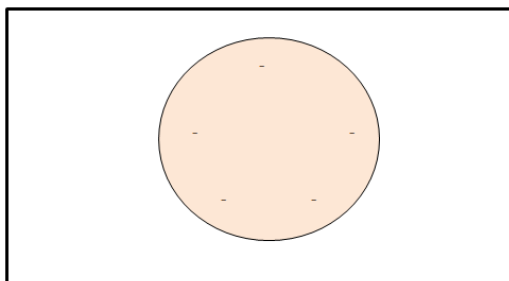


Ilustración 36: Proceso de carga 4

Todas las cargas electroestáticas generadas y que no tengan una vía eléctrica para moverse, ya sea entre materiales o a tierra, quedarán acumuladas en el material donde se han generado. Esta acumulación puede producirse en materiales no conductores y en materiales conductores aislados eléctricamente de tierra y cualquier otro material.

Disipación

Consiste en la redistribución de las cargas estáticas en los cuerpos que han sufrido un desequilibrio. La velocidad de disipación depende de la conductividad entre el cuerpo cargado y su camino a tierra.

Descarga

En el caso de que no se disipen las cargas, los materiales permanecerán con carga electroestática. En ocasiones, puede ocurrir que la tensión generada en la superficie sea superior a la rigidez eléctrica del medio de contacto, produciéndose una descarga.

Las descargas más peligrosas son aquellas que concentran mayor energía electroestática acumulada.

6.5.3. Descargas producidas por los trabajadores

El cuerpo humano puede estar cargado electroestáticamente, la generación y la acumulación de cargas electroestáticas en las personas depende de diversos factores, destacando:



- Contacto con elementos cargados.
- Proximidad de campos eléctricos generados por cuerpos cargados.
- Naturaleza de la vestimenta del trabajador. Debe evitarse en medida de lo posible prendas de fibra sintética, y calzado aislante ya que son malos conductores y pueden acumular mucha energía electroestática.
- Suelos con materiales aislantes.
- Humedad relativa del ambiente.
- Características físicas del trabajador en el momento (sudoración...).

Debido a la existencia del riesgo de explosión provocado por chispa electroestática, los trabajadores deberán tomar precauciones especiales.

6.5.4. Medidas preventivas

El calzado y la ropa que se suministre a los trabajadores que desarrollen su actividad en zonas Z0 y Z1 deberán estar certificados de acuerdo con el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, y deberán estar fabricados y diseñados de tal manera que no pueda producirse ningún arco o chispa de origen eléctrico, electroestático o causados por un golpe, que pueda inflamar una mezcla explosiva.

- **Calzado de protección antiestática**

El calzado, ya sea de seguridad, de protección o de trabajo, será de tipo antiestático o conductor, con una resistencia inferior a $10^8 \Omega$ (medidos según la norma UNE-EN ISO 20344 «Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado»), debiendo estar identificado en el marcado con un símbolo «A», calzado antiestático o «C» calzado conductor:

- Calzado antiestático: El valor de la resistencia se acota, siendo el límite superior de la resistencia bajo para evitar la acumulación de cargas, y el límite inferior debe ofrecer protección en caso de contacto eléctrico accidental (entre $10^5 \Omega$ y $10^9 \Omega$). El calzado antiestático se debe utilizar cuando sea necesario minimizar la acumulación electroestática mediante la disipación de las cargas. Este tipo de calzado es adecuado para uso general.



- Calzado conductor: formado por una resistencia muy baja (inferior a $10^5\Omega$) para minimizar la carga electrostática lo más rápido posible. Muy útil cuando se manipulan sustancias con una baja energía de ignición.

Hay que tener presente que estas propiedades pueden modificarse de manera significativa en función de las condiciones ambientales (humedad, suciedad, etc.). También es importante tener en cuenta las propiedades de resistencia del suelo, de tal modo que no anule las propiedades del calzado.

Para facilitar el marcado del calzado, existen diferentes categorías con las combinaciones de requisitos básicos y adicionales más comunes.

Tabla 4: Clasificación calzado

Símbolo/ Categoría	Calzado de seguridad (UNE-EN ISO 20345)	Calzado de protección (UNE-EN ISO 20346)	Calzado de trabajo (UNE-EN ISO 20347)
Conductor	C	C	C
Antiestático	A S1, S2, S3, S4, S5	A P1, P2, P3, P4, P5	A O1, O2, O3, O4, O5



Ilustración 37: Calzado de seguridad antiestática

Los marcados 1 a 5 independientemente del tipo de calzado; seguridad, protección o trabajo, tienen en cuenta las propiedades antiestáticas. Por tanto, un calzado marcado, por ejemplo, como “S3”, es un calzado antiestático aun no incorporando el marcado “A” específico.



Ilustración 38: Marcado calzado

- **Ropa de protección**

La ropa de protección, al igual que el calzado, ha de someterse a una serie de ensayos para determinar las propiedades electroestáticas, el tiempo de disipación de la carga y la resistividad superficial de los materiales utilizados para la confección.

En el caso de los requisitos de comportamiento electrostáticos, se establecen dos tipos de requisitos, debiendo la ropa cumplir al menos uno de ellos, atendiendo al método de ensayo utilizado

- Resistencia superficial debe ser menor o igual a $2,5 \times 10^9 \Omega$, en al menos una de las superficies (para prendas multicapa) ensaya de acuerdo al método de ensayo descrito en la norma UNE-EN 1189-1.

- Un tiempo de semi-disipación $t_{50\%}$: menor a 4 s o un factor de protección S mayor a 0,2, en el caso que se haya ensayado de acuerdo a la norma UNE-EN 1149-3 (método 2, carga por inducción)

La ropa de protección debe ir marcada con un pictograma indicando la protección frente electricidad estática junto con la referencia a la norma especificada (Ilustración 40).



Ilustración 39: Chaqueta y pantalón antiestático



Ilustración 40: Pictograma de protección frente a electricidad estática en ropa de protección

No existe una normativa específica para guantes de protección con propiedades electrostáticas. No obstante, las propiedades electrostáticas de estos deben ensayarse de acuerdo a los



métodos descritos en las normas UNE-EN 1149 partes 1 y 2. Sin embargo, no puede utilizarse el pictograma electrostático (Ilustración 40), ya que estos métodos están validados para ropa y no para guantes.

Para una correcta protección, deben seguirse las instrucciones del fabricante de la ropa teniendo especial cuidado en:

- Advertencias de uso simultáneo de la ropa con calzado con propiedades disipativas.
- No quitarse la ropa en presencia de atmósferas explosivas.
- Ajustarse bien las prendas para una correcta protección.

- **Pavimento**

Los requisitos exigibles a los suelos de los lugares de trabajo en ámbito del Real Decreto 989/2015:

- Artículo 83. El suelo de los almacenes habrá de reunir los requisitos exigidos por las características de los productos que se almacenen, debiendo constituir en todo caso una superficie unida, sin grietas ni fisuras, de fácil limpieza y lavado.
- Artículo 98. El suelo de los almacenes auxiliares habrá de reunir los requisitos exigidos por las características de los productos que se almacenen, debiendo constituir en todo caso una superficie unida, sin grietas o fisuras, de fácil limpieza y lavado.
- ITC 13. Instalaciones y equipos eléctricos en zonas clasificadas con presencia de materia reglamentada. El pavimento instalado en zonas Z0 o Z1 tendrá una resistencia inferior a $10^9 \Omega$, medida según la norma UNE-EN 61340-4-1:2005 «Electrostática. Parte 4-1: Métodos de ensayo normalizados para aplicaciones específicas. Resistencia eléctrica de recubrimientos de suelos y pavimentos instalados»

Adicionalmente, la ITC 14 establece que el empresario evaluará los riesgos específicos de explosión de materias o mezclas explosivas teniendo en cuenta, al menos:



- a) Las características explosivas de las materias o mezclas existentes en los lugares de trabajo.
- b) Las instalaciones, los equipos de trabajo, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- c) Las probabilidades de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- d) Las proporciones de los efectos previsibles.

En las evaluaciones de riesgos laborales deberán tenerse en cuenta las características de los suelos instalados en zonas clasificadas, para que evitar que por sus características puedan provocar la aparición de cualquier tipo de fuente de ignición.

El cumplimiento de la exigencia establecida por la ITC 13 puede alcanzarse de tres formas:

- Efectuando una medición in situ de acuerdo a lo establecido por la norma UNE-EN 61340-4-1.
- Instalando un suelo o aplicando un tratamiento superficial cuyas características de resistencia sean certificadas por el fabricante y cumplan con el requisito exigido.
- Instalando un suelo o aplicando un tratamiento superficial no certificados por el fabricante pero de los que se conozca sus características por ensayos previos realizados.

La experiencia indica que para generalizar la utilización de un tipo de suelo sería necesario efectuar los ensayos de resistencia necesarios y determinar específicamente su constitución.

Tipos de suelo en relación a sus características conductivas:

Cementos, morteros y hormigones

Los suelos de obra contruidos con cemento, mortero u hormigón ofrecen en general resistencias superficiales bajas. En caso de que estos suelos hayan sufrido algún tipo de tratamiento superficial como por ejemplo pulido o abrillantado con materiales sintéticos, es



posible que las superficies adquieran unas características distintas, pudiendo llegar a ofrecer resistencias muy superiores.

Terrazos

Los suelos constituidos por baldosas de terrazo ofrecen por lo general resistencias superficiales bajas, siempre y cuando no hayan recibido algún tipo de tratamiento superficial de brillo o pulido que modifique sus características.

Baldosas cerámicas

No puede establecerse un comportamiento general para las baldosa en relación con su resistencia eléctrica superficial, ya que existen multitud de acabados en el mercado y muchos de ellos aportan una resistencia superficial superior a 1 GΩ.

Gomas

El caso de la gomas es similar al de las baldosas, su resistencia superficial está ligada directamente a la composición de la goma, de forma que existen gomas que presentan buenas conductividades y otras que por el contrario resultan aislantes.

Este caso es de especial interés en pirotecnia, pues las gomas son ampliamente utilizadas en el sector en los locales de fabricación de mezclas explosivas de gran sensibilidad, con objeto de evitar los riesgos de aparición de fuentes de ignición por impacto o fricción de distintos elementos contra el suelo (caída de herramientas, incrustación de elementos en el calzado, etc.).

Suelos vinílicos

La mayoría de los suelos sintéticos comunes de vinilo o PVC presentan altas resistencias superficiales, en general superiores a 1 GΩ. En casos especiales, este tipo de suelos pueden contener aditivos que mejoran su conductividad llegando incluso a presentar características disipativas.

Existen en el mercado suelos vinílicos fabricados expresamente para uso en locales en los que se requiere controlar la electricidad estática. El fabricante puede aportar justificación del cumplimiento de estas características.



Pinturas y morteros autonivelantes

Las pinturas y morteros autonivelantes de tipo sintético, una vez aplicadas superficialmente, presentan resistencias elevadas. En el mercado existe gran variedad de composiciones y aditivos que en muchos casos mejoran de forma importante las características conductivas de estos acabados superficiales.

Como en el caso de los suelos vinílicos, en el mercado existen pinturas y morteros fabricados expresamente para dotar de características disipativas los suelos de trabajo y en los que el fabricante puede aportar justificación del cumplimiento de estas características.

6.5.5. Recomendaciones generales

Se recomienda:

- Clasificar las zonas y evaluar los riesgos de cada una de ellas.
- Conocer las energías mínimas de inflamación de las sustancias presentes para poder elegir los equipos con sus respectivas protecciones.
- Uso de ropa y calzado antiestático o conductor.
- Aumentar la conductividad de los materiales.
 - Aumentar la humedad ambiental a valores superiores al 60%. A partir de esta humedad, se forma una película conductora en los materiales que dificulta la acumulación de cargas electroestáticas.
 - Realizar un tratamiento superficial, productos antiestáticos por ejemplo, para aumentar la conductividad superficial y favorecer la formación de capas de humedad.
- Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras. La resistencia de tierra no tiene que superar $1M\Omega$ para que sea efectiva. También se considera que todas las tuberías enterradas y tanques de almacenamiento están conectados a tierra.
- Utilización de materiales y productos antiestáticos.



- Utilización de suelos de material disipador (no aislante). Se les puede aplicar un aditivo (grafito por ejemplo) para aumentar la conductividad. Debe tenerse especial cuidado en los vehículos, los cuáles deben prever medios para su descarga a tierra.
- Reducción de la velocidad relativa entre superficies de rozamiento. Al tener menor velocidad, menor rozamiento, menor excitación atómica de los materiales y capacidad de carga electroestática.
- Utilización de medios conductores de descargas electroestáticas para las personas, antes de entrar en zonas de peligro. En fábricas de pirotecnia, en zonas clasificadas:
 - Contacto con una placa o pica metálica conectada a tierra.
 - Uso de alfombrillas antiestáticas para aquellos lugares que tengan suelos aislantes, aditivos antiestáticos o humidificadores de ambiente.
 - Uso de muñequera y tobilleras durante la realización de trabajos de especial peligrosidad.
 - Evitar que entren en contacto materiales que tengan afinidades electrónicas muy diferentes.
 - Elección de materiales que estén en contacto, es decir, muy separados en la serie triboeléctrica (véase “NTP 567: Protección frente a cargas electroestáticas”).
 - Reducir la presión de contacto entre los materiales.
 - Controlar la temperatura de contacto de las superficies. El calor favorece la movilidad electrónica.

6.6. PROTECCIÓN CATÓDICA DE PARTES METÁLICAS

En zonas Z0 no se permite la utilización de protección catódica, salvo si está especialmente diseñada para esta aplicación.

Los elementos de aislamiento requeridos para la protección catódica deberán estar situados, si es posible, fuera de las zonas peligrosas.



6.6.1. Concepto

La protección catódica consiste en la polarización a potenciales más negativos de superficie metálica hasta alcanzar un grado de polarización en el cual dicha superficie metálica es inmune a la corrosión.

Se suele usar el magnesio, aluminio y zinc como material de sacrificio.

El cátodo es el electrodo donde se desarrolla la reacción de reducción y es dónde prácticamente no ocurre corrosión.

6.7. CABLEADO SEGURIDAD INTRÍNSECA

Para instalaciones de seguridad intrínseca, los sistemas de cableado cumplirán los requisitos de la norma UNE-EN 61241-14:2006 “Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 14: Selección e instalación” y de la norma UNE-EN 60079-25: 2005 CORR: 2006 “Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 25: Sistemas de seguridad intrínseca”.

Los cables para el resto de instalaciones tendrán una tensión mínima asignada de 450/750 V.

La norma UNE-EN 61241-14:2006 es anulada por la norma UNE-EN 60079-14:2010 “Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas”.

La norma UNE-EN 60079-25:2005 CORR: 2006 es anulada por la norma EN 60079-25:2010.

6.7.1. Requisitos de la norma UNE EN 60079-14

Generalidades

La instalación de los circuitos de seguridad intrínseca sigue una filosofía en el diseño del modo de protección diferente al resto de modos. En comparación con los otros tipos de modos de protección, donde se persigue confinar la energía eléctrica con el objetivo de que el ambiente peligroso circundante no pueda inflamarse, la integridad de un circuito de seguridad intrínseca se consigue protegiéndolo de la intrusión de energía de otras fuentes eléctricas, de manera que no se supere la limitación segura de energía en el circuito, incluso cuando se produzca la rotura,



cortocircuito o puesta a tierra.

Como consecuencia de este principio, el objetivo de las reglas de instalación de los circuitos de seguridad intrínseca es la de mantener la separación de otros circuitos. Salvo que se indique lo contrario, los requisitos para los circuitos de seguridad intrínseca deben aplicarse a todos los niveles de protección ("ia", "ib" e "ic").

A fin de proteger contra interferencias no autorizadas y daños, los componentes y el cableado de los equipos de seguridad intrínseca y los equipos asociados (por ejemplo, barreras) deben montarse en envoltentes que ofrezcan al menos un grado de protección IP20, salvo que la documentación del equipo requiera un mayor grado de protección. Pueden usarse métodos alternativos de montaje si ofrecen una integridad similar frente a las interferencias y daños.

Cables

En los circuitos de seguridad intrínseca sólo deben utilizarse cables aislados cuyas tensiones de ensayo entre conductor y tierra, conductor y pantalla y pantalla y tierra sean, al menos, 500 V en corriente alterna o 750 V en corriente continua.

El diámetro de los conductores individuales dentro del emplazamiento peligroso no debe ser inferior a 0,1 mm. Esto aplica también a los hilos individuales de un conductor finamente trenzado.

Puesta a tierra de las pantallas conductoras

Cuando se requiera una pantalla, esta debe estar conectada eléctricamente a tierra en un solo punto, normalmente en la zona no peligrosa final del bucle del circuito. Este requisito es para evitar la posibilidad que la pantalla transporte un nivel de intensidad peligroso en caso que existan diferencias locales en el potencial de tierra entre un extremo del circuito y el otro.

Si la puesta a tierra de un circuito se realiza con un cable apantallado, la pantalla de ese circuito debe conectarse a tierra en el mismo punto en que esté apantallando al circuito de seguridad intrínseca.

Si el aislamiento respecto a tierra de un circuito de seguridad intrínseca o un sub-circuito se realiza con un cable apantallado, la pantalla debe conectarse en un punto al sistema de conexión equipotencial.



Es casos especiales, consultar el punto 12.2.2.3. de la norma UNE-EN 60079-14:2008.

Unión equipotencial de armaduras de cables en equipos con seguridad intrínseca

La armadura debe estar conectada al sistema de unión equipotencial a través de los dispositivos de entrada del cable o equivalente, en cada extremo del recorrido del cable. Cuando haya interposición de cajas de conexión u otro material, normalmente la armadura estará conectada de manera similar al sistema de unión en estos puntos. En caso que se requiera que la armadura no esté conectada al sistema de unión equipotencial en ningún punto intermedio, se procurará garantizar que se mantiene la continuidad eléctrica de la armadura de un extremo a otro del recorrido del cable.

Cuando la unión de la armadura a un punto de entrada no sea posible, o cuando los requisitos de diseño hagan que esto no sea posible, se procurará evitar cualquier diferencia de potencial que pueda surgir entre la armadura y el sistema de unión equipotencial que dé lugar a una chispa incendiaria.

Instalación de cables y cableado

Las instalaciones con seguridad intrínseca deben realizarse de tal forma que su seguridad intrínseca no se vea afectada negativamente por campos eléctricos o magnéticos externos tales como líneas eléctricas cercanas o cables unipolares que transporten intensidades altas. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante el uso de pantallas y/o núcleos trenzados o manteniendo una distancia adecuada a la fuente del campo eléctrico o magnético.

Tanto en emplazamientos peligrosos como en emplazamientos no peligrosos, se deben instalar de forma que se garantice que los cables de los circuitos de seguridad intrínseca no puedan conectarse inadvertidamente a los cables de los circuitos que no sean de seguridad intrínseca.

Conductores

Los conductores de los circuitos de seguridad intrínseca, excepto los permitidos en el apartado 12.2.2.7. de la Norma UNE-EN 60079-14:2008, no deben estar en la misma agrupación o conducto que los conductores de los circuitos que no sean de seguridad intrínseca salvo que están separados por una capa intermedia de material aislante o por una partición metálica conectada a tierra. No se requiere ninguna separación si se utilizan cubiertas metálicas o



pantallas para los circuitos que no sean de seguridad intrínseca.

Marcado

Se deben marcar los cables que contengan circuitos de seguridad intrínseca para identificarlos como parte de un circuito de seguridad intrínseca. El color utilizado para los cables debe ser el azul claro. Cuando los circuitos de seguridad intrínseca hayan de identificarse mediante el uso de un cable de color azul claro, no se debe utilizar el cable de color azul claro para otros fines o lugares que pudieran conducir a confusión o en detrimento de la efectividad de la identificación de los circuitos de seguridad intrínseca.

Si todos los cables de los circuitos de seguridad intrínseca o todos los cables de los circuitos que no sean de seguridad intrínseca son armados, con cubierta metálica o apantallados, entonces no se requiere marcado de los cables de los circuitos de seguridad intrínseca.

Terminación de los circuitos de seguridad intrínseca

Los bornes de los circuitos de seguridad intrínseca deben separarse de los bornes de los circuitos que no sean de seguridad intrínseca mediante alguno de estos dos métodos:

- a) Cuando la separación se cumple por distancia, la distancia entre bornes debe ser al menos 50 mm. Se debe tener cuidado en la disposición de los bornes y en el método de cableado utilizado para que el contacto entre los circuitos sea improbable si un cable se desprende.
- b) Cuando la separación se cumpla mediante el uso de una partición aislante o metálica puesta a tierra, las particiones utilizadas deben extenderse hasta 1,5 mm del interior de las paredes de la envolvente, o alternatively, proporcionar una medida mínima de 50 mm entre los bornes cuando se tome en cualquier dirección alrededor de la partición.

Puesta a tierra de los circuitos de seguridad intrínseca

Los circuitos de seguridad intrínseca deben estar o bien:

- a) aislados de tierra o,
- b) conectados en un punto del sistema de unión equipotencial, si existe, en toda la zona en la que se instalan los circuitos de seguridad intrínseca.



El método de instalación debe escogerse en función de los requisitos funcionales de los circuitos de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

En un circuito se permite más de una conexión a tierra siempre que el circuito esté dividido galvánicamente en sub-circuitos y cada uno de los cuales esté puesto a tierra en un solo punto.

En circuitos de seguridad intrínseca que estén aislados de tierra, se debe prestar atención al peligro de carga electrostática. Una conexión a tierra a través de una resistencia superior a $0,2\text{ M}\Omega$ para la disipación de cargas electrostáticas, por ejemplo, no se considera puesta a tierra.

Los circuitos de seguridad intrínseca deben estar conectados a tierra si es necesario por razones de seguridad, por ejemplo, en instalaciones con barreras de seguridad sin aislamiento galvánico.

Cuando el material esté conectado a tierra y se utilice un conductor de unión equipotencial entre el equipo y el punto de conexión a tierra del equipo asociado, no se requiere la conformidad con los apartados a) y b). Si se emplean conductores de unión equipotencial, deberían ser adecuados para la situación, tener una sección de cobre mayor o igual a 4 mm^2 , estar instalados de manera permanente sin el uso de clavijas y bases de toma de intensidad, protegidos mecánicamente de forma adecuada, y tener unas terminaciones que, excepto el grado IP, se ajusten a los requisitos del modo de protección “e”.

En circuitos de seguridad intrínseca, los bornes de puesta a tierra de las barreras de seguridad sin aislamiento galvánico (por ejemplo, las barreras Zener) deben estar:

- conectados al sistema de unión equipotencial por el camino más corto posible, o
- para sistemas TN-S solamente, conectados a un punto de tierra de alta integridad tal que se garantice que la impedancia desde el punto de conexión al punto de puesta a tierra del sistema de alimentación de energía sea inferior a 1Ω . Esto puede lograrse mediante la conexión a una pica de puesta a tierra de una sala de control o por el uso de picas de puesta a tierra separadas.

La sección transversal de la conexión a tierra debe constar de:

- al menos dos conductores separados cada uno asignado para transportar la máxima intensidad posible, que puede fluir continuamente y cada uno con una sección mínima de cobre de $1,5\text{ mm}^2$, o



- al menos un conductor con un mínimo de 4 mm² de cobre.

6.7.2. Requisitos de la norma UNE EN 60079-25

Los sistemas de seguridad intrínseca pueden clasificarse en dos categorías, “ia” e “ib”. Se debe especificar la categoría del sistema, o si es necesario la categoría de las diferentes partes del sistema.

Cuando un instrumento es de categoría “ib”, pero está diseñado para la conexión a un sensor “ia”, como por ejemplo un instrumento de medida de pH con su sonda solidaria, la parte del sistema hasta el instrumento de medida es “ib”, y el sensor y sus conexiones son “ia”.

Cableado

Los parámetros eléctricos del cableado de interconexión del que depende la seguridad intrínseca, así como sus derivaciones, se deben especificar en el documento descriptivo del sistema. Además, se debe especificar los tipos admisibles de cables multiconductores que se pueden utilizar en cada circuito.

Puesta tierra y conductos

Un circuito de seguridad intrínseca debe ser o bien totalmente flotante o bien conectado en un único punto al potencial de referencia asociado al emplazamiento peligroso.

Está autorizada la conexión a tierra de un circuito en más de un punto, siempre que el circuito esté separado galvánicamente en sub-circuitos en el que cada uno de ellos tiene solamente un punto de puesta a tierra.

Las pantallas deben estar conectadas a tierra o a la estructura, conforme con la Norma IEC 60079-14. Cuando un sistema está destinado para ser utilizado en una instalación susceptible de quedar sometido a diferencias de potencial significativas (superior a 10V) entre la estructura y el circuito, la técnica más usual es la de utilizar un circuito galvánicamente aislado de influencias externas, tales como cambios a nivel del potencial de tierra, a una cierta distancia de la estructura. Se requiere una atención particular cuando una parte del sistema está destinado a su utilización en un emplazamiento zona 0.

El documento descriptivo del sistema debería indicar claramente el punto o los puntos del sistema destinados a ser conectados al potencial de referencia de la instalación, así como los



requisitos especiales relativos a este tipo de conexión.

Protección contra rayos y otras sobretensiones eléctricas

Cuando un análisis de riesgo muestra que una instalación es particularmente sensible a los rayos o a otras sobretensiones, se deben tomar medidas para evitar los eventuales riesgos.

Se requiere la protección contra sobretensiones entre cada conductor del cable, incluida la pantalla, y la estructura, en los puntos donde el conductor no esté conectado a la estructura. Se debe instalar el dispositivo de protección contra sobretensiones, en el exterior, pero lo más cerca posible al límite de la zona 0, preferentemente a una distancia máxima de 1 m.

La protección contra sobretensiones para los materiales instalados en las zonas 1 y 2, debe formar parte integrante del diseño del sistema para emplazamientos extremadamente susceptibles.

El dispositivo de protección contra sobretensiones debe poder disipar una corriente de descarga de pico, de mínimo 10 kA. La conexión entre el dispositivo de protección y la estructura local debe tener una sección mínima equivalente a 4 mm² de cobre. El cable entre el material de seguridad intrínseca situado en zona 0 y el dispositivo de protección contra sobretensiones, debe ser instalado de manera que esté protegido contra los rayos. Todo dispositivo de protección contra sobretensiones integrado a un circuito de seguridad intrínseca, debe ser correctamente protegido contra explosiones para su emplazamiento previsto.

El uso de dispositivos de protección contra sobretensiones que aseguren la interconexión entre el circuito y la estructura por medio de dispositivos no lineales tales como tubos de descarga gaseosa y de semi-conductores, no está considerado como una influencia desfavorable sobre la seguridad intrínseca de un circuito, siempre que en funcionamiento normal la corriente circulante en el dispositivo sea inferior a 10μA.

Los sistemas de seguridad intrínseca que utilizan técnicas de limitación de sobretensión, deben ser justificados por un análisis correctamente documentado del efecto de una puesta a tierra múltiple indirecta, teniendo en cuenta los criterios establecidos anteriormente. La evaluación del sistema de seguridad intrínseca, debe tomar en consideración la capacidad y la inductancia de los dispositivos de limitación de sobretensión.



6.8. ENTRADA DE CABLES A RECEPTORES

Las entradas de los cables y de los tubos a los aparatos eléctricos se realizarán de acuerdo con el modo de protección previsto en las normas correspondientes. Los orificios de los equipos eléctricos para entradas de cables o tubos que no se utilicen deberán cerrarse mediante piezas acordes con el modo de protección de que vayan dotados dichos equipos.

Para las canalizaciones para equipos móviles se tendrá en cuenta lo establecido en la Instrucción técnica complementaria ITC MIE-BT 21 “Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectores” del Reglamento electrotécnico para baja tensión.

La intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15 por ciento respecto al valor correspondiente a una instalación convencional.

Además, todos los cables de longitud igual o superior a 5 metros estarán protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos. Para la protección de sobrecargas se tendrá en cuenta la intensidad de carga resultante fijada en el párrafo anterior y para la protección de cortocircuitos se tendrá en cuenta el valor máximo para un defecto en el comienzo del cable y el valor mínimo correspondiente a un defecto bifásico y franco al final del cable.

En el punto de transición de una canalización eléctrica de una zona a otra o de un emplazamiento peligroso a otro no peligroso, se deberá impedir el paso de polvo de mezcla explosiva. Esto puede precisar del sellado de zanjas, tubos, bandejas, etc.

6.8.1 Tubos para la interconexión de envolventes antideflagrantes provistos de cortafuegos

En estos casos el tubo resistirá una presión interna mínima de 3 MPa durante 1 minuto y será, o bien de acero sin soldadura, galvanizado interior y exteriormente, conforme a la norma UNE 36582, o bien conforme a la norma UNE EN 50086, con el grado de resistencia de la Tabla 31.

Los tubos de protección de la Tabla 5 únicamente se usan para entradas a aparatos con modo de protección por envolvente antideflagrante, ya sea a través de cortafuegos o sin él de acuerdo a lo establecido en la norma UNE-EN 60079-1.

En caso de que la entrada requiera cortafuegos, los cables serán preferentemente unipolares con el fin de poder realizar con la garantía el sellado de cortafuegos.



Cuando por exigencias de la instalación, se precisen tubos flexibles (por ejemplo por existir vibraciones en la conexión del cableado bajo tubo), estos serán metálicos corrugados de material resistente a la oxidación y características semejantes a los rígidos.

Los tubos con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puesta a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

Tabla 5: Características mínimas para tubos que se conectan a aparatos eléctricos con modo de protección antideflagrante provistos de cortafuegos

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	5	Muy Fuerte
Resistencia al impacto	5	Muy Fuerte
Temperatura mínima de instalación y servicio	3	-15°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90°C
Resistencia al curvado	1	Rígido
Propiedades eléctricas	1	Continuidad eléctrica
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	4	Protección interior y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligero



6.9. REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES FIJAS: OPCIÓN I

Los cables a emplear en los sistemas de cableado en los emplazamientos clasificados como zonas Z0, Z1 y Z2 serán:

a) En instalaciones fijas.

Alguna de estas tres opciones:

- i. Cables de tensión asignada mínima de 450/750 V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables, instalados, bien bajo tubo metálico rígido o flexible conforme a la norma UNE-EN 50086-1:1995 “Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales” o bien mediante canal protector conforme a las normas de la serie UNE-EN 50085 “Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas”

La norma UNE-EN 61386-1 es otra versión vigente de la norma UNE-EN 50086-1:1995.

6.9.1 Requisitos de los cables según la norma UNE-EN 61386-1

Los tubos y accesorios de tubos se deben diseñar y construir de forma que en uso normal sus prestaciones sean seguras y proporcionen protección al usuario y su entorno.

Cuando los tubos y accesorios sean montados de acuerdo con las instrucciones del fabricante, como parte de un sistema de tubos, deben proporcionar protección mecánica y, si es necesario, eléctrica a los conductores y cables aislados que contienen.

Las propiedades protectoras de la unión entre el tubo y los accesorios no deben ser inferiores a las declaradas para el sistema de tubos.



Los tubos y los accesorios deben ser capaces de soportar los esfuerzos susceptibles de producirse durante el transporte, el almacenamiento y la práctica recomendada de instalación y aplicación.

La conformidad se verifica llevando a cabo todos los ensayos especificados en la norma UNE-EN 61386-1.

Marcado y documentación

Se debe marcar cada tubo con:

- el nombre, o la marca registrada o una marca de identificación del fabricante o el vendedor responsable;
- una marca identificativa del producto que puede ser, por ejemplo, un número de catálogo, un símbolo o similar de tal forma que pueda identificarse en la documentación del fabricante o del vendedor responsable.

El tubo puede además marcarse con el código de clasificación, el cual debe estar de acuerdo con el Anexo A de la norma UNE-EN 61386-1 y en el que debe incluirse al menos los cuatro primeros dígitos.

El fabricante debe ser el responsable de indicar la compatibilidad entre las partes de un sistema de tubos. Debe proporcionar en su documentación su clasificación de acuerdo al capítulo 6 de la norma UNE-EN 61386-1 y toda la información necesaria para un transporte, almacenamiento, instalación y usos adecuados y seguros.

Los accesorios de los tubos deben marcarse, donde sea posible en el producto. Cuando esto sea imposible entonces la marca puede estar en una etiqueta adjunta al producto o en la mínima unidad de envasado.

El material propagador de la llama debe ser de color naranja. No se debe aplicar el color naranja en pintura o por otros medios superficiales. El material no propagador de la llama puede ser cualquier color excepto amarillo, naranja o rojo salvo que se marque claramente en el producto que el material es no propagador de la llama.

Los bornes de puesta a tierra se deben indicar con el símbolo de puesta a tierra según la Norma



IEC 60417, símbolo IEC 60417-5019 (2006-08). Este marcado no debe estar hecho en partes que sean fácilmente extraíbles, como por ejemplo tornillos.

El marcado debe ser duradero y claramente legible. La conformidad se verifica por inspección.

Dimensiones

Las roscas y diámetros exteriores, cuando proceda, deben cumplir con los requisitos de la Norma IEC 60423. Las otras dimensiones deben cumplir con los requisitos de la correspondiente parte 2 de la Norma IEC 61386.

Construcción

En el interior del sistema de tubos no deben existir asperezas, rebabas o defectos de superficie susceptibles de dañar a los conductores o cables aislados o lesionar al instalador o usuario.

Si se utilizan tornillos para unir componentes o cubiertas los accesorios de los tubos, o para colocar uniones a los tubos, no deben dañar el aislamiento del cable cuando se inserten correctamente. La rosca debe ser métrica ISO. No se deben usar tornillos autorroscantes por corte.

Los tornillos de fijación y las pequeñas grapas que se utilizan con accesorios no metálicos o de material compuesto no es necesario que sean no metálicas si están aisladas de los conductores o cables aislados.

Los medios de fijación mediante tornillos se deben diseñar de forma que aguanten los esfuerzos mecánicos que ocurran durante la instalación y en uso normal.

Cualquier material del interior de la unión como por ejemplo goma, fibra, etc. que pueda estar expuesto a influencias externas cuando sea montado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, deberá tener como mínimo el mismo nivel de resistencia a las influencias externas que el tubo o el accesorio.

El fabricante debe indicar en los sistemas de tubos ensamblados por otros medios que no sean roscas si el sistema puede desmontarse y, si es así, como puede lograrse.

Propiedades mecánicas

Los sistemas de tubos deben tener en cuenta una adecuada resistencia mecánica. Cuando los tubos, según su clasificación, sean curvados o aplastados, o expuestos a impacto o a



temperaturas extremas de un determinado valor según la clasificación a impacto y temperatura declarada para el producto, bien sea durante o tras la instalación de acuerdo a las instrucciones del fabricante, no deberán presentar ninguna rotura ni deformación que dificulte la introducción de los conductores o cables aislados o que los conductores o cables aislados instalados sean susceptibles de ser dañados a lo largo de su recorrido.

Los sistemas de tubos destinados al montaje en otros equipos deben tener una adecuada resistencia mecánica para soportar al equipo y aguantar los esfuerzos necesarios para hacer funcionar el equipo, durante y después de la instalación.

Propiedades eléctricas y térmicas

Los sistemas de tubos metálicos o de material compuesto se deben construir de forma que las partes de metal accesibles se puedan conectar a tierra.

Las partes conductoras accesibles de los sistemas de tubos metálicos o de material compuesto, que puedan convertirse en activas en caso de fallo, deben ser conectadas a tierra de forma efectiva.

Los sistemas de tubos no metálicos o de material compuesto, cuando se declare, deben tener una resistencia de aislamiento y una rigidez dieléctrica adecuadas.

Los tubos no metálicos y de material compuesto deben tener una adecuada resistencia al calor.

Influencias externas

El grado de protección proporcionado por la envolvente en los sistemas de tubos, cuando se montan de acuerdo a las instrucciones del fabricante, deben poseer una resistencia adecuada a las influencias externas según la clasificación declarada por el fabricante, con un requisito mínimo de IP30.

Los sistemas de tubos metálicos y de material compuesto, excepto las roscas de los tornillos, deben poseer una resistencia adecuada a la corrosión, tanto el interior como el exterior, de acuerdo a la clasificación dada en la tabla siguiente:



Tabla 6: Resistencia a la corrosión

Clasificación	Protección conseguida	Ejemplo
1	Protección baja, interior y exterior	Imprimación de pintura
2	Protección media, interior y exterior	Esmalte en estufa/placa electrozincada/pintura secada al aire
3	Protección del material compuesto media/alta Interior: clase 2 Exterior: clase 4	Esmalte en estufa Sherardizado
4	Protección alta, interior y exterior	Recubrimiento de galvanizado en caliente Sherardizado Acero inoxidable

El fabricante debe proporcionar información sobre la protección a la corrosión de los sistemas de tubos de metales no férricos y de material compuesto.

Compatibilidad electromagnética

Los productos cubiertos por esta norma en uso normal son pasivos respecto las influencias electromagnéticas (emisión e inmunidad).

6.9.2 Requisitos de los canales según la UNE-EN 50085-1

La norma UNE-EN 50085-1 “Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas” especifica los requisitos y los ensayos para los sistemas de canales (SCC) y los sistemas de conductos cerrados de sección no circular (SCNC) destinados al alojamiento de conductores aislados, cables y posiblemente otros materiales eléctricos y en caso necesario a su separación eléctrica de protección, en instalaciones eléctricas



y/o en sistemas de comunicación. La tensión máxima de estas instalaciones es de 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua.

Esta norma no es aplicable a sistemas de tubos, sistemas de bandejas para cables, sistemas de bandejas de escalera para cables, sistemas de carriles de alimentación o materiales cubiertos por otras normas.

Los SCC/SCNC se deben diseñar y construir de tal manera que proporcionen, cuando sea necesario, una protección mecánica fiable a los conductores aislados, cables y posiblemente otros equipos eléctricos contenidos en los mismos. Cuando sea necesario, el sistema debe proporcionar también protección eléctrica adecuada.

Además, los componentes del sistema deben soportar los esfuerzos susceptibles de producirse bajo la temperatura mínima clasificada para el almacenamiento y transporte, instalación y aplicación (Tabla 7 y

Tabla 8) y la temperatura máxima de aplicación (Tabla 9), y durante la instalación y el uso recomendados.

Los equipos asociados con o incorporados en un componente del sistema pero que no son un componente del sistema, deben y necesitan solamente cumplir la norma correspondiente para dicho equipo, si existe. Sin embargo, puede ser necesario incluir dicho equipo en los ensayos de conformidad con el propósito de ensayar su interfaz con el SCC/SCNC.

Tabla 7: Temperatura mínima de almacenamiento y transporte

Temperatura mínima de almacenamiento y transporte ± 2 °C	
-45	
-25	
-15	
-5	

Tabla 8: Temperatura mínima de instalación y aplicación

Temperatura mínima de instalación y aplicación ± 2 °C
-25
-15
-5
+5
+15

Tabla 9: Temperatura máxima de aplicación

Temperatura máxima de aplicación ± 2 °C
+60
+90
+105
+120

Marcado y documentación

Cada componente del sistema se debe marcar con:

- el nombre, marca comercial o marca de identificación de fabricante o del vendedor responsable;
- una marca de identificación del producto que puede ser, por ejemplo, una referencia de catálogo, un símbolo o similar.

Cuando los componentes del sistema que no sean tramos de canales, tramos de conductos ni adaptadores para mecanismos se suministren embalados, es suficiente que la marca de identificación del producto figure sólo en el embalaje más pequeño, y se debe marcar en el producto el nombre o la marca de fábrica, del fabricante o del vendedor responsable.



Cuando no sea posible tener una marca legible en componentes pequeños, debido al pequeño tamaño del artículo, es suficiente con poner la marca en el embalaje más pequeño.

El marcado debe ser duradero y fácilmente legible.

Construcción

Ninguna superficie o arista debe poder dañar los conductores o cables aislados.

Todos los tornillos, espárragos u otros dispositivos de fijación suministrados se deben montar de forma que no dañen los conductores, cables aislados.

Si los SCC/SCNC están provistos de medios para el montaje de material, estos medios deben fijar con seguridad el material.

Si los SCC/SCNC están provistos de medios de separación y/o retención de protección, estos medios deben tener comportamientos mecánicos adecuados para cumplir su función.

Las conexiones atornilladas y otras conexiones mecánicas deben soportar los esfuerzos mecánicos durante la instalación y uso normal. Los tornillos deben ser de uno o varios de los tipos siguientes:

- a) de rosca métrica ISO.
- b) de tipo autorroscante por deformación.
- c) de tipo autorroscante por corte si se adoptan disposiciones de diseño adecuadas.
- d) de roscas distintas de las a) a c) según lo especificado por el fabricante.

Las conexiones mecánicas de un SCC usadas para permitir la disposición de conductores aislados o cables o traslado de un material deben estar previstas para su reutilización.

Las partes conductoras accesibles de los SCC/SCNC deben cumplir con las siguientes premisas:

- Las partes conductoras accesibles de los SCC/SCNC instaladas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, que sean susceptibles de estar bajo tensión en caso de un fallo de aislamiento, deben estar preparadas para poder ser conectadas a tierra de forma segura.
- Si se toman precauciones para evitar que las líneas de fuga y distancias en el aire se reduzcan a menos de 3 mm, incluso si un conductor se suelta de su borne, no se considerará probable que la parte conductora accesible sea susceptible de estar bajo tensión.



- La protección contra choques eléctricos en caso de fallo podrá omitirse para las partes conductoras accesibles que, debido a sus reducidas dimensiones (aproximadamente hasta 50mm x 50mm) o a su disposición, no puedan establecer un contacto significativo con una parte del cuerpo humano y siempre que la protección sólo pueda hacerse con dificultades o resulte poco segura.

En el caso de que no cumplan estas premisas, no es necesario que las partes conductoras accesibles estén preparadas para su conexión a tierra si están aisladas de las partes en tensión con un aislamiento suplementario o reforzado utilizado para formar barreras o revestimientos que debe estar diseñado de manera que:

- no puedan desmontarse sin que sufran daños permanentes; o
- no puedan montarse en una posición incorrecta; o
- si se omiten, el sistema no pueda funcionar o resulte manifiestamente incompleto.

El fabricante debe declarar si los SCC/SCNC pueden utilizarse para conexiones equipotenciales.

Los SCC/SCNC se deben diseñar de tal manera que cuando estén instalados y tengan montados materiales y/u otros equipos eléctricos como en uso normal, las partes activas no sean accesibles.

Las aberturas de acceso, si existen, deben permitir la introducción de tubos y/o similares o el revestimiento protector del cable hasta al menos 1 mm dentro del componente del sistema, con objeto de mantener la protección mecánica. Las aberturas de acceso para tubos deben ser capaces de aceptar tamaños de tubos de acuerdo con la Norma EN 6423:1994.

Las membranas pueden ser de entrada y de protección:

La membrana de entrada es un componente o parte integrante de una envolvente utilizado para proteger el cable, y que puede ser usado para soportar el cable, tubo o canal o conducto de sección no circular en el punto de entrada. Puede también prevenir el ingreso de humedad o de contaminantes.

La membrana de protección es un componente o parte integrante de una envolvente, que no es penetrada en su uso normal, destinado a proteger del ingreso de agua u objetos sólidos y/o permitir el funcionamiento de un accesorio.



Las membranas y similares que impidan el acceso a partes activas deben soportar los esfuerzos mecánicos que se produzcan durante el uso normal.

El fabricante debe declarar las dimensiones de los cables que podrán instalarse en las membranas.

Las membranas de entrada deben permitir la introducción de cables en el sistema a la temperatura mínima de instalación declarada en la tabla 18.

Un dispositivo para fijación del cable debe, si existe, aliviar los conductores de fuerzas en bornes y terminaciones al resistirla fuerza de tracción sobre los cables o los conductores aislados. Debe ser evidente o indicarse en las instrucciones del fabricante cómo se realiza el alivio de esfuerzo en el dispositivo para fijación del cable.

Un anclaje del cable debe, si existe, aliviar los conductores de fuerzas en bornes y terminaciones al resistir la fuerza de tracción y torsión sobre los cables.

Propiedades mecánicas

Los SCC/SCNC deben tener una resistencia mecánica adecuada.

La tapa de acceso a componentes de sistemas correspondientes a sistemas clasificados según el apartado 6.9.2. de la Norma UNE 50085-1: 2008 no debe poder abrirse sin una herramienta.

Propiedades eléctricas y térmicas

Los SCC/SCNC con continuidad eléctrica deben tener una conductividad eléctrica adecuada.

Los componentes del sistema, que forman parte de la envolvente, de SCC/SCNC con aislamiento eléctrico deben ser capaces de resistir los esfuerzos eléctricos susceptibles de producirse.

Las particiones de protección internas, declaradas por el fabricante como que proporcionan un aislamiento suplementario, deben ser capaces de resistir a los esfuerzos eléctricos susceptibles de producirse.

Los componentes del sistema no metálicos o compuestos deben tener una resistencia al calor adecuada, capaz de soportar al calor debido a los efectos eléctricos, no deben iniciar el fuego.

Influencias externas y compatibilidad electromagnética



El grado de protección proporcionado por la envolvente en los SCC/SCNC debe proporcionar una protección adecuada según la clasificación declarada por el fabricante, siendo la protección mínima IP 20.

Los productos cubiertos por esta norma son, en uso normal, pasivos respecto a influencias electromagnéticas (emisión e inmunidad).

6.10. REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES FIJAS: OPCIONES II Y III

- ii. Cables contruidos de modo de que dispongan de una protección mecánica. Se consideran tales:
 - 1. Los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica, según UNE-EN 60702-1: 2002 “Cables con aislamiento mineral de tensión asignada no superior a 750 V y sus conexiones. Parte 1: Cables”
 - 2. Los cables armados con alambre de acero galvanizado y con cubierta externa no metálica, según la serie de normas UNE 21123.
- iii. Cables empotrados, de tensión asignada mínima de 450/750 V. El empotramiento debe garantizar y mantener unas condiciones de protección equivalentes a las de un tubo o canal protector.

Los cables en instalaciones fijas deben cumplir, respecto a la reacción al fuego, lo indicado en las normas de la serie UNE EN 50266-2 “Métodos de ensayos comunes para cables sometidos al fuego. Ensayos de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical”.

6.10.1. Requisitos de los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica según UNE-EN: 60702-1

Las tensiones asignadas de los cables con aislamiento mineral son:

- Cable de 500 V (servicio normal): Se utilizan cuando la tensión entre conductores y cubierta y entre conductores no supere 500 V valor eficaz o 500 V en corriente continua.



- Cable de 750 V (servicio intensivo): Se utilizan cuando la tensión entre conductores y la cubierta y entre conductores no supera 750 V valor eficaz o 750 V en corriente continua.

Conductores y aislamiento

Los conductores deben ser de cobre recocido desnudo y de sección aproximadamente circular. La conformidad debe verificarse por inspección y midiendo la resistencia de cada conductor de cada corona completa de cable completo y midiendo la longitud de cable. El valor de resistencia obtenido debe corregirse a 20 °C y a una longitud de 1 km de acuerdo a la Norma CEI 60228.

El aislante debe estar formado por un polvo de uno o varios minerales, comprimidos para formar una masa compacta.

El espesor nominal de aislamiento entre conductores y entre cada conductor y la cubierta se indica en las Tabla 10 y Tabla 13. Cuando mida según el apartado 13.4. de la norma UNE-EN 60702-01, el espesor mínimo no debe ser inferior al 80% del valor nominal menos 0,1 mm.

Cubierta metálica

La cubierta debe ser de cobre recocido desnudo o aleado. La resistencia de la cubierta, medida y recogida a 20 °C debe cumplir con los valores de la Tabla 12 y Tabla 15. El valor medio del espesor de la cubierta no debe ser inferior al espesor nominal indicado en las Tabla 11 y Tabla 14. Sin embargo, el espesor mínimo en un punto puede ser hasta un 10% inferior a este valor nominal.

Los valores medidos del diámetro del cable deben cumplir con los valores especificados en las Tabla 10 y Tabla 13 con una tolerancia de $\pm 0,05$ mm. El diámetro exterior del cable completo (sin el revestimiento externo) se debe comprobar por medición en muestras de cable completo. Las mediciones se deben hacer en dos puntos distantes como mínimo 1 m. En cada punto se deben medir los diámetros en dos direcciones perpendiculares entre sí, por medio de un micrómetro de caras planas o un método equivalente.

Revestimiento externo opcional

Cuando se considere necesario por razones de corrosividad, para identificación del cable o por motivos estéticos, se puede aplicar un revestimiento externo extruido. El material para el



revestimiento externo deben cumplir el choque a baja temperatura (véase la Norma CEI 60811-1-4) y el choque térmico (véase la Norma CEI 60811-3-1).

Los revestimientos libres de halógenos deben cumplir con los requisitos de los materiales y cumplir con los ensayos 12.4, 12.5 y 12.6 de la Norma UNE EN 60702-1:2002.

El espesor del revestimiento puede consultarse en el apartado 8.4. de la Norma UNE-EN: 60702-1:2002.

Tabla 10: Diámetro exterior de la cubierta de cobre para cables de tensión asignada 500 V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Espesor nominal del aislamiento (mm ²)		Diámetro exterior de la cubierta de cobre (mm ²)					
	Nº de conductores		Nº de conductores					
	1 ó 2	3,4 ó 7	1	2	3	4	7	
1	0,65	0,75	3,1	5,1	5,8	6,3	7,6	
1,5	0,65	0,75	3,4	5,7	6,4	7,0	8,4	
2,5	0,65	0,75	3,8	6,6	7,3	8,1	9,7	
4	0,65	-	4,4	7,7	-	-	-	

Tabla 11: Espesor de la cubierta para cables de tensión asignada 500V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Valor medio del espesor de la cubierta (mm)				
	Nº de conductores				
	1	2	3	4	7
1	0,31	0,41	0,45	0,48	0,52
1,5	0,32	0,43	0,48	0,50	0,54
2,5	0,34	0,49	0,50	0,54	0,61
4	0,38	0,54	-	-	-



Tabla 12: Resistencia de la cubierta de cobre para cables de tensión asignada 500 V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Resistencia máxima de la cubierta de cobre a 20 °C (Ω/km)				
	Nº de conductores				
	1	2	3	4	7
1	8,85	3,95	3,15	2,71	2,06
1,5	7,75	3,35	2,67	2,33	1,78
2,5	6,48	2,53	2,23	1,85	1,36
4	4,98	1,96	-	-	-

Tabla 13: Diámetro exterior de la cubierta de cobre para cables de tensión asignada 750V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Espesor nominal del aislante (mm)	Diámetro exterior de la cubierta de cobre para cables con el consiguiente número de cables (mm)						
		1	2	3	4	7	12	19
1	1,30	4,6	7,3	7,7	8,4	9,9	13,0	15,2
1,5	1,30	4,9	7,9	8,3	9,1	10,8	14,1	16,6
2,5	1,30	5,3	8,7	9,3	10,1	12,1	15,6	-
4	1,30	5,9	9,8	10,4	11,4	13,6	-	-
6	1,30	6,4	10,9	11,5	12,7	-	-	-
10	1,30	7,3	12,7	13,6	14,8	-	-	-
16	1,30	8,3	14,7	15,6	17,3	-	-	-
25	1,30	9,6	17,1	18,2	20,1	-	-	-
35	1,30	10,7	-	-	-	-	-	-
50	1,30	12,1	-	-	-	-	-	-
70	1,30	13,7	-	-	-	-	-	-
95	1,30	15,4	-	-	-	-	-	-



Tabla 14: Espesor de la cubierta para cables de tensión asignada 750 V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Valor medio del espesor de la cubierta para cables con el consiguiente número de cables (mm)						
	1	2	3	4	7	12	19
1	0,39	0,51	0,53	0,56	0,62	0,73	0,79
1,5	0,41	0,54	0,56	0,59	0,65	0,76	0,84
2,5	0,42	0,57	0,59	0,62	0,69	0,81	-
4	0,45	0,61	0,63	0,68	0,75	-	-
6	0,48	0,65	0,68	0,71	-	-	-
10	0,50	0,71	0,75	0,78	-	-	-
16	0,54	0,78	0,82	0,86	-	-	-
25	0,60	0,85	0,87	0,93	-	-	-
35	0,64	-	-	-	-	-	-
50	0,69	-	-	-	-	-	-
70	0,76	-	-	-	-	-	-
95	0,80	-	-	-	-	-	-

Tabla 15: Resistencia de la cubierta de cobre para cables de tensión asignada 750 V

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Resistencia máxima de la cubierta de cobre a 20 °C para cables con el consiguiente número de cables (Ω/km)						
	1	2	3	4	7	12	19



1	4,63	2,19	1,99	1,72	1,31	0,843	0,663
1,5	4,13	1,90	1,75	1,51	1,15	0,744	0,570
2,5	3,71	1,63	1,47	1,29	0,959	0,630	-
4	3,09	1,35	1,23	1,04	0,783	-	-
6	2,67	1,13	1,03	0,887	-	-	-
10	2,23	0,887	0,783	0,690	-	-	-
16	1,81	0,695	0,622	0,533	-	-	-
25	1,40	0,546	0,500	0,423	-	-	-
35	1,17	-	-	-	-	-	-
50	0,959	-	-	-	-	-	-
70	0,767	-	-	-	-	-	-
95	0,646	-	-	-	-	-	-

6.10.2. Requisitos de los cables. UNE 21123

Esta norma establece la construcción, las dimensiones y las prescripciones de ensayo de cables de energía sin armadura, sin aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo para una tensión eficaz (U) de 1kV, para la utilización en instalaciones fijas.

El cable objeto de esta norma debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Material de aislamiento: el aislamiento contemplado en esta norma debe consistir en policloruro de vinilo y debe corresponder al tipo PVC/A de la Norma IEC 60502-1.
- b) Tensión asignada de 0,6/1 kV; según Norma UNE-HD 603-1.
- c) Temperatura máxima para el aislamiento:
 - I) Servicio normal: 70 °C.
 - II) Cortocircuito:
160 °C para cables de sección $\leq 300 \text{ mm}^2$
140 °C para cables de sección $> 300 \text{ mm}^2$
(5 segundos duración máxima)



- d) Material de cubierta: debe ser el adecuado para la temperatura máxima del conductor. Debe consistir en policloruro de vinilo y debe corresponder al tipo ST1 de la Norma IEC 60502-1.
- e) Pantalla: la pantalla debe consistir en una trenza de cobre recocido, desnudo o estañado.

6.10.3. Cables recomendados según la guía de REBT. (ITC 29)

En los locales con riesgo de incendio y explosión, el proyectista deberá justificar la aplicación de las soluciones adoptadas teniendo en cuenta la legislación vigente aplicable.

Al realizar el proyecto, el proyectista deberá prestar especial atención al definir la clasificación de zonas, la posibilidad de riesgo mecánico y la selección de los materiales idóneos en cada caso y aplicación. Como recomendación se podrán instalar las canalizaciones que se citan en la Tabla 16.

Las características mínimas para los cables y los sistemas de conducción de cables instalados en superficie son:

Tabla 16: Características mínimas para los cables y los sistemas de conducción de cables instalados.



Sistema de conducción de cable (prescripción mínima)		Cable
Tubos. Serie UNE-EN 50086	Comprensión fuerte(4) Impacto Fuerte (4) Temperatura mínima de instalación y servicio -5°C (2) Temperatura máxima de instalación y servicio + 60 °C (1) Resistencia al curvado Rígido/curvable (1-2) Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/ Aislante2 Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Contra objetos D=1 mm Resistencia a la penetración del agua: Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15º Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media Resistencia a la tracción: No declarada No propagador de la llama Resistencia a las cargas suspendidas: No declarada	H07V-K; unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 (-K) y, aislamiento de policloruro de vinilo (V). UNE-EN 50525-2-31 Para esta aplicación, los cables deben cumplir además el ensayo de la norma UNE-EN 60332 “no propagación del incendio”. H07Z1-K (AS); conductor no propagador del incendio, unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1). UNE 211002
Canales. UNE-EN 50085	Impacto fuerte (6J) Temperatura mínima de instalación y servicio (ver tabla 4) Temperatura máxima de instalación y servicio (ver tabla 4) Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/Aislante2 Resistencia a la penetración de objetos sólidos (ver tabla 4) No propagadora de la llama	IP4X o IPXXD o superior y que sólo puede abrirse con útil
	IP menor que IP4X o IPXXD o que puede abrirse sin útil	RV: cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta policloruro de vinilo (V). UNE 21123-2 RZ1-K (AS); cable de tensión asignada 0,6/1 kV con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1). UNE 21123-2
Bandejas y bandejas de escalera.	Impacto: 5 Julios Temperatura mínima de instalación y servicio -5°C Temperatura máxima de	Sin riesgo mecánico1



UNE-EN 61537	instalación y servicio +60°C Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/Aislante2 No propagadora de la llama Resistencia a la corrosión grado 2	Con riesgo mecánico 1	RVMK-K; cable de tensión asignada 0,6/1 kV , con aislamiento de polietileno reticulado (R), cubierta interna de PVC (V), armadura de alambres de acero galvanizado (M) y cubierta externa de PVC (V), con conductor de cobre flexible clase 5 (-K) UNE 21123-2 Para esta aplicación, los cables deben cumplir además el ensayo de la norma UNE-EN 60332 “no propagación del incendio”. RZ1MZ1-K (AS); cable no propagador del incendio , de tensión asignada 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (R), cubierta interna a base de poliolefina (Z1), armadura de alambres de acero galvanizado (M) y cubierta externa a base de poliolefina (Z1) y conductor de cobre flexible clase 5 (-K). UNE 21123-4 La norma UNE 21123-4 ya prescribe el ensayo de propagación del incendio de la norma UNE-EN 60332 Nota: para cables unipolares la armadura es de aluminio en lugar de acero galvanizado.
Cables colocados directamente sobre las paredes			
Nota 1: El proyectistas deberá considerar la probabilidad de riesgo mecánico en el lugar de la instalación. Con riesgo mecánico se considerará cualquier causa que pueda dañar el aislamiento tal como el impacto, compresión, roedores, etc. Véase el apartado 9.3.7 de la norma UNE-EN 60079-14. Nota 2: Consideraciones sobre el uso de canalizaciones eléctricas no metálicas(cables, sistemas de conducción de cables y elementos de fijación): Además de los requisitos de resistencia mecánica expuestos en la Tabla 16, para las canalizaciones deberán tenerse en cuenta los riesgos electroestáticos que de ellas pueden derivarse. La			



minimización de tales riesgos podrá conseguirse cumpliendo uno de los siguientes requisitos:

- a) Empleo de materiales con una resistencia eléctrica superficial no mayor de $1\text{G}\Omega$ (de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.2. de UNE-EN 60079-0). Se garantizará una unión equipotencial a tierra con una resistencia no mayor de $1\text{M}\Omega$.
- b) Si la resistencia eléctrica superficial es mayor de $1\text{G}\Omega$ se establecerán las siguientes limitaciones:
 - No se deberán utilizar nunca en zonas 0 ó 20.
 - La instalación en otras zonas (1, 21, 2 y 22) deberá reducirse a ubicaciones no accesibles al personal u objetos. Las condiciones de no accesibilidad de las canalizaciones deberán definirse en el proyecto de instalación de acuerdo con las condiciones de utilización de la misma. En ausencia de tales justificaciones en el proyecto, en general el cumplimiento con esta prescripción se considera cubierto instalando las canalizaciones a una altura de 2,5 m cuando están instaladas sobre pared o a 4 m en el resto de los casos.
 - Durante la colocación y mantenimiento deberán tomarse las medidas adicionales tales como la verificación de que no existe una atmósfera explosiva presente.
 - Las inserciones metálicas, tales como tornillos o remaches no deberán presentar una capacidad a tierra que supere 5 pF. En caso de contrario deberán estar conectadas a tierra con una resistencia no mayor a $1\text{M}\Omega$.
 - Deberán incluirse etiquetas claramente visibles de aviso del riesgo electroestático.
 - Las operaciones de limpieza deberán ser realizadas con paños húmedos y utilizando ropa y calzado antiestáticos.

En cualquier caso los materiales utilizados serán no propagadores de la llama.



6.11. REQUISITOS DE LOS CABLES. INSTALACIONES MÓVILES

b) En alimentación de equipos portátiles o móviles

Cables con cubierta de policloropreno o elastómero sintético, según la norma UNE 21027-4:2004⁶ “Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 4: Cables flexibles” o la norma UNE 21150:1986 “Cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1kV”, que sean aptos para servicios móviles, de tensión mínima asignada 450/750V, flexibles y de sección mínima 1,5 mm². La utilización de estos cables flexibles se restringirá a lo estrictamente necesario, para su uso esporádico, y como máximo una longitud de 30 metros.

La limitación de 30 m solo se aplica a herramientas portátiles que no formen parte de la instalación. Cuando los equipos portátiles o móviles formen parte de la instalación permanente, no se aplicará la limitación de 30 m si el cable no está expuesto a daños mecánicos y se justifica en el proyecto.

Los cables de instalación habitual con estas características son:

Tabla 17: Cables en equipos portátiles o móviles

Cable H07RN-F (norma UNE-EN 50525-2-21)	Cable de tensión asignada 450/750V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento de compuesto de goma (R) y cubierta de policloropreno (N)
Cable H07ZZ-F (AS) (norma UNE-EN 50525-3-21)	Cable no propagador de incendio, de tensión asignada 450/750V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento y cubierta de compuesto reticulado (Z)

⁶ La norma UNE 21027 es anulada por la norma 50525-2-21 2.



Los equipos eléctricos portátiles o transportables, deben estar equipados con cables de una cubierta robusta reforzada de caucho, o con cables que tengan una construcción igualmente robusta. Los conductores deben tener una sección transversal mínima de $1,0 \text{ mm}^2$. Si es necesario el uso de un conductor de protección, este debería estar aislado separadamente de una forma similar a los demás conductores y debería estar incorporado dentro de la cubierta del cable de alimentación.

Los equipos eléctricos portátiles con tensión nominal no mayor de 250 V respecto de tierra y con corriente asignada no mayor de 6 A, se pueden conectar con cables con cubiertas de policloropreno ordinario o con cualquier otro elastómero sintético equivalente, con cables con cubierta de goma de resistencia normal, o con cables de construcción equivalente en robustez.

No son admisibles estos cables para equipos eléctricos portátiles o transportables expuestos a esfuerzos mecánicos intensos, como por ejemplo lámparas de mano, interruptores de pedal, bombas para trasvase, etc.

Si en los equipos eléctricos portátiles o transportables, se incorpora a los cables una armadura metálica flexible o una vaina metálica, ésta no deberá utilizarse como único conductor de protección.

Los cables flexibles para áreas peligrosas se deben seleccionar de la lista siguiente:

- Cables flexibles recubiertos con caucho normal.
- Cables flexibles recubiertos con policloropreno normal.
- Cables flexibles recubiertos con goma resistente reforzada.
- Cables flexibles recubiertos con policloropreno reforzado.
- Cables con aislamiento de plástico con una construcción de robustez equivalente a la de los cables flexibles con recubrimiento de goma de resistencia reforzada.

6.12. REQUISITOS DE LOS CONDUCTOS

Cuando el cableado de las instalaciones fijas se realice mediante tubo o canal protector, estos serán conformes a las especificaciones dadas en las tablas del apartado 9.3. de la Instrucción técnica complementaria ITC-MIE-BT 29 “Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión” del Reglamento electrotécnico para baja tensión.



6.12.1. Tubos

Cuando el cableado de las instalaciones fijas se realice mediante tubo, éstos serán conformes a las especificaciones dadas en la tabla siguiente.

Tabla 18: Características mínimas para tubos

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	4	Fuerte
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 eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ 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 realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 61386 (esta norma sustituye a la norma EN 50086), sin embargo, la norma UNE EN 50086 permanecerá vigente hasta que se anulen todas las partes 2 de la citada norma.



Para facilitar la entrada del cable al equipo eléctrico en el caso de que no sea posible el empleo de tubos rígidos, podrá utilizarse tubos curvables o flexibles, de material resistente a la corrosión y con un nivel de protección mecánica igual al exigido a los tubos rígidos. Estos tubos curvables o flexibles tendrán la mínima longitud posible.

Excepcionalmente la entrada del cable al equipo eléctrico podrá realizarse mediante cable sin protección mecánica. En este caso, la zona libre (desprotegida) del cable entre la canalización y la entrada al equipo eléctrico tendrá la mínima longitud posible. El proyectista deberá justificar que no existe ningún tipo de riesgo mecánico sobre este cable.

Usando estos tubos protectores, la entrada a aparatos con modos de protección será por prensaestopas (tanto para soluciones fijas como para móviles) que dispongan de un modo de protección compatible con el modo de protección del aparato en cuestión o, en zonas 2 y 22, a través de accesorios adecuados al modo de protección.

Una clavija de toma de corriente tiene la misma consideración que un equipo eléctrico.

6.12.2. Canales protectores

Cuando el cableado se realice mediante canal, las especificaciones de los canales protectores serán conformes con la Tabla 19.

Tabla 19: Características mínimas para canales protectores

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	>16 mm
Resistencia al impacto	Fuerte	Fuerte
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 del agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	



Usando estos canales protectores, la entrada a aparatos con modo de protección será siempre por prensaestopas (tanto para soluciones fijas como para móviles) que dispongan de un modo de protección compatible con el modo de protección del aparato en cuestión.

Los canales protectores metálicos deben ponerse a tierra siguiendo las prescripciones de la ITC 18 del REBT.

6.12.3. Bandejas portacables

Cuando el cableado de las instalaciones fijas se realice mediante bandeja portacables, éstas serán conformes a las especificaciones dadas en la Tabla 20.

Puesto que la bandeja no representa una protección mecánica sobre los cables, salvo que el proyectista justifique la ausencia de riesgo mecánico, deberá instalarse cable armado (Ver Tabla 16).

Tabla 20: Características mínimas de las bandejas

Característica	Grado
Resistencia al impacto	5 Julios
Temperatura mínima de instalación y servicio	- 5°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60°C
Propiedades eléctricas	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador
Resistencia a la corrosión	2

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 61537.

Las bandejas portacables metálicas deben ponerse a tierra siguiendo las prescripciones de la ITC 18 del REBT.



6.12.4. Requisitos de tubos y canalizaciones en zonas no clasificadas

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubos y accesorios metálicos.
- Tubos y accesorios no metálicos.
- Tubos y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 61386-21. Sistemas de tubo para la conducción de cables. Parte 21: Requisitos particulares. Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 61386-22. Sistemas de tubo para la conducción de cables. Parte 22: Requisitos particulares. Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 61386-23. Sistemas de tubo para la conducción de cables. Parte 23: Requisitos particulares. Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 61386-24. Sistemas de tubo para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.

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 "Sistemas de tubos para la conducción de cables. Diámetros exteriores de los tubos para instalaciones eléctricas y roscas para tubos y accesorios". Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 61386-24 "Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra". 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).

6.12.5. Tubos en zonas no clasificadas

Estos tubos cumplen la serie UNE-EN 61386 “Sistemas de tubos para la conducción de cables”.

- Tubos rígidos metálicos

Son aquellos que requieren técnicas y herramientas especiales para su curvado. Se construyen de acero y aleación de aluminio, empleándose fundamentalmente en instalaciones de superficie donde se requiera una importante protección mecánica de los conductores.



Ilustración 41: Tubos rígidos metálicos

- Tubos rígidos de plástico

Se fabrican en PVC y se utilizan básicamente en instalaciones de superficie. Al igual que los tubos metálicos su curvado se realiza con técnicas y herramientas especiales. Las características mínimas, tanto eléctricas como mecánicas, que deben cumplir los tubos rígidos se indican en la norma UNE-EN 61386-21.



Ilustración 42: Tubos rígidos de plástico

- Tubos flexibles metálicos

Se construyen con chapa metálica recubiertos con una envoltura de material plástico (PVC).

La cubierta puede ser lisa o corrugada y están diseñados para soportar sin deterioros un número elevado de flexiones. Esta cualidad los hace idóneos para instalaciones de superficies móviles como por ejemplo para alimentar los cabezales de muchas máquinas herramientas.

Estos tubos poseen un grado de protección elevado IP67 y pueden trabajar sin dificultad con temperaturas comprendidas entre -5°C y 60°C, según la norma UNE-EN 61386-23.

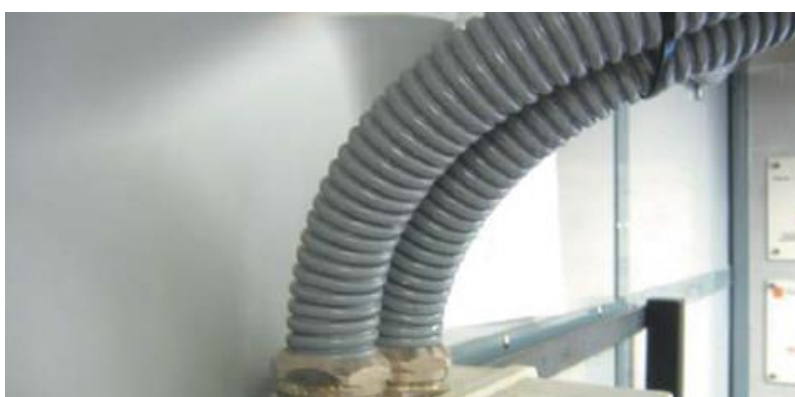


Ilustración 43: Tubos flexibles metálicos

- Tubos flexibles no metálicos

Dado que son tubos flexibles su curvado se realiza perfectamente con las manos sin necesidad de ninguna herramienta. Se construyen con materiales plásticos de PVC y dada su forma exterior estriada reciben el nombre de corrugados.

Son muy utilizados en las canalizaciones empotradas en tabiques, paredes maestras y muros, pues sus estrías facilitan una mayor fijación a la obra que los tubos lisos.



Ilustración 44: Tubos flexibles no metálicos

6.12.6. Tubos en canalizaciones fijas en superficies

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la Tabla 21.

Tabla 21: Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5°C



Característica	Código	Grado
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ 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 cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 22: Resistencia a la compresión

Clasificación	Tubos	Fuerza de compresión (N)
2	Ligero	320
3	Medio	750
4	Fuerte	1250
5	Muy fuerte	4000



Tabla 23: Resistencia al impacto

Clasificación	Tubo y accesorios	Energía de impacto (J)
1	Muy ligero	0,5
2	Ligero	1
3	Medio	2
4	Fuerte	6
5	Muy fuerte	20

Tabla 24: Resistencia al curvado

Clasificación	Tubo y accesorios	Observaciones
1	Rígido	Curvable con medios especiales
2	Curvable	No están pensados para trabajar continuamente en movimiento aunque presentan un cierto grado de elasticidad
3	Curvable /Transversalmente elástico	Características equivalentes a los curvables, presentando además una cierta elasticidad a compresiones transversales
4	Flexible	Apto para trabajar continuamente en movimiento

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 25 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 25: 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
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75

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.

6.12.7. 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 26 para tubos empotrados en obras de



fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos en la construcción o canales protectoras de obra y en la Tabla 27 para tubos empotrados embebidos en hormigón.

Las 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 27.

Tabla 26: Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ 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



Característica	Código	Grado
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 27: Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90°C ⁽¹⁾
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido 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



Característica	Código	Grado
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a 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; + 60º C.		

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la

Tabla 28 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 28: 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	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

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.

6.12.8. Tubos enterrados

En instalación enterrada, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 61386-24 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias las indicadas en la tabla 13.

Tabla 29: Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250N / 450N /750N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas



Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido 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 cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA: No aplicable (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750N y grado Normal.		



Ilustración 45: Tubo flexible reforzado



Ilustración 46: Canalización enterrada

Cuando los tubos se coloquen en montaje enterrado, se tendrán en cuenta lo siguiente:

- Los tubos deberán ser enterrados a una profundidad mínima de 0,45 metros del pavimento o nivel del terreno en el caso de tubos bajo aceras, y de 0,60 metros en el resto de casos.

- Se recomienda un recubrimiento mínimo superior a 0,03 metros, e inferior a 0,06 metros.
- Cuando se coloca arena de relleno como recubrimiento de un tubo instalado en terreno pedregoso éste pasa a considerarse como instalación según la ilustración 47 (tubo con recubrimiento de arena).

Para determinar la sección del conducto y el número y la sección de cables a instalar se tendrán en cuenta los criterios establecidos en la Tabla 30.

Se recomienda un recubrimiento mínimo inferior de 0,03 m., y un recubrimiento mínimo superior de 0,06 m



Ilustración 47: Tubo con recubrimiento de arena, resistencia a la compresión mínima 450 N

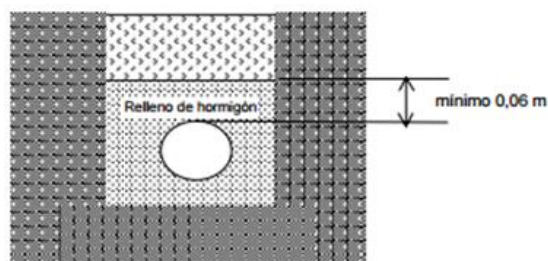


Ilustración 48: Tubo con recubrimiento de hormigón, resistencia a la compresión mínima 250 N

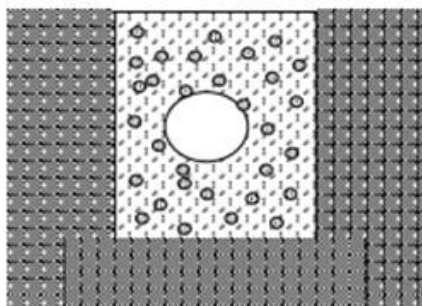


Ilustración 49: Tubos sin recubrimiento en terreno pedregoso , resistencia a la compresión mínima 750 N

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 realizará según los ensayos indicados en norma UNE-EN 61386-24 “Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra”.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

Tabla 30: 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

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.

6.12.9. Instalación y colocación de los tubos

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir las prescripciones generales y en su defecto lo prescrito en la norma UNE-HD 60364-5-52 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones”

- **Prescripciones generales**

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta:

- 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 61386-22.
- 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 las cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En 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 60998.

- 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 tendrá 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.
- 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 de tierra 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 20 del REBT.
- 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 emitido 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



Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrá 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 las 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 al 2%.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 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.



Ilustración 50: Montaje fijo superficial

Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de las tablas (ver apartado 6.8.4. Tubos en canalizaciones empotradas) y de 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.
- Las tapas de 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 los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelos o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

6.12.10. Canalizaciones en zonas no clasificadas

6.12.10.1 Canales protectores

El canal protector 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.

Los canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50085 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 los canales protectores de grado IP4X o superior y clasificadas como “canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas” según la norma UNE-EN 50085-1: se podrá:

- a) Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750V.
- b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, 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 los canales protectores de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas”, según la norma UNE-EN 50.085-1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500V.

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de los canales serán las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 31: Canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias. Características mínimas de los canales

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 llama	No propagador	

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50085.

El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de un canal será compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en el mismo canal.

Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, los canales protectores 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 los canales serán no propagadores de llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50085.

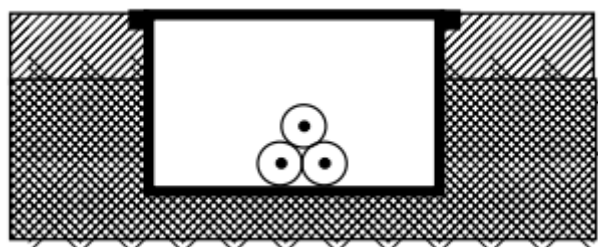


Ilustración 51: Ejemplo de instalación de conductores unipolares aislados en canal protector empotrado en suelo o pared

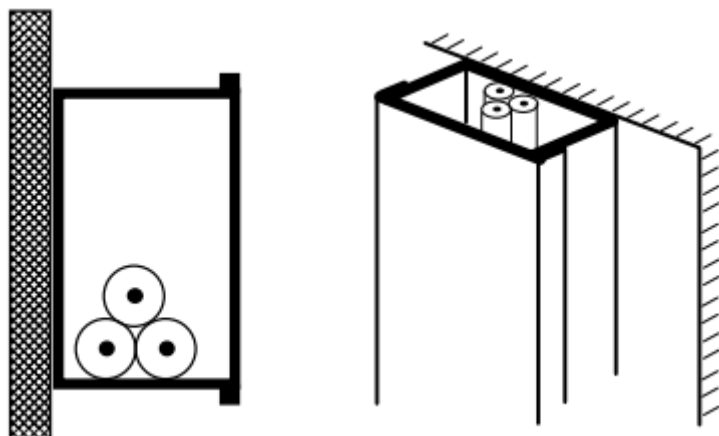


Ilustración 52: Ejemplo de instalación de conductores unipolares aislados en canal protector superficial

6.12.10.2 Instalación y colocación de los canales

La instalación y puesta en obra de los canales protectores deberá cumplir lo indicado en la norma UNE HD 60364-5-52 y en las Instrucciones ITC19 y 20 del REBT.

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. Los canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

No se podrán utilizar los canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la ITC 18 del REBT para canalizaciones prefabricadas.

La tapa de los canales quedará siempre accesible.



6.13. Métodos específicos de cableado no autorizados en zonas Z0 y Z1

No se permite la utilización de los siguientes sistemas de cableado en zonas Z0 y Z1:

- Conductores desnudos
- Mono-conductores aislados sin otra protección.
- Sistemas de cableado con retorno a tierra por la vaina (ESR), no aislados con el equivalente al doble aislamiento.
- Sistemas de embarrados
- Sistemas de cableado aéreo
- Sistemas unifilares con retorno por tierra
- Sistemas con raíles de baja tensión o muy baja tensión
- Cables con cubierta no instalados bajo tubo o canal protector, en los que la resistencia a la tracción es inferior a:
 - Termoplásticos:
 - Policloruro de vinilo (PVC) 12,5 N/mm²
 - Polietileno 10 mm²
 - Elastómero

Polietileno clorosulfonado o polímeros similares 10 N/mm²

7. ADECUACIÓN DE EQUIPOS

Los equipos e instalaciones eléctricas en uso a la entrada en vigor del Reglamento de artículos pirotécnicos y cartuchería, podrán seguir siendo utilizados, si previamente se ha realizado una adecuación, en base a una evaluación de riesgos de conformidad con la Instrucción técnica complementaria número 14, a los requisitos establecidos en la presente Instrucción técnica complementaria.

En aquellas zonas peligrosas donde se utilicen o se prevea utilizar equipos de trabajo, el empresario deberá asegurarse que en la elección, instalación, utilización y mantenimiento, se ha



tenido en especial consideración el riesgo de explosión de las materias explosivas existentes en el lugar de trabajo, en aplicación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Para ello, es necesario que disponga de la documentación técnica que permita una correcta y segura instalación, utilización y mantenimiento. Esta documentación deberá estar redactada en una lengua oficial del área geográfica a la que se destina el equipo.

Para los equipos de trabajo que en su uso previsto toman contacto directamente con mezclas explosivas, se deberán conocer los valores máximos alcanzables tanto en funcionamiento normal, como los previstos en caso de mal funcionamiento, de aquellos parámetros que puedan provocar la ignición de la sustancia explosiva, como por ejemplo: temperatura superficial, presión de trabajo, temperatura interna, etc. Estos parámetros deberán estar ajustados en función de la caracterización de las sustancias explosivas presentes.

Para efectuar el análisis de adecuación de equipos de trabajo de utilización en el sector pirotécnico que incorporen componentes y/o aparataje eléctrica puede utilizarse la Especificación técnica «Maquinaria para la industria pirotécnica. Exigencias de seguridad y salubridad (ET-CICT-PIR-001) aprobada por Orden de 27 marzo 1992 de la Comunidad Valenciana.

ANEXO A: LUMINARIAS

A.1. Requisitos generales de los receptores de alumbrado

Según establece la ITC 44 del REBT las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

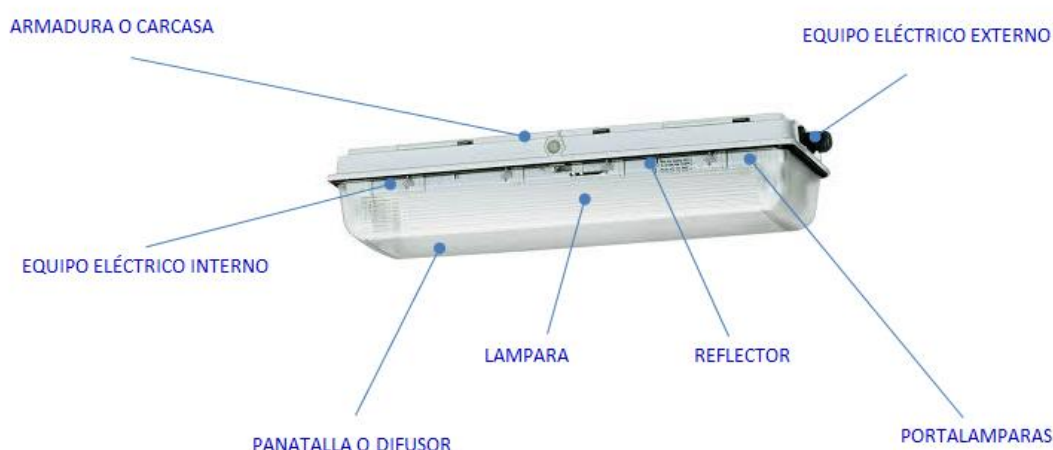


Ilustración 53: Luminaria

Suspensiones y dispositivos de regulación: la masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso no deben presentar empalmes intermedios en el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión. La sección nominal total de los conductores de los que la luminaria está suspendida será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los conductores sea inferior a 15 N/mm^2 .

Cableado interno: la tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300V/300V. Además de los cables serán de adecuadas a la utilización prevista, siendo capaces de soportar la temperatura a la que puedan estar sometidas.

Cableado externo: cuando la luminaria tiene la conexión a la red en su interior, es necesario que el cableado externo que penetra en ella tenga el adecuado aislamiento eléctrico y térmico.



Puesta a tierra: las partes metálicas accesibles a la luminaria que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC 24 del REBT.

Lámparas: queda prohibido el uso de lámparas de gases con descargas de alta tensión (como por ejemplo de neón) en el interior de las viviendas. En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC 24 del REBT.

Portalámparas: deberán ser de algunos de los tipos, formas y dimensiones especificados en la norma UNE-EN 60.061-2. Cuando en la misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí, según el circuito al que deban ser conectados. Cuando se emplean portalámparas con contacto central, debe conectarse a éste el conductor de fase o polar, y el neutro al contacto correspondiente a la parte exterior.

A.2. Condiciones de instalación de los receptores para alumbrado

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizada en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotativo rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán provistos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para receptores con lámpara de descarga, la carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la sección que los de fase.

Para instalaciones que alimenten tubos de descarga con tensiones asignadas de salida de vacío comprendidas entre 1kV y 10kV, se aplicará lo dispuesto en la UNE-EN 50107. No obstante, se considerarán como instalaciones de baja tensión las destinadas a lámparas o tubos de descarga, cualesquiera que sean las tensiones de funcionamiento de éstas, siempre que constituyan un conjunto o unidad con los transformadores de alimentación y demás elementos, no presenten al



exterior más que conductores de conexión de baja tensión y dispongan de barreras o envolventes con sistemas de enclavamiento adecuados, que impidan alcanzar partes interiores del conjunto sin que sea cortada automáticamente la tensión de alimentación al mismo.

La protección contra contactos indirectos se realizará, en su caso, según los requisitos indicados en la ITC 24 del REBT.

La instalación irá provista de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de baja tensión. Queda prohibido colocar interruptor, conmutador, seccionador o cortocircuito en la parte de instalación comprendida entre las lámparas y su dispositivo de alimentación.

Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión de los bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 segundos desde la desconexión del receptor.

A.3. Condición para los prensaestopas y conectores de tubo

Sistema bajo tubo. Conexión bajo tubo de envolventes antideflagrantes

Tradicionalmente, todo el cableado de potencia debía hacerse bajo tubo, estando unido a las envolventes de manera particular (sistema “conduit”) o con cable armado.

El sistema bajo tubo es un sistema concebido fundamentalmente para unión de envolventes antideflagrantes, y así queda definido en la ITC 29 del REBT, y en todos los documentos normativos o reglamentarios que lo recogen.

La instalación de tubos puede modificar las envolventes a las que se fijan respecto a su configuración original, aumentando su volumen y modificando su forma, de modo que favorezca el modo de precompresión; una mezcla precomprimida desarrolla presiones de explosión superiores, y si la precompresión es por gases calientes, resulta a menudo un fenómeno más rápido con efectos dinámicos más severos.

Para evitar desviaciones incontroladas y aproximar la envolvente a su configuración original, se prescribe que se interpongan cortafuegos a un máximo de 450 mm de la envolvente. El principio del empleo de los cortafuegos es minimizar la variación de la configuración de envolventes, pues la adición de los tubos puede alterar completamente las condiciones de la envolvente si son lo suficientemente largos.

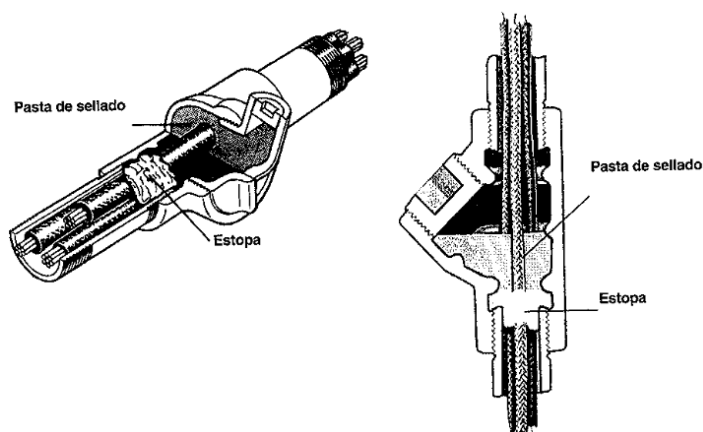


Ilustración 54: Cortafuegos

El conjunto bajo tubo uniendo envolventes antideflagrantes debe formar una verdadera envolvente antideflagrante para lo cual:

- El tubo ha de tener la suficiente resistencia mecánica, para resistir el efecto de 3 MPa, durante un minuto, y estar galvanizado para evitar deterioros por corrosión; si es flexible sus propiedades de resistencia mecánica y corrosión deben ser similares; el cumplimiento de la norma UNE 36582 o de la norma UNE EN 50086 garantiza estas condiciones. Los cortafuegos deberán asimismo tener la resistencia mecánica adecuada y ser conformes a la UNE EN 60079-1.
- Las roscas de unión en las envolventes y accesorios deben respetar las condiciones de antideflagrancia (hilos en toma ≥ 5 , longitud roscada ≥ 8 mm).
- Se han de disponer de cortafuegos en el límite si el tubo sale de un área clasificada a otra de menos peligrosidad.
- Las propiedades de resistencia mecánica y estabilidad de juntas se han de mantener en cualquier circunstancia, como eventuales vibraciones, efecto de agentes ambientales, paso de corriente de falta, por fallos a masa, etc.

Para que los cortafuegos sean eficaces a lo largo de su vida, se les exige que:

- Las pastas de sellado soportan las solicitaciones ambientales a las que se pueden ver sometidas, su punto de fusión está por encima de 90 °C; con los criterios de asignación



de intensidad de corriente habituales en conductores, este valor garantiza su estabilidad por calentamiento de conductores.

- La longitud del tapón que forma el relleno de sellado tenga una dimensión mínima función del diámetro y siempre supere a > 16 m.
- Dentro del cortafuegos o canal protector no se hagan empalmes eléctricos.

A.4. Luminarias de exterior

La instalación de luminarias de exterior cumplirá lo establecido en la ITC 09 del REBT:

Dimensionamiento de las instalaciones

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

El factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Cuadros de protección, medida y control

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contracorrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ω . No obstante se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ω y a 1 Ω , respectivamente.

Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o



fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.

La envolvente del cuadro, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20324 e IK 10 según UNE-EN 50102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

Redes de alimentación

Cables: Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1kV. El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

Redes subterráneas: se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC 07 del REBT. Los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123 “Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo”, e irán entubados: los tubos para las canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC 21 del REBT y el grado de protección mecánica el indicado en dicha instrucción, y podrán ir hormigonadas en zanja o no. Cuando vayan hormigonadas el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 61386-24: 2011. Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60mm.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situado a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro



de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

Soportes de luminarias

Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior, se ajustarán a la normativa vigente. Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

Los soportes que lo requieran, deberán poseer una abertura de dimensiones adecuadas al equipo eléctrico para acceder a los elementos de protección y maniobra; la parte inferior de dicha abertura estará situada, como mínimo, a 0,30m de la rasante, y estará dotada de puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20324 (EN 60529) e IK 10 según UNE-EN 50102. La puerta o trampilla solamente se podrá abrir mediante el empleo de útiles especiales y dispondrá de un borne de tierra cuando sea metálica.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.

Instalación eléctrica: la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima $2,5 \text{ mm}^2$, y de tensión asignada 0,6/1 Kv, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del y otro



sistema que lo garantice.

- La conexión a los terminales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

Luminarias

Las luminarias utilizadas en el exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores exteriores.

Instalación eléctrica de luminarias suspendidas

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE 20324.

La suspensión de las luminarias se hará mediante cables de acero protegido contra la corrosión, de sección suficiente para que posea una resistencia mecánica no inferior a 3,5. La altura mínima sobre el nivel del suelo será de 6 m.

Equipos eléctricos de los puntos de luz

Podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado. Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado mayor de protección mínima IP54, según UNE 20324 e IK 8 según UNE-EN 50102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 metros sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,9; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

Protección contra contactos directos e indirectos



Las luminarias serán de Clase I o de Clase II.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 metros sobre el suelo o un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales. Las partes metálicas de las instalaciones que estén a una distancia inferior a 2 metros de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente, deberán estar puestas a tierra.

Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima $2,5 \text{ mm}^2$ en cobre.

Puestas a tierra

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se pueda producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalarán como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminaria, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm^2 de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductor de cobre, de sección mínima de 16 mm^2 para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.



El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión aislada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.



ANEXO B: OTROS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

B.1. Cuadro general de distribución

El cuadro general de distribución se situará en una zona no clasificada.

Tal como menciona la ITC 13, todo el material eléctrico y las canalizaciones deberán, en la medida de lo posible, estar situados en zonas no clasificadas. Si esto no fuera posible, se ha de elegir para su instalación alguna de las zonas con menor riesgo.

Los equipos eléctricos situados en las zonas clasificadas (Z0, Z1 y Z2) ha de realizarse desde una zona no clasificada. Por lo que se tendrá dos opciones:

- Alimentación desde el cuadro principal.
- Alimentación desde un cuadro secundario situado siempre en una zona no clasificada.

Este cuadro secundario es alimentado por el cuadro principal.

Al estar localizada en una zona no clasificada, se le aplicará ITC 17 del REBT.

Localización del cuadro principal de distribución

Los dispositivos generales de mando y protección deberán situarse lo más próximo posible a la puerta de entrada.

En los locales industriales, NO se exige la altura mínima de situación de los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos.

Composición y características de los cuadros

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE EN 60670 y UNE –EN 61439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20324 e IK07 según UNE-EN 50102. 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 probado.

El Interruptor Control de Potencia (ICP) hasta 63 A en compartimento independiente y precintado que podrá situarse en el mismo cuadro.

Para suministros de intensidad superior a 63 A no se utiliza el ICP, sino que se utilizarán interruptores de intensidad regulable, máxímetros o integradores incorporados al equipo de



medida de energía eléctrica. En estos casos no es preceptiva la instalación de la caja para ICP.

Sea cual sea el dispositivo de control de potencia utilizado, deberá estar acompañado de un interruptor general automático de corte omnipolar, ya que no puede considerarse el ICP ni cualquier otro dispositivo de potencia, como elemento de protección y de desconexión de la instalación.

Cabe la posibilidad de la instalación de dispositivos individuales de mando y protección (DMP) en otros cuadros secundarios.

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; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC 24 del REBT.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones 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 el caso de que se instalase más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Características de principales de los dispositivos de protección

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 la instalación. La sensibilidad de los

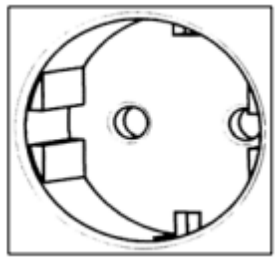
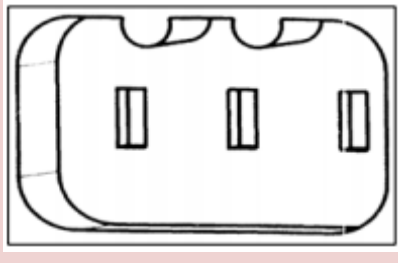
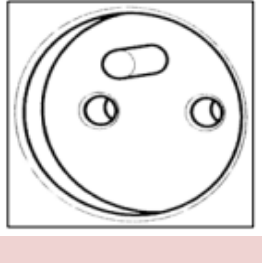
interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC 24 del REBT.

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

B.2. Bases de toma de corriente

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5a de la norma UNE 20315. El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en la que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras específica.

Tabla 32: Bases de toma de corriente

C2a: Base bipolar con contacto lateral de tierra 10/16 A 250 V (Base de 10/16A de uso general)	ESB 25-5a: Base bipolar con contacto de tierra 25A 250 V (Base de 25A para cocina)	C3a: Base bipolar con espiga de contacto de tierra 10/16A 250V (Base a utilizar cuando haya que distinguir entre fase/neutro)
		

Las bases móviles deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1a, C2a o C3a de la Norma UNE 20315. Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.



Las bases de toma de corriente del tipo indicado en la figura C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5a y ESC 10-1a, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, solo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las existentes. En instalaciones industriales, además se admitirán las bases de toma de corriente indicadas en las serie de normas UNE EN 60309, que son tomas de corriente para usos industriales.

Tabla 33: Bases de toma de corriente y norma de aplicación

Producto	Norma de aplicación
Bases de toma de corriente (fijas y móviles) para uso doméstico o análogo)	UNE 20315
Bases de toma de corriente para uso industrial	UNE-EN 60309

B.3. Receptores en baja tensión

Destinado a receptores eléctricos a ser alimentados por una red de suministro exterior que no excedan de 440V en valor eficaz entre fases (254 V en valor eficaz entre fase y tierra).

De acuerdo al Artículo 6 del REBT, los requisitos de todas las instrucciones relativas a receptores no sustituyen ni eximen el cumplimiento de lo establecido en la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) para dichos receptores y sus elementos constitutivos, aun cuando los receptores no se suministren totalmente montados y el montaje final se realice durante la instalación.

Condiciones generales de instalación

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación, necesarias para que en funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los circuitos que formen parte de los receptores, salvo las excepciones que para cada caso pueda señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades, siendo de aplicación, para ello, lo dispuesto en la ITC 22 del REBT. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

Clasificación de los receptores en función de su seguridad eléctrica

- Clase 0: aparatos con carcasa conductora que no está conectada a tierra y en los que la seguridad depende de que se instalen en contacto con elementos conectados a tierra. En la mayoría de los países, la venta de estos aparatos de tensión de red está prohibido hoy en día, ya que un fallo podría provocar una descarga eléctrica u otro suceso peligroso. Como medida de protección, se debe tener un entorno aislado de tierra.
- Clase 1: estos aparatos deben tener su chasis conectado a una toma de tierra por un conductor. Aparatos con carcasa conductora en la que la seguridad se obtiene conectando la carcasa a tierra. Como medida de protección, se debe tener un entorno aislado de tierra.



Ilustración 55: Símbolo de receptor de Clase 1

- Clase 2: estos aparatos presentan envolventes no conductoras proporcionando aislamiento en caso de defectos de las partes activas. No es necesaria ninguna protección.

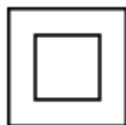


Ilustración 56: Símbolo de receptor de Clase 2

- Clase 3: aparatos destinados a ser alimentados con baja tensión de seguridad (MBTS). Como medida de precaución, solo establecer una conexión a muy baja tensión de seguridad.



Ilustración 57: Símbolo de receptor de Clase 3

B.4. Puesta a tierra

Las puestas se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o 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 descargas de origen atmosférico.

Conductores de tierra



La sección de los conductores de tierra tiene que satisfacer las prescripciones de la tabla A (se puede ver en el siguiente punto) y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 34. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 34: Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

TIPO			Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*		Según apartado 3.4 de la ITC 18 del REBT	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				

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 un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 35, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en el apartado 543.1.1. de la Norma UNE HD 20460-5-54. La norma UNE 20460-5-54 es anulada por la norma UNE HD 60364-5-54.

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



Tabla 35: 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. S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Los valores de la tabla 35 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 presente una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 35.

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 mm², si los conductores disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², 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 conductores de protección pueden utilizarse:

- Cuando en los cables multiconductores
- Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos
- Conductores separados desnudos o aislados

Cuando la instalación consta de partes 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 los apartados a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección. **Resistencias 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.

ANEXO C: INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

La inspección está orientada a la detección de defectos importantes en las instalaciones.

Las instalaciones eléctricas en los talleres, depósitos y establecimientos de venta de material pirotécnico podrán ser objeto de inspección por una Entidad Colaboradora de la Administración (ECA) en Pirotecnia a requerimiento de la Autoridad Competente, a fin de asegurar, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones. Las inspecciones pueden ser:

- Iniciales: antes de la puesta en servicio de las instalaciones.
- Periódicas

C.1. Clasificación de los defectos

Los defectos en las instalaciones se clasificarán en defectos muy graves, defectos graves y defectos leves.

Defectos muy grave: constituyen un peligro inmediato para la seguridad de las personas o los



bienes. Se consideran como muy graves los siguientes defectos.

- Incumplimiento de las medidas de seguridad contra contactos directos. La inspección se realiza de manera visual.
- Locales con riesgo de incendio o explosión. Defectos en aplicación de la ITC 13.

Defecto grave: es el que supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica. Se consideran como grave los siguientes defectos.

- Falta de conexiones equipotenciales en zonas clasificadas. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Inexistencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Falta de aislamiento de la instalación. La inspección de este defecto se realiza mediante una medición.
- Falta de protección adecuada contra cortacircuitos y sobrecargas en los conductores, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Falta de continuidad de los conductores de protección. La inspección de este defecto se realiza mediante una medición.
- Valores elevados de resistencia de tierra en relación con las medidas de seguridad adoptadas. La inspección de este defecto se realiza mediante una medición.
- Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Sección insuficiente de los conductores de protección. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Naturaleza o características no adecuadas de los conductores utilizados. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Falta de sección de los conductores, en relación con las caídas de tensión admisibles para las cargas previstas. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.



- Falta de identificación de los conductores “neutro” y de “protección”. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.
- Empleo de materiales, aparatos o receptores que no se ajusten a las especificaciones vigentes. La inspección de este defecto se realiza de manera visual.

Defecto leve: es todo aquel que no supone peligro para las personas o los bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

C.2. Inspección visual

En los cuadros se comprueba visualmente:

- Inexistencia de riesgo de contacto directo.
- Existencia de dispositivo de corte onnipolar general o por agrupación de receptores.
- Existencia de diferenciales protegiendo todos los circuitos de la instalación.
- En caso de instalación de pararrayos, existencia de dispositivos de protección frente a sobretensiones.
- Identificación de todos los circuitos y de los conductores de neutro y protección.
- Índice de protección del cuadro.

En la instalación hasta receptores se comprueba visualmente:

- Tubos y cajas de derivación: la clase de tubos y cajas de derivación a utilizar dependerá también de la aplicación, del lugar y de las condiciones de instalación. (Exteriores o interiores).
- Tipos de conductores: las características de los conductores a utilizar dependerá de la aplicación, del lugar y de las condiciones en que se instalen. Se anotan las características de los conductores instalados y se verifica si se adecúan a los establecidos en el proyecto.

C.3. Inspección mediante mediciones

En las inspecciones se realizan algunas medidas:

Puesta a tierra: se mide la resistencia de tierra de la instalación. Las instalaciones deberán presentar una resistencia de tierra tal que en la instalación no puedan producirse tensiones de contacto superiores a 50 V para emplazamientos secos y 25 V para locales húmedos.



Protección contra contactos indirectos: en los interruptores diferenciales, se comprueba su correcto funcionamiento, tanto en disparo como en rearme. El disparo se comprobará, tanto con el botón de prueba como provocando una derivación a tierra y midiendo el tiempo de actuación del dispositivo y la tensión de contacto alcanzada.

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: se comprueba la protección de los circuitos por medio de interruptores magnetotérmicos. Se determina la intensidad de actuación del dispositivo.

Resistencia de aislamiento: se medirá la resistencia de aislamiento entre los conductores activos y entre los conductores activos y tierra. Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento mínima de 0,5 MΩ establecida en la ITC-BT-19 para instalaciones de tensión nominal igual o inferior a 500 V.

Resistencia superficial de suelos: se medirá la resistencia de suelos en zonas Z0 y Z1. Las superficies deberán presentar una resistencia de superficial inferior a 1.000 MΩ.

C.4. Lista de verificación práctica



FECHA DE LA EVALUACIÓN:	
REALIZADO POR:	

IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Nombre:

Dirección:

REQUISITOS GENERALES PARA ZONAS CLASIFICADAS. ITC 13

Aspectos a verificar	Sí	No	Observaciones
El material eléctrico y las canalizaciones están situados en zonas con menor riesgo			
El acceso a las instalaciones, aparatos y materiales eléctricos es seguro para su inspección y mantenimiento			
Se han instalado elementos de seccionamiento en zonas no peligrosas para la desconexión total o parcial del resto de las instalaciones eléctricas en zona clasificada			
Los tipos de construcción seleccionados para el material eléctrico permiten la menor acumulación posible de polvo, siendo fáciles de limpiar			
Para el material eléctrico ubicado en zona no clasificada, pero que está asociado a otro material en zona clasificada, se han tenido en cuenta las especificaciones de estos últimos			
Se han tomado medidas para reducir los efectos de radiaciones electromagnéticas a un nivel seguro.			
Se utilizan justificadamente equipos eléctricos portátiles en zonas clasificadas, no existiendo medios alternativos			
El material eléctrico está protegido contra cortocircuitos			
El material eléctrico está protegido contra defectos a			



tierra			
El material eléctrico está protegido contra sobrecargas			

**EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONA Z0**

Local	Tmín descomp	Equipo	Tmáx superficial	Conforme	Modo protección	Conforme



Observaciones:

**REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA ZONA Z0**

Luminarias	Sí	No	Observaciones
Las cubiertas que dan acceso al portalámparas y a otras partes internas de las luminarias están enclavadas a un dispositivo que desconecta automáticamente todos los polos del portalámparas al proceder a su apertura.			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
Máquinas eléctricas	Sí	No	Observaciones
Los motores con modo Ex tD alimentados a frecuencia y tensiones variables, tienen medios de protección por control directo de la temperatura que permiten limitar la temperatura superficial del cuerpo del motor			
Calefacción eléctrica	Sí	No	Observaciones
Existe algún equipo de calefacción eléctrica (prohibido)			
Aparataje de protección y control	Sí	No	Observaciones
Se puede interrumpir el accionamiento de los interruptores accionados por control remoto cuya envolvente está abierta.			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
No es posible el rearme automático en condiciones de defecto, de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y defectos a tierra			
Los portafusibles quedan bloqueados de tal manera que la instalación y cambio de los fusibles sólo es posible sin tensión.			
Los fusibles no pueden ser puestos en tensión cuando su alojamiento no está cerrado			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
Tomas de corriente y prolongadores	Sí	No	Observaciones
Existen tomas de corriente y/o prolongadores (prohibido)			



Observaciones:

EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONA Z1

Local	Tmín descomp	Equipo	Tmáx superficial	Conforme	Modo protección	Conforme



Observaciones:

REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA ZONA Z1

Luminarias	Sí	No	Observaciones
Las cubiertas que dan acceso al portalámparas y a otras partes internas de las luminarias están enclavadas a un dispositivo que desconecta automáticamente todos los polos del portalámparas al proceder a su apertura.			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
Máquinas eléctricas	Sí	No	Observaciones
Los motores con modo Ex tD alimentados a frecuencia y tensiones variables, tienen medios de protección por			



control directo de la temperatura que permiten limitar la temperatura superficial del cuerpo del motor			
Calefacción eléctrica	Sí	No	Observaciones
La temperatura superficial de los aparatos con superficies lisas no excede de 393 K (120 °C)			
Además del modo de protección, los equipos de calefacción disponen de doble dispositivo limitativo de control de temperatura			
Aparamenta de protección y control	Sí	No	Observaciones
Se puede interrumpir el accionamiento de los interruptores accionados por control remoto cuya envolvente está abierta.			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
No es posible el rearme automático en condiciones de defecto, de los dispositivos de protección contra cortocircuitos y defectos a tierra			
Los portafusibles quedan bloqueados de tal manera que la instalación y cambio de los fusibles sólo es posible sin tensión.			
Los fusibles no pueden ser puestos en tensión cuando su alojamiento no está cerrado			
En su caso, están marcadas con la señal “No abrir en tensión”			
Tomas de corriente y prolongadores	Sí	No	Observaciones
Las tomas de corriente “tDA” están dispuestas de forma que la zona de inserción para la clavija está dirigida hacia abajo con una desviación máxima de 60º respecto a la vertical.			
Existen prolongadores o adaptadores (prohibido)			

EQUIPOS ELÉCTRICOS EN ZONA Z2

[illegible]

REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA ZONA Z2

Equipos eléctricos	Sí	No	Observaciones
Si la materia reglamentada está formada por polvo			



conductor (resistividad eléctrica $\leq 1000 \Omega\text{m}$, las envolventes tDA22 tienen una IP 6X)			
---	--	--	--

Observaciones:

**REQUISITOS PARA LAS INSTALACIONES EN ZONAS CLASIFICADAS. ITC 13**

Unión equipotencial suplementaria	Sí	No	Observaciones
Todas las partes conductoras de las instalaciones eléctricas están conectadas equipotencialmente.			
No se incluye el neutro en el sistema equipotencial			
Las partes conductoras que no forman parte de la instalación eléctrica no están conectadas a la red equipotencial (no necesario), a no ser que haya peligro de desplazamiento de potencial.			
Las envolventes metálicas de los aparatos de “seguridad intrínseca” no están conectadas al sistema de unión equipotencial, a no ser que sea requerido por la documentación del aparato.			
Las instalaciones con protección catódica no están conectadas al sistema equipotencial, salvo si están diseñadas para ello.			
Limitación de corrientes de defecto a tierra	Sí	No	Observaciones
Para sistemas TT en zona clasificada existe dispositivo de protección de corriente diferencial residual			
Para sistema TN, se utiliza el sistema TN-S (único permitido), es decir, el neutro y el conductor de protección no pueden conectarse entre sí, ni combinarse en un único conductor.			
Para el sistema IT, existe un dispositivo de supervisión o control del aislamiento para indicar el primer defecto junto a un dispositivo de corte automático que interrumpa la alimentación tras la aparición de un segundo defecto de aislamiento.			
Los sistemas MBTS (muy baja tensión de seguridad) y MBTP (muy baja tensión de protección) cumplen la ITC BT 36.			
Aislamiento eléctrico	Sí	No	Observaciones
Todo circuito o grupo de circuitos están provistos de seccionadores adecuados para su aislamiento.			
Junto a cada seccionador se encuentra colocada la información para permitir una rápida identificación del circuito/s controlado por dicho seccionador.			



Para acciones de emergencia, existe en un lugar no peligroso, al menos uno o varios medios de desconexión del suministro eléctrico a las zonas clasificadas.			
El equipo eléctrico que debe seguir funcionando en caso de emergencia pertenece a un circuito separado del resto de la instalación y no está combinado con otros grupos de circuitos.			
Separación eléctrica	Sí	No	Observaciones
La separación eléctrica es conforme a lo establecido en el apartado 413.5 de la Norma IEC 60364-4-41 para la alimentación de un solo equipo			
Protección frente a los riesgos de la electricidad estática	Sí	No	Observaciones
La resistencia de tierra del conjunto formado por la puesta a tierra y la red de conexión equipotencial es $\leq 1 \text{ M}\Omega$.			
La humedad relativa del aire en las zonas Z0 y Z1 (no ubicadas en lugares exteriores) está comprendida entre el 50 % y 70 %.			
El pavimento instalado en zonas Z0 y Z1 tiene una resistencia máxima $\leq 10^9 \Omega$, medido según UNE-EN 61340-4-1.			
En las zonas Z0 y Z1, existen medios de descarga electrostática para los trabajadores, tanto antes de su acceso a dichas zonas, como durante el desarrollo de su trabajo.			
Protección catódica de partes metálicas	Sí	No	Observaciones
No existe protección catódica en zonas Z0, salvo si está especialmente diseñada para ello.			
Los elementos de aislamiento requeridos para la protección catódica están situados fuera de las zonas peligrosas (si es posible)			

Observaciones:



--

SISTEMAS DE CABLEADO. CONDUCTORES			
Requisitos generales	Sí	No	Observaciones
Los sistemas de cableado de instalaciones de seguridad intrínseca cumplen los requisitos de la Norma UNE-EN 61241-14 y Norma UNE-EN 60079-25			
Los cables para el resto de instalaciones tienen una tensión mínima de 450/750 V			
Las entradas de cables y tubos a los equipos se han realizado según el modo de protección previsto.			
Los orificios no utilizados de los equipos eléctricos			



están cerrados correctamente con piezas acordes al modo de protección del equipo			
Las canalizaciones móviles cumplen la ITC 21 del REBT			
La intensidad admisible en los conductores se ha disminuido en un 15 % al valor correspondiente a una instalación convencional			
Todos los cables de longitud ≥ 5 m, están protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos.			
Para la protección contra sobrecargas se ha tenido en cuenta la intensidad de carga disminuida en un 15 %.			
Para la protección contra cortocircuitos se ha tenido en cuenta la intensidad el valor máximo para un defecto en el comienzo del cable y el valor mínimo correspondiente a un defecto bifásico y franco al final del cable.			
En los puntos de transición desde una zona clasificada a otra no clasificada, se impide el paso de polvo de mezcla explosiva (sellado de zanjas, tubos, bandejas, etc.).			
Cableado en instalaciones fijas en zonas clasificadas	Sí	No	Observaciones
Se utilizan cables bajo tubo metálico rígido o flexible conforme a la Norma UNE-EN 50086-1.			
En su caso, se utilizan cables con protección mecánica: a) Aislamiento mineral y cubierta metálica, según UNE 21157-1, o b) Cables armados con alambre de acero galvanizado y cubierta externa no metálica, según UNE 21123.			
En cuanto a resistencia al fuego, los cables son conformes a la norma UNE-EN 50266-2			
Cableado en alimentación de equipos móviles o portátiles	Sí	No	Observaciones
Los cables tienen cubierta de policloropreno según UNE 21027-4 o UNE 21150, flexibles y de sección mínima $\leq 1,5 \text{ mm}^2$.			
Los cables de alimentación a equipos móviles, tienen una longitud ≤ 30 m.			
Requisitos de los tubos protectores y canales	Sí	No	Observaciones



protectores			
Los tubos en zona clasificada son conformes a las especificaciones indicadas en la tabla 9.3 de la ITC 29 del REBT.			
Cableado no autorizado en zonas Z0 y Z1	Sí	No	Observaciones
No se utilizan conductores desnudos			
No se utilizan mono-conductores aislados sin otra protección.			
No se utilizan sistemas de cableado con retorno a tierra por la vaina (ESR), no aislados con el equivalente al doble aislamiento.			
No se utilizan sistemas de embarrados.			
No se utilizan sistemas de cableado aéreo.			
No se utilizan sistemas unifilares con retorno por tierra.			
No se utilizan sistemas con raíles de baja tensión o muy baja tensión			
No se utilizan cables con cubierta en los que la resistencia a la tracción es inferior a: a) Termoplásticos: Policloruro de vinilo (PVC), 12,5 N/mm ² . Polietileno, 10 N/mm ² . b) Elastómero: Polietileno clorosulfonado o polímeros similares, 10 N/mm ² , salvo si se instalan en un conducto.			

Observaciones:



VERIFICACIONES GENERALES SEGÚN EL REBT			
Requisitos generales	Sí	No	Observaciones
Existen medidas de protección contra contactos directos (aislamiento de partes activas, empleo de envolventes, barreras, obstáculos o alejamiento de las partes en tensión)			
Existen medidas de protección contra contactos indirectos (interruptores de máxima corriente, fusibles, diferenciales, equipos y materiales de clase II, disposición de paredes y techos aislantes o alternativamente de conexiones equipotenciales en locales que no utilicen conductor de protección, etc.)			
Existencia y calibrado de los dispositivos de protección y señalización.			
Existen barreras cortafuegos y otras disposiciones que impiden la propagación del fuego, así como protecciones contra efectos térmicos.			
Se utilizan materiales y medidas de protección apropiadas a las influencias externas.			
Existencia y disponibilidad de esquemas, advertencias e informaciones similares.			
Conexiones correctas de los conductores.			



Accesibilidad para comodidad de funcionamiento y mantenimiento			
--	--	--	--

Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales				
Punto 1	Punto 2	Continuidad	Resistencia	Observaciones

Equipo de medida:

Observaciones:

Resistencia de puesta a tierra		
	Resistencia	Observaciones
Medida		

Equipo de medida:



Resistencia de aislamiento de la instalación				
Circuito	Conductor 1	Conductor 2	Resistencia	Conforme

Equipo de medida:



Suelo		Resistencia	Conforme	Observaciones
LOCAL	ZONA			

Equipo de medida:

Verificación Interruptores Diferenciales				
Diferencial	Corriente diferencial	Tensión de contacto	Tiempo de disparo	Conforme



Equipo de medida:

Corrientes de fuga				
Circuito	Corriente de fuga	Sensibilidad Diferencial	Conforme	Observaciones

Equipo de medida:

Impedancia de bucle



Elemento de protección	de	Impedancia bucle	Tiempo disparo	Icc	Pcorte	Conforme

Equipo de medida:

Observaciones:

BIBLIOGRAFÍA

- Pirotecnia. Preceptos útiles en la fabricación y disparo de artificios pirotécnicos. Instituto de Formación y Estudios Sociales (IFES). Año 2000
- Diagnóstico del sector pirotécnico español. Ministerio de Industria y Energía
- Niveles de seguridad en las pirotécnicas españolas. CIECSA. Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción. Año1991
- Guía para la elaboración de un proyecto de taller pirotécnico. Generalitat Valenciana.1993
- La seguridad en la Industria Pirotécnica, Curso para encargados. AITEMIN. Generalitat Valenciana



- La seguridad en la Industria Pirotécnica. AITEMIN. Generalitat Valenciana
- Seguridad en Atmósferas Explosivas. Javier García Torrent. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Fundación Gómez Pardo. Año 2003
- Atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo
- NTP 567: Protección frente a cargas electroestáticas
- NTP 588: Grado de protección de las envolventes de los materiales eléctricos
- Guía ITC 05 de REBT: Verificación e inspecciones
- Guía ITC 07 de REBT: Redes subterráneas para distribución en baja tensión
- Guía ITC 09 de REBT: Instalaciones de alumbrado exterior
- Guía ITC 17 de REBT: Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia
- Guía ITC 18 de REBT: Instalaciones de puesta de tierra
- Guía ITC 19 de REBT: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales
- Guía ITC 20 de REBT: Sistemas de instalación
- Guía ITC 21 de REBT: Tubos y canales protectoras
- Guía ITC 23 de REBT: Protección contra sobretensiones
- Guía ITC 24 de REBT: Protección contra los contactos directos e indirectos
- Guía ITC 29 de REBT: Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión
- Guía ITC 30 de REBT: Instalaciones en locales de características especiales
- Guía ITC 36 de REBT: Instalaciones a muy baja tensión
- Guía ITC 43 de REBT: Prescripciones generales
- Guía ITC 44 de REBT: Receptores de alumbrado
- UNE EN 1127-1: Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- UNE EN 1149-1: Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 1: Método de ensayo para la medición de la resistividad de la superficie.
- UNE EN 1149-2: Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 2: Método de ensayo para medir la resistencia eléctrica a través de un material (resistencia vertical).



- UNE EN 1149-3: Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 3: Métodos de ensayo para determinar la disipación de la carga.
- UNE EN 1149-5: Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 5: Requisitos de comportamiento de material y diseño.
- UNE-EN ISO 20344: Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado.
- UNE-EN ISO 20345: Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.
- UNE-EN ISO 20346: Equipo de protección personal. Calzado de protección.
- UNE-EN ISO 20347: Equipo de protección personal. Calzado de trabajo.
- UNE EN 21027-4: Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 4: Cables flexibles.
- UNE EN 21150: Cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kV.
- UNE EN 50085: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas.
- UNE EN 50086: Sistemas de tubos para la conducción de cables.
- UNE EN 50102: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE EN 50107: "Rótulos e instalaciones de tubos luminosos de descarga que funcionan con tensiones asignadas de salida en vacío superiores a 1 kV pero sin exceder 10 Kv"
- UNE EN 50266: Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical.
- UNE EN 50525-2-21: Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Parte 2-21: Cables de utilización general. Cables flexibles con aislamiento de elastómero reticulado.
- UNE EN 50525-3-21: Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Parte 3-21: Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables flexibles con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humo.



- UNE EN 60061-2: “Casquillos y portalámparas, junto con los calibres para el control de la intercambiabilidad y de la seguridad. Parte 2: Portalámparas”
- UNE EN 60079-1: “Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 1: Envoltentes antideflagrantes "d"”
- UNE EN 60079-10-2: Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo.
- UNE EN 60079-11: Atmósferas explosivas. Parte 11: Protección del equipo por seguridad intrínseca "i".
- UNE EN 60079-14 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas.
- UNE EN 60079-18: Atmósferas explosivas. Parte 18: Protección del equipo por encapsulado "m".
- UNE EN 60079-25: Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 25: Sistemas de seguridad intrínseca.
- UNE EN 60079-31: Atmósferas explosivas. Parte 31: Protección del material contra la inflamación de polvo por envoltente "t".
- UNE EN 60309: Tomas de corriente para usos industriales.
- UNE EN 60332-3-21: Métodos de ensayos para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 3-21: Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical. Categoría A F/R.
- UNE HD 60364-4-41: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.
- UNE EN 60364-5-54: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-54: Selección e instalación de los equipos eléctricos. Puesta a tierra, conductores de protección y conductores de equipotencialidad.
- UNE EN 60423: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Diámetros exteriores de los tubos para instalaciones eléctricas y roscas para tubos y accesorios.
- UNE EN 60439: Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 3: Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO).
- UNE EN 60598: “Luminarias”.



- UNE EN 60670-1: Cajas y envolventes para accesorios eléctricos en instalaciones eléctricas fijas para uso doméstico y análogo. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE EN 60702-1: Cables con aislamiento mineral de tensión asignada no superior a 750 V y sus conexiones. Parte 1: Cables.
- UNE EN 60742: Transformadores de separación de circuitos y transformadores de seguridad. Requisitos.
- UNE EN 60998: Dispositivos de conexión para circuitos de baja tensión para usos domésticos y análogos.
- UNE EN 61241-1: Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 1: Protección por envolventes "tD"
- UNE EN 61241-4: Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 4: Modo de protección "pD".
- UNE EN 61241-14: Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 14: Selección e instalación.
- UNE EN 61241-18: Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 18: Protección por encapsulado "mD".
- UNE EN 61340-4-1: Electrostática. Parte 4-1: Métodos de ensayo normalizados para aplicaciones específicas. Resistencia eléctrica de recubrimientos de suelos y pavimentos instalados.
- UNE EN 61386-1: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE EN 61386-21: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 21: Requisitos particulares. Sistemas de tubos rígidos.
- UNE EN 61386-22: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 22: Requisitos particulares. Sistemas de tubos curvables.
- UNE EN 61386-23: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 23: Requisitos particulares. Sistemas de tubos flexibles
- UNE EN 61386-24: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.



- UNE EN 61558-2-4: Seguridad de los transformadores, bobinas de inductancia, unidades de alimentación y productos análogos para tensiones de alimentación hasta 1100 V. Parte 2-4: Requisitos particulares y ensayos para transformadores de separación de circuitos y unidades de alimentación que incorporan transformadores de separación de circuitos.
- UNE HD 603-1: Cables de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE HD 60364-5-52 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE HD 60364-4-41: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.
- UNE 20315 Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos.
- UNE 20324 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 21123: Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 Kv.
- UNE 21150: Cables flexibles para servicios móviles, aislados con goma de etileno-propileno y cubierta reforzada de policloropreno o elastómero equivalente de tensión nominal 0,6/1 kV.
- UNE 31017 Ensayo para la determinación del efecto de la elevación de la temperatura sobre las sustancias explosivas.
- UNE 365852 Perfiles tubulares de acero, de pared gruesa, galvanizados, para blindaje de conducciones eléctricas. (Tubo "conduit").
- IEC 60417: Símbolos gráficos a utilizar sobre los equipos.
- IEC 60502: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 30 kV ($U_m = 36$ kV). Parte 1: Cables de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)
- IEC 61386: Sistemas de tubos para la conducción de cables.
- CEI 60529: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).



- CEI 60811-1-4: Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos y cables de fibra óptica. Parte 1-4: Métodos de aplicación general. Ensayos a baja temperatura.
- CEI 60811-3-1: Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos y cables de fibra óptica. Parte 3-1: Métodos específicos para mezclas de PVC. Ensayo de presión a temperatura elevada. Ensayo de resistencia a la fisuración.