

# Protección contra Sobretensiones Transitorias

Baja Tensión

Guía 2010

The Schneider Electric logo is located in the bottom right corner of the page. It consists of the word "Schneider" in a bold, white, sans-serif font, with the word "Electric" in a smaller, white, sans-serif font directly below it. To the left of the word "Electric" is the company's logo symbol, which is a stylized white 'E' inside a circle. The background of the entire page is a photograph of a city at night, with several tall buildings and a street with streetlights. A prominent lightning bolt is visible in the dark sky above the city.

# Protección contra sobretensiones transitorias

## Prólogo

Con la publicación en el BOE, el 18 de septiembre de 2002, del nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), toma especial relevancia el concepto de protección contra sobretensiones transitorias.

En el nuevo REBT se han añadido artículos e instrucciones técnicas (ITC-BT-23) que tratan sobre la problemática de las sobretensiones transitorias y sus protecciones, y que serán de obligado cumplimiento al año de la fecha de su publicación.

Por primera vez, en el REBT se definen y especifican las situaciones en las cuales se precisa la instalación de limitadores para proteger los receptores de los destructivos efectos de las sobretensiones transitorias (ITC-BT-23, ver anexo).

Asimismo el nuevo REBT, en su Artículo 16, Capítulo 3, menciona:

“Los sistemas de protección para las instalaciones interiores o receptoras para baja tensión impedirán los efectos de las sobreintensidades y sobretensiones, que por distintas causas cabe prevenir en las mismas, y resguardarán a sus materiales y equipos de las acciones y efectos de los agentes externos.”

Con el objetivo de informar y aclarar todos los aspectos sobre las sobretensiones transitorias —origen, propagación, consecuencias— y las mejores soluciones para protegernos frente a ellas, se ha creado la presente guía.

La Guía de protección contra sobretensiones transitorias pretende convertirse en una útil herramienta para todos aquellos profesionales que se vean implicados frente a la problemática de las sobretensiones transitorias y que necesiten, en consecuencia, incorporar la mejor protección.



Equipos  
residenciales



Equipos  
terciarios



Equipos  
informáticos



Equipos  
industriales

# Guía de protección contra sobretensiones transitorias

## Índice general

<b>1</b>	<b>Problemática actual de las instalaciones</b>	
	Introducción	1/2
	Protección global de instalaciones	1/2
	Guía de protección contra sobretensiones transitorias	1/2
<b>2</b>	<b>Protección de instalaciones contra sobretensiones transitorias</b>	
	Introducción a las sobretensiones transitorias	2/2
	Consecuencias de las sobretensiones transitorias	2/2
<b>3</b>	<b>Sobretensiones transitorias de origen atmosférico</b>	
	Introducción	3/2
	Características de las descargas	3/2
	La formación de las tormentas	3/3
	El fenómeno de los rayos	3/4
	Principales efectos de los rayos	3/7
	Tipos de sobretensiones transitorias atmosféricas	3/7
	Modos de propagación	3/8
	Consecuencias de las sobretensiones transitorias atmosféricas	3/9
	Conclusión	3/12
<b>4</b>	<b>Sobretensiones transitorias de maniobra</b>	
	Principio fundamental del corte	4/2
	Criterios del buen funcionamiento de un aparato de corte	4/2
	Sobretensiones transitorias de maniobra en alta tensión	4/3
	Sobretensiones transitorias de maniobra en baja tensión	4/4
<b>5</b>	<b>Sobretensiones transitorias electrostáticas</b>	
	Carga electrostática	5/2
	Efectos de las descargas electrostáticas	5/2
	Identificación del fenómeno	5/2
<b>6</b>	<b>Protecciones contra sobretensiones transitorias</b>	
	Introducción	6/2
	Los principios de protección	6/3
	Principio de coordinación del aislamiento	6/4
	Protecciones primarias	6/5
	Protecciones secundarias	6/6
<b>7</b>	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias</b>	
	Características principales	7/2
	Principios de funcionamiento de los limitadores de sobretensiones transitorias	7/3
	Tiempo de respuesta de una protección	7/3
	Tecnologías de los limitadores de sobretensiones transitorias	7/4
	Sistemas de protección	7/8

# Guía de protección contra sobretensiones transitorias

## Índice general

<b>8</b>	<b>Normativa</b>	
	<b>Definiciones</b>	8/2
	<b>IEC 61643</b>	8/4
	<b>IEC 60364</b>	8/7
	<b>Tabla resumen</b>	8/8
<b>9</b>	<b>Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias</b>	
	<b>Regímenes de neutro</b>	9/2
	<b>Desconexión de los limitadores de sobretensiones transitorias y continuidad de servicio</b>	9/7
	<b>Reglas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias</b>	9/9
<b>10</b>	<b>Elección del limitador de sobretensiones transitorias</b>	
	<b>Introducción</b>	10/2
	<b>Principio general</b>	10/2
	<b>Guía de elección</b>	10/3
	<b>Ejemplos de elección</b>	10/4
<b>11</b>	<b>Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias</b>	
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias. Funciones y Descripción</b>	11/2
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1, PRF1/PRF1 Master</b>	11/3
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias enchufables tipo 2, PRD</b>	11/5
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias no enchufables tipo 2, PF</b>	11/7
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión tipo 2 y 3, Quick PRD</b>	11/9
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión tipo 2, Quick PF</b>	11/11
	<b>Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas y redes informáticas PRC, PRI</b>	11/12
	<b>Limitadores de sobretensiones para corriente continua tipo 2, PRD-DC</b>	11/13
	<b>Dimensiones limitadores de sobretensiones transitorias</b>	11/15
<b>12</b>	<b>Aplicaciones</b>	
	<b>Residencial</b>	12/2
	<b>Terciario</b>	12/6
	<b>Industria</b>	12/22
	<b>Infraestructuras</b>	12/30
<b>13</b>	<b>Anexo ITC-BT-23 del nuevo REBT</b>	
	<b>Objeto y campo de aplicación</b>	13/2
	<b>Categorías de las sobretensiones</b>	13/2
	<b>Medidas para el control de las sobretensiones</b>	13/3
	<b>Selección de los materiales en la instalación</b>	13/6
	<b>Selección del tipo de los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias a instalar</b>	13/7
	<b>Selección de las características del dispositivo de protección contra sobretensiones</b>	13/8
	<b>Coordinación entre los dispositivos de protección contra sobretensiones</b>	13/8
	<b>Conexión a tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones</b>	13/9



# Problemática actual de las instalaciones

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

1

Introducción

1/2

Protección global de instalaciones

1/2

Guía de protección contra sobretensiones transitorias

1/2

# 1. Problemática actual de las instalaciones

## 1.1 Introducción

La evolución en las instalaciones eléctricas ha sido una constante desde que empezó a introducirse la aparamenta eléctrica. Las instalaciones aumentan en complejidad debido a la necesidad de realizar mayor número de funciones y control de todos los procesos y aspectos relacionados con la instalación eléctrica del edificio.

## 1.2 Protección global de instalaciones

Esta evolución va estrechamente relacionada con la naturaleza de los receptores. Un enriquecimiento y una mayor complejidad de éstos provoca que las instalaciones dejen de estar bien dimensionadas. Debido a que el precio de estos receptores es cada vez mayor, interesa conseguir una protección global de la instalación ante la mayor parte de los fenómenos que puedan aparecer en la misma.

Con esta filosofía, nacen todos los dispositivos de protección de instalaciones sobre carril DIN de Merlin Gerin, con los que se protegen ante la mayoría de los defectos que pueden aparecer en la red. Una larga experiencia en la protección de instalaciones eléctricas ha demostrado la necesidad de protegerlas ante otros fenómenos que normalmente no se tiene en cuenta y que han ido cobrando cada vez más importancia a lo largo de los años. A los ya conocidos defectos de **sobrecargas y cortocircuitos** resueltos con los interruptores automáticos magnetotérmicos, se unieron los problemas derivados de las **fugas a tierra** por contactos directos o indirectos, solucionados con los interruptores diferenciales de clase A, AC y la última gama de clase A *superinmunizado* (ver *Guía de protección diferencial de baja tensión* para más información).

En la actualidad, también es preciso realizar una protección contra las **sobretensiones transitorias** debidas a fenómenos atmosféricos (aproximadamente el 20% de las sobretensiones transitorias), o a maniobras en la red (aproximadamente el 80% de las sobretensiones transitorias), aunque las primeras son de un valor más elevado y, por consiguiente, más peligrosas.

Las sobretensiones transitorias pueden provocar la destrucción o el envejecimiento prematuro de los receptores a causa de un valor muy elevado de tensión en un instante de tiempo muy corto ( $\mu$ s).

## 1.3 Guía de protección contra sobretensiones transitorias

En la presente guía se tratará el tema de las sobretensiones transitorias, se explicarán sus causas, sus consecuencias, se hablará de las principales protecciones existentes y los productos Schneider necesarios para evitar las destructivas consecuencias de dichas sobretensiones.

# Protección de instalaciones contra sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

2

Introducción a las sobretensiones transitorias  
Consecuencias de las sobretensiones transitorias

2/2

2/2



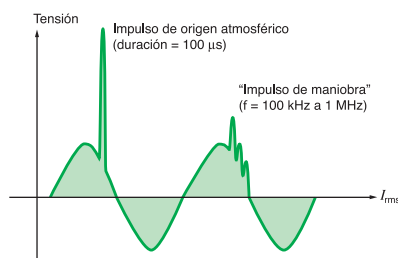


Fig. 2.1. Ejemplos de sobretensión.

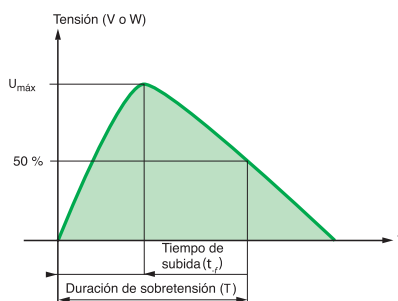


Fig. 2.2. Principales características de la sobretensión.

## 2. Protección de instalaciones contra sobretensiones transitorias

### 2.1 Introducción a las sobretensiones transitorias

Las redes de distribución eléctrica y redes de telecomunicación (redes telefónicas analógicas, digitales, informáticas o de datos), están sometidas continuamente a un número elevado de sobretensiones transitorias.

Una sobretensión es una onda o impulso de tensión que se superpone a la tensión nominal de la red (**fig. 2.1**), produciendo un gran aumento del valor eficaz de la tensión de la línea durante un período de tiempo muy corto (del orden de  $\mu$ s).

Este tipo de sobretensión se caracteriza por lo siguiente (**fig. 2.2**):

- El tiempo de subida ( $t_f$ ) se mide en  $\mu$ s.
- El gradiente S se mide en  $kA/\mu$ s.

Estos dos parámetros afectan al equipo y producen radiaciones electromagnéticas. Además, la duración de la sobretensión (T) produce un aumento de energía en los circuitos eléctricos que puede destruir el equipo.

Debido a su aleatoriedad y difícil predicción, aparecerán en cualquier momento pudiendo inutilizar alguno de los receptores conectados, que pueden tener elevado valor económico: paralizar la producción de una fábrica con el coste que esto supone, destruir la instalación eléctrica o producir daños en las personas.

Estas sobretensiones transitorias pueden tener tres orígenes bien diferenciados:

- Sobretensiones debidas a descargas atmosféricas.
- Sobretensiones debidas a maniobras en la red.
- Sobretensiones debidas a descargas electrostáticas.

Las **sobretensiones atmosféricas**, como su nombre indica, se deben a la caída directa o indirecta de rayos, uno de los fenómenos más espectaculares y comunes jamás visto. Son menos habituales que las de maniobra (aproximadamente, el 20%), pero mucho más peligrosas, pues poseen valores de cresta mucho más elevados y una alta energía. Y pueden provocar tanto la destrucción de los receptores como el envejecimiento prematuro y el mal funcionamiento de los mismos.

Las **sobretensiones de maniobra** están causadas principalmente por conmutaciones de potencia en las líneas de red, accionamiento de motores, dispositivos de mando, etc. Son las más habituales (el 75-80% de las sobretensiones transitorias). La sobretensión no es muy elevada, de manera que produce en la mayoría de los receptores un envejecimiento prematuro o un mal funcionamiento.

Por último, las **sobretensiones debidas a descargas electrostáticas** (ESD) se producen en un medio seco donde las cargas se acumulan creando un campo electrostático elevado. Estas sobretensiones son especialmente peligrosas para los equipos electrónicos.

### 2.2 Consecuencias de las sobretensiones transitorias

La influencia de las sobretensiones transitorias sobre los circuitos electrónicos puede llegar a causar su destrucción en caso extremo, pero también puede provocar fallos de funcionamiento en los receptores y resultar un peligro para las personas.

#### • Efectos en las personas

Debido al efecto de una sobretensión, se puede producir un cebado en el circuito de masas y una subida de potencial. En este caso, el hecho de tocar un objeto conectado a tierra puede constituir un riesgo en el momento preciso en que esta tierra evacua la corriente.

La red de masas de una instalación debe estar unida por una impedancia baja, de manera que se pueda limitar las diferencias de potencial entre los objetos metálicos accesibles simultáneamente por la misma persona.

El riesgo de electrocución de una persona está ligado no a este aumento de tensión de la tierra, sino a la corriente que circula a través de ella. Los principales parámetros que se deben tener en cuenta son:

- La amplitud y duración de la aplicación de la corriente.
- El trayecto seguido por ésta a través del cuerpo.
- El valor de las impedancias existentes.

Al producirse una sobretensión, puede aparecer un arco eléctrico entre dos piezas conductoras y provocar, por efecto térmico, accidentes corporales. Por otro lado, la explosión de un material también puede provocar accidentes por la dispersión de fragmentos de éste.

En la *Guía de protección diferencial de baja tensión* se explican con más detenimiento algunos de estos fenómenos.

### • Efectos en los materiales

Cuando una sobretensión aplicada a un material sobrepasa el nivel de aislamiento, podemos tener una destrucción del aislante o de los componentes. Si el material no se destruye, existe un envejecimiento prematuro, sobre todo si las sobretensiones se repiten.

Las sobretensiones pueden provocar disparos intempestivos o problemas con los tiristores, transistores o diodos. Esto puede provocar cortocircuitos dentro de los equipos. Por lo tanto, los componentes pueden resultar dañados, ya sea directamente por la sobretensión, o indirectamente por el cortocircuito. El impacto de esta sobretensión es importante tanto en el ámbito doméstico como en el terciario/industrial.

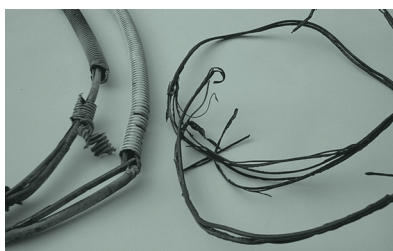
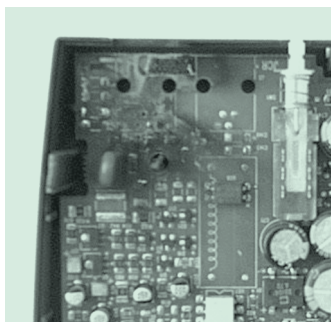


Fig. 2.1. Módem y cables destruidos por una sobretensión transitoria.

Parámetro	Sobretensiones atmosféricas	Sobretensiones de maniobra	Sobretensiones electrostáticas
Intervalo de frecuencias (Hz)	$10^3$ a $5 \times 10^6$	$10^4$ a $5 \times 10^8$	$10^3$ a $5 \times 10^9$
Velocidad de subida de la intensidad (di/dt)	120 kA/ $\mu$ s	100 kA/ $\mu$ s	100 kA/ $\mu$ s
Tiempo de subida (ns)	1.000-2.000 r. periódica 200 a 500	10 a 50	~10
Campo eléctrico (kV/m)	~40 (d = 100m)	~10 (d = 10m)	20 kV (punto de impacto)
Campo magnético (A/m)	~160 (d = 100 m)	~300 (d = 10 m)	~80 (d = 1 m)
Velocidad de subida de la tensión (dV/dt)	600 V/ $\mu$ s	10 V/ $\mu$ s	2.000 kV/ $\mu$ s

Tabla 2.1. Parámetros principales de los diferentes tipos de sobretensiones transitorias.

En los equipos informáticos, se puede crear mal funcionamiento, como paros intempestivos, pérdidas de información o envíos de órdenes erróneas.



# Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

<b>3</b>	<b>Introducción</b>	3/2
	<b>Características de las descargas</b>	3/2
	<b>La formación de tormentas</b>	3/3
	<b>El fenómeno de los rayos</b>	3/4
	<b>Principales efectos de los rayos</b>	3/7
	<b>Tipos de sobretensiones transitorias atmosféricas</b>	3/7
	<b>Modos de propagación</b>	3/8
	<b>Consecuencias de las sobretensiones transitorias atmosféricas</b>	3/9
	<b>Conclusión</b>	3/12

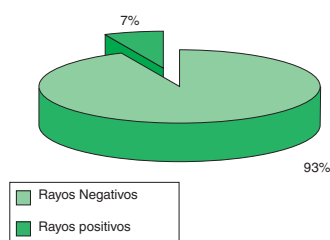


Fig. 3.1. Caída de rayos en España durante un período de tres años.

### 3.1 Introducción

Las descargas atmosféricas son uno de los fenómenos naturales más espectaculares y comunes. En los dos siglos transcurridos desde que Benjamin Franklin demostró en 1752 que el rayo era una descarga eléctrica gigantesca, relámpagos, rayos y tormentas han sido objeto de numerosas investigaciones científicas.

Sin embargo, pese a la avalancha de nuevos equipos, los orígenes de las descargas atmosféricas y del mecanismo mediante el cual se electrifican las nubes continúan mostrándose esquivos.

La dificultad reside en la propia física de la descarga y de las tormentas, que abarca una escala de 15 órdenes de magnitud. Desde Franklin, se ha aceptado que el relámpago es el paso de carga eléctrica, positiva o negativa, de una región de la nube a otra y el rayo, el tránsito equivalente de la nube a tierra.

Se estima que en nuestro planeta existen simultáneamente unas 2.000 tormentas y que cerca de 100 rayos descargan sobre la tierra cada segundo. En total, esto representa unas 4.000 tormentas diarias y unos 9 millones de descargas atmosféricas cada día.

Según estudios realizados por el departamento de teledetección del Instituto Nacional de Meteorología (INM) durante el período del 28 de enero de 1992 hasta el 31 de enero de 1995, se observaron 1.615.217 impactos de rayos en España, lo que equivale a una media de 538.405 impactos observados por año.

La caída de rayos y, por tanto, las sobretensiones transitorias de origen atmosférico representan un serio problema que se debe tener en cuenta.

### 3.2 Características de las descargas

Las descargas atmosféricas son impredecibles. Diferentes estudios y pruebas de campo permiten conocer algunos datos escalofriantes. Por ejemplo, sabemos que la temperatura máxima de un rayo puede alcanzar valores superiores a 30.000 °C con una duración de una millonésima de segundo. Esta temperatura supera más de cuatro veces la de la superficie del sol.

La longitud de la descarga vertical es normalmente de 5 a 7 km (**fig. 3.2**), mientras que en una descarga horizontal oscila entre 8 y 16 km. Los valores eléctricos que componen el rayo son enormes y pueden descargar intensidades de 200 kA con una energía total inmensa. La energía media disipada por unidad de longitud del canal de descarga formado por un simple rayo es del orden de  $10^5$  J/m, lo que equivale a unos 100 kg de dinamita. La energía media total por descarga es de  $3 \times 10^8$  J y su duración total se considera que es de aproximadamente 30 ms. Así, la potencia media por rayo es de unos  $10^{13}$  W. Cada rayo, en promedio, consta de 4 descargas separadas de 40 ms.

Considerando la energía y las 100 descargas/segundo que caen, la energía eléctrica global total disipada en un año es de aproximadamente  $10^9$  kW/h, lo que equivale a 1/117 parte de la producción eléctrica española de 1988.



Fig. 3.2. Descargas verticales (rayos).



Fig. 3.3. Cumulonimbus.

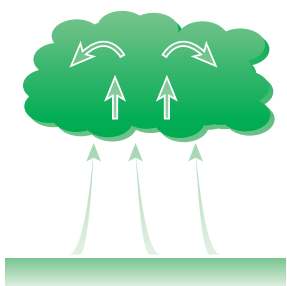


Fig. 3.4. Cumulonimbus: formación de una nube.

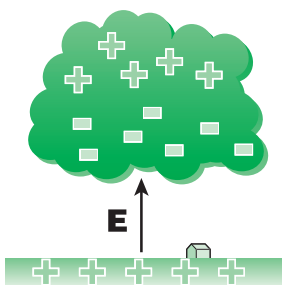


Fig. 3.5. Inicio del mecanismo de electrificación.

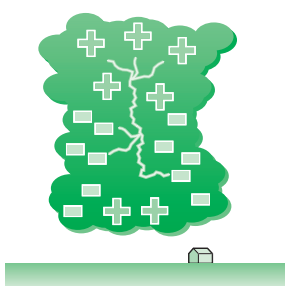


Fig. 3.6. Inicio de la fase activa.

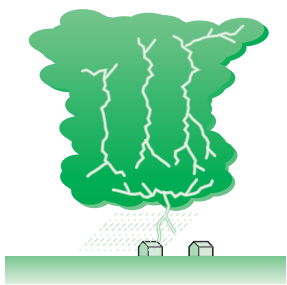


Fig. 3.7. Maduración.

## 3.3 La formación de tormentas

Aunque también se han observado relámpagos y rayos durante tormentas de nieve, de polvo, explosiones nucleares y erupciones volcánicas, los relámpagos y los rayos más visibles y audibles (truenos) se asocian con las nubes *cumulonimbus* (fig. 3.3), vulgarmente llamadas nubes de tormenta. Se reconocen por la forma de yunque y tienen un color más oscuro en su base.

Las tormentas se clasifican en: tormentas de masa de aire (de calor) y tormentas organizadas.

Las tormentas de masa de aire se forman independientemente y duran entre una y dos horas, produciendo descargas atmosféricas moderadas, vientos, lluvia y, ocasionalmente, granizo.

Las tormentas frontales son amplias, violentas y duran varias horas. Están asociadas con los frentes atmosféricos fríos, producen fuertes descargas atmosféricas, fuertes vientos y, ocasionalmente, granizo. Éstas son las más destructivas.

El desarrollo de una tormenta es el siguiente:

### • Desarrollo eléctrico de una nube tormentosa

En una tormenta de verano, el desencadenamiento del proceso se debe a la elevación de aire caliente del suelo que se carga de humedad y produce una nube (fig. 3.4).

### • Fenómeno de electrificación

La violencia de las corrientes de aire ascendentes y descendentes, características de estas nubes, separan las gotas de agua. Debido a las bajas temperaturas que se dan en esas altitudes, estas gotas se transforman en cristal de hielo, que entran en colisión entre ellas, y crean cargas eléctricas positivas y negativas (fig. 3.5).

### • Fenómeno de la fase activa

Por un lado, las cargas de signo contrario se separan. Las cargas positivas formadas por cristales de hielo se sitúan en la parte superior de la nube, mientras que las negativas lo hacen en la inferior. Sin embargo, una pequeña cantidad de cargas positivas permanece en la base de la nube.

Las primeras chispas entre nubes comienzan a aparecer cuando se entra en la fase de desarrollo (fig. 3.6).

### • Maduración de la fase activa

Esta nube eléctricamente equivale a un enorme condensador respecto al suelo. En el tiempo que transcurre desde que aparecen las primeras chispas dentro de la nube, comienzan a producirse relámpagos entre la nube y el suelo denominados *pulsos de rayo*. A continuación, aparecen las primeras lluvias (fig. 3.7).

## 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

3

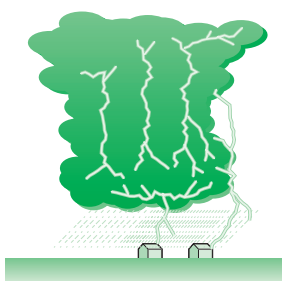


Fig. 3.8. Fin de la fase activa.

### • Fin de la fase activa

La actividad de la nube disminuye mientras que los rayos hacia el suelo aumentan normalmente acompañados de fuertes precipitaciones, granizo y fuertes ráfagas de viento. En esta fase, se vacían centenares de miles de toneladas de agua que contenía la nube (fig. 3.8).

El Mediterráneo occidental constituye una especie de cubeta, al estar rodeado de sistemas montañosos de cierta importancia.

Esta situación produce con frecuencia la formación de una masa de aire muy húmeda y relativamente cálida a finales de verano y en otoño.

Cuando las condiciones son favorables para su ascenso, se pueden desencadenar potentes tormentas que liberan la energía potencial calorífica acumulada en el mar durante períodos de calma estival.

En invierno, la precipitación suele ir asociada a perturbaciones de carácter sinóptico (paso de frentes). En primavera, las tormentas se producen normalmente en zonas del interior, a causa del calentamiento del suelo y desaparecen cuando se adentran en el mar.

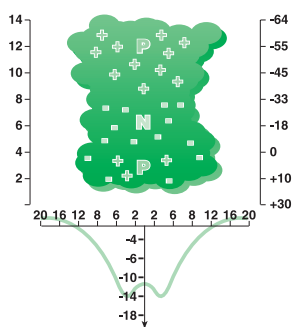


Fig. 3.9. Campo eléctrico en el suelo.

### 3.4 El fenómeno de los rayos

Usualmente, los rayos empiezan en la base de la nube en un punto cuyo campo eléctrico es del orden de los 30.000 V/m. Cada componente del rayo sólo dura unas décimas de milisegundo y es lo que se denomina *descarga*.

Los tipos de descargas atmosféricas más importantes son: relámpagos entre nubes, relámpagos internos en la nube, relámpagos nube-aire y los rayos (nube-tierra o tierra-nube).

No obstante, la mayor transferencia de carga se debe a las descargas efectos corona: con la aparición de una tormenta el campo eléctrico del suelo, que puede pasar de unos 120 V/m a unos 15 kV/m (fig. 3.9), puede acentuarse por las irregularidades del terreno, como colinas, árboles o edificios, creando un efecto de punta que lo amplifica de manera local unas 300 veces (fig. 3.10).

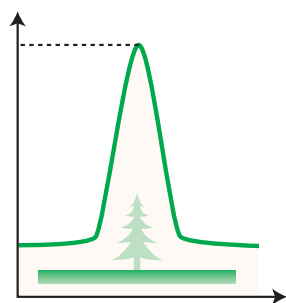


Fig. 3.10. Campo eléctrico amplificado por una irregularidad en el terreno.

Existen numerosos ejemplos observados desde la antigüedad, como el efecto sobre las puntas de las lanzas y objetos puntiagudos o sobre las puntas de los mástiles de los barcos, denominado por los marineros *fuego de San Telmo*.

### Principio de una descarga

Una porción de la energía de una descarga atmosférica se disipa en forma acústica (trueno) y otra mucho mayor (75%) se disipa en forma de calor, alcanzando una temperatura en el canal de descarga de 15.000 a 30.000 °C y, como consecuencia, la presión de los gases puede llegar a unas 100 atmósferas.

Para explicar el principio de una descarga, se ha tomado como ejemplo un rayo negativo descendente, pues es el más común en España.

El fenómeno de descarga puede explicarse según 4 fases (fig. 3.11):

1. El rayo comienza por un trazo que se desarrolla a partir de una nube y progresa bandeando sucesivamente de 30 a 50 m del suelo. El trazo está compuesto de partículas eléctricas arrancadas de la nube por el campo eléctrico creado entre éste y el suelo. Éstas forman un canal luminoso que se dirige hacia el suelo.
2. Se crea un canal ionizado que se va ramificando, y llega a 300 m del suelo. El efluvo eléctrico (o canal de chispas) sale desde el suelo y alguna chispa entra en contacto con el elemento.
3. Aparece en este momento un arco eléctrico muy luminoso que provoca el trueno (el trueno es el sonido de la explosión a lo largo de todo el canal de descarga y su

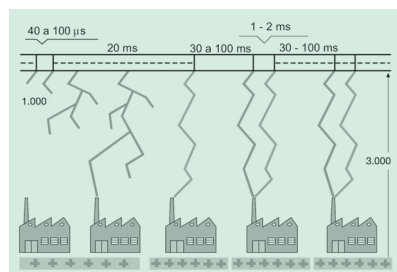


Fig. 3.11. Etapas de una descarga.

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

larga duración en comparación con el rayo se debe a las numerosas reflexiones del sonido) y que permite el intercambio de carga del condensador equivalente a efectos eléctricos nube-suelo.

El rayo principal parte desde el suelo hasta la nube con una velocidad de propagación cercana a 1/3 de la de la luz. Este arco de retorno se caracteriza por ser un impulso de duración total cercana a los 100  $\mu$ s y un frente creciente de 1 a 15  $\mu$ s.

4. Después aparece una sucesión de arcos llamados arcos subsiguientes. Entre estos arcos, subsiste un trazo continuo que hace circular una corriente del orden de 200 A, forzando así la descarga de una parte importante de las cargas del condensador.

Sin embargo, estos arcos poseen una variación de intensidad muy fuerte ( $di/dt$ ) que provocan fenómenos muy peligrosos de inducción, mientras que el primer arco provoca problemas principalmente térmicos.

La potencia desencadenada crece aproximadamente con la quinta potencia del tamaño de la nube: duplicar las dimensiones de la nube implicaría multiplicar la potencia por  $2^5$ .

Las grandes tormentas pueden llegar a producir rayos a razón de más de 100 descargas por minuto. Este tipo de descargas pueden ser de cuatro tipos diferentes:

• **Clasificación de los rayos (según K. Berger)**

Los rayos se clasifican según el sentido de su desplazamiento y la polaridad de la nube que se descarga.

- Según la polaridad de la nube:
  - Rayo negativo: cuando la nube está cargada negativamente y la tierra, positivamente. Los rayos negativos son muy frecuentes en lugares en los que el terreno es llano y el clima templado.

Aproximadamente, el 90% de los rayos son negativos.

- Rayo positivo: cuando la nube está cargada positivamente y la tierra, negativamente. Estos rayos son muy extraños y peligrosos.

- Según el sentido de desplazamiento:
  - Rayo descendente: cuando el rayo se dirige de la nube al suelo. Este tipo de rayo es muy frecuente en climas cálidos y donde el terreno es muy llano.

- Rayo ascendente: cuando el rayo se dirige desde el suelo hasta la nube. Este tipo de rayo, mucho más destructivo que el anterior, se crea, especialmente, en lugares montañosos o donde existen prominencias importantes.

Existen, por lo tanto, cuatro combinaciones posibles de rayos:

- Rayo negativo descendente (**fig. 3.12**).
- Rayo negativo ascendente (**fig. 3.13**).
- Rayo positivo descendente (**fig. 3.12**).
- Rayo positivo ascendente (**fig. 3.13**).

De estos cuatro tipos, los más comunes y menos peligrosos serían los negativos descendentes (suponen el 95% de los rayos). Los menos comunes (menos del 1% de los rayos), pero más peligrosos, son los positivos ascendentes.

• **Parámetros característicos de los rayos**

Los parámetros más importantes a la hora de estudiar el efecto del rayo son los siguientes:

- $\hat{i}_{pico}$ : intensidad de pico para calcular el incremento de potencial de tierra.
- $(di/dt)_{m\acute{a}x}$ : frente de subida para calcular las tensiones inducidas y las caídas de tensión a través de las inductancias, así como el espectro de frecuencias de la perturbación.

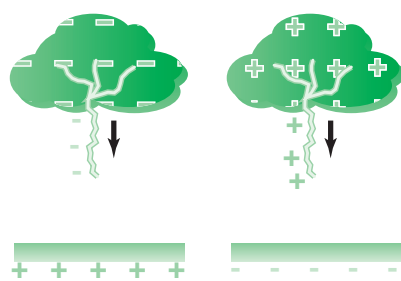


Fig. 3.12.

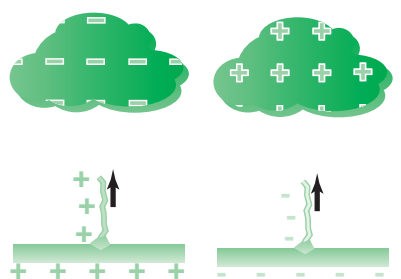


Fig. 3.13.



### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

–  $i^2dt$ : parámetro de energía proporcional útil para calcular los efectos dinámicos (fuerzas resultantes).

–  $idt$ : carga eléctrica útil para calcular la volatilización de materia en el punto de impacto de la caída del rayo.

Para tener una guía de diseño, se establecen cuatro tipos de rayo correspondientes a las columnas 90, 50 y 10%, y máximo observado (bajo, típico, alto y extremo) (tabla 3.1).

Parámetro	90% (bajo)	50% (típico)	10% (alto)	Máximo observado (extremo)
Corriente de pico	2 a 8 kA	10 a 25 kA	40 a 60 kA	230 kA
Velocidad de ascenso de la corriente (di/dt)	2 kA/ $\mu$ s	8 kA/ $\mu$ s	25 kA/ $\mu$ s	50 kA/ $\mu$ s
Duración total del rayo	0,01 a 0,1 s	0,1 a 0,3 s	0,5 a 0,7 s	1,5 s
Duración de un simple impulso o descarga	0,1 a 0,6 ms	0,5 a 3 ms	20 a 100 ms	400 ms
Intervalo de tiempo entre impulsos	5 a 10 ms	30 a 40 ms	80 a 130 ms	500 ms
Intervalo de tiempo entre el principio y la mitad del valor de pico en el lado de la caída	10 a 25 $\mu$ s	28 a 42 $\mu$ s	52 a 100 $\mu$ s	Más de 120 $\mu$ s
Tiempo hasta el valor de pico	0,3 a 2 $\mu$ s	1 a 4 $\mu$ s	5 a 7 $\mu$ s	10 $\mu$ s
Número de impulsos o descargas en un rayo individual	1 a 2	2 a 4	5 a 11	34

Tabla 3.1. Parámetros característicos de cuatro tipos de rayos tipificados (bajo, típico, alto y extremo).

Tanto la proporción como la intensidad de los rayos aumenta con la latitud geográfica. Los valores más altos se registran en la proximidad de los sistemas montañosos, los cuales favorecen la formación de tormentas de masa de aire al inducir ascensos forzados.

En el litoral mediterráneo, la presencia de un mar caliente y cadenas montañosas próximas a la costa ayuda al desarrollo de fenómenos convectivos.

En las zonas llanas, el número de días de tormenta es menor que en zonas próximas con más accidentes geográficos.

En el litoral andaluz, el viento procedente de África, muy seco, y la escasez de bosques y vegetación dificultan la formación de tormentas (tabla 3.2).

	Rayo negativo	Rayo positivo
Marítima	31 kA	53-56 kA
Litoral		47 kA
Mesetaria	23 kA	54 kA
Montañosa		57 kA

Tabla 3.2. Intensidad media de descarga de los rayos en función de la zona geográfica.

#### 3.5 Principales efectos de los rayos

La corriente de rayo es una corriente eléctrica de alta frecuencia, del orden de 1 MHz. Además de los efectos de inducción y de sobretensiones importantes, provoca los mismos efectos que toda corriente de alta frecuencia cuando circula por un conductor.

- **Efectos térmicos:** fusión en los puntos de impacto del rayo y efecto Joule debido a la circulación de corriente, pudiendo provocar incendios.
- **Efectos electrodinámicos:** las corrientes de rayo circulan por los conductores paralelos creando unas fuerzas de atracción o repulsión entre los cables y provocando roturas o deformaciones mecánicas (cables aplastados).
- **Efectos de deflagración:** el canal de rayo provoca una dilatación del aire y una compresión hasta unos 10 m de distancia. Un efecto de onda de choque rompe los vidrios y tabiques, y puede proyectar a personas o animales a algunos metros de distancia. Esta onda se transforma al mismo tiempo en onda sonora: trueno.
- **Las sobretensiones conducidas** por un impacto sobre las líneas aéreas de alimentación eléctrica, telefónica o de datos.
- **Las sobretensiones inducidas** por el efecto de la radiación electromagnética del canal de rayo.
- **La elevación de potencial de la tierra** debida a la corriente de rayo en el suelo.

#### 3.6 Tipos de sobretensiones transitorias atmosféricas

Las líneas aéreas, los cables suspendidos y los enterrados, pueden resultar dañados directamente por los rayos o recibir una influencia eléctrica de mayor o menor grado de las descargas atmosféricas próximas. Se distinguen tres tipos de sobretensiones atmosféricas en función de la caída del rayo:

##### • Sobretensiones transitorias conducidas (fig. 3.14a)

La caída de un rayo directo sobre una línea de distribución de energía o de comunicaciones (línea telefónica) crea una onda de corriente que se propaga por ambas partes del punto de impacto. Esta sobretensión, que puede propagarse varios kilómetros, acabará llegando a los equipos del usuario y derivándose a tierra por medio de estos equipos, a los que producirá averías o su destrucción.

##### • Sobretensiones transitorias inducidas (fig. 3.14b)

La caída de un rayo sobre un poste, árbol o irregularidad en el terreno será equivalente a una antena de gran longitud que emite un campo electromagnético muy elevado (tabla 3.3). La radiación emitida (tan importante como el frente creciente de corriente radiado, de 50 a 100 kA/μs) induce corrientes transitorias en las líneas eléctricas o telefónicas, transmitiéndolas al interior de la instalación y provocando averías o la destrucción de los equipos conectados.

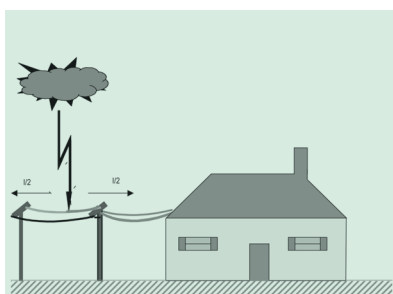


Fig. 3.14a. Sobretensiones transitorias conducidas.

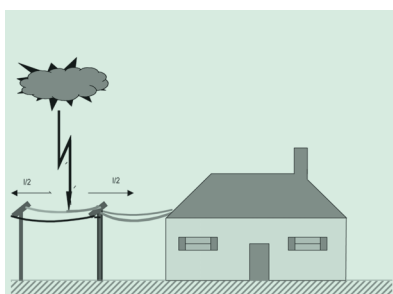


Fig. 3.14b. Sobretensiones transitorias inducidas.

Pico de intensidad del rayo (kA)	Campo magnético estático generado por el rayo (A/m)		
	a 10 m del rayo	a 100 m del rayo	a 10 km del rayo
10	1,6210 <sup>2</sup>	16	1,9210 <sup>-2</sup>
20	3,2210 <sup>2</sup>	32	3,8210 <sup>-2</sup>
30	4,8210 <sup>2</sup>	48	5,8210 <sup>-2</sup>
70	1,12210 <sup>3</sup>	1,1210 <sup>2</sup>	13,210 <sup>-2</sup>
100	1,6210 <sup>3</sup>	1,6210 <sup>2</sup>	19,210 <sup>-2</sup>
140	2,2210 <sup>3</sup>	2,2210 <sup>2</sup>	27,210 <sup>-2</sup>
200	3,2 × 10 <sup>3</sup>	3,2 × 10 <sup>2</sup>	38 × 10 <sup>-2</sup>

Tabla 3.3. Campo magnético estático generado por el rayo (A/m), en función de la intensidad del rayo, medido a distintas distancias del punto de impacto.

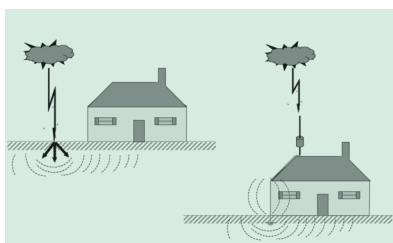


Fig. 3.14c. Sobretensiones transitorias debidas al aumento del potencial de tierra.

• **Sobretensiones transitorias debidas al aumento de potencial de tierra (fig. 3.14c)**

La caída de un rayo sobre el terreno o en un pararrayos provoca una fuerte elevación del potencial de tierra en una zona de algunos kilómetros (si el rayo cae en un pararrayos, el potencial de tierra aumentará cuando éste dirija la corriente a tierra). Este aumento de potencial puede inducir sobretensiones elevadas en los cables subterráneos y provocar la elevación de la tensión de las conexiones a tierra (tabla 3.4).

Diferencia de potencial en V, kV o MV							
X en metros (distancia axial)							
Distancia D en metros	10	20	30	50	70	100	200
10	796 K	1,06 M	1,19 M	1,33 M	1,39 M	1,45 M	1,52 M
15	424 K	606 K	707 K	816 K	874 K	923 K	987 K
20	265 K	398 K	477 K	568 K	619 K	663 K	723 K
30	133 K	212 K	265 K	332 K	371 K	408 K	461 K
40	79,6 K	133 K	171 K	221 K	253 K	284 K	332 K
50	53,1 K	91,9 K	119 K	159 K	186 K	212 K	255 K
70	28,4 K	50,5 K	68,2 K	94,7 K	114 K	134 K	168 K
100	10,5 K	26,5 K	36,7 K	53,1 K	65,5 K	79,6 K	106 K
150	6,6 K	12,5 K	17,7 K	26,5 K	33,8 K	42,4 K	60,6 K
200	3,8 K	7,2 K	10,4 K	15,9 K	20,6 K	26,5 K	39,8 K
300	1,7 K	3,3 K	4,8 K	7,6 K	10,0 K	13,3 K	21,2 K
400	970	1,9 K	2,8 K	4,4 K	5,9 K	8,0 K	13,3 K
500	624	1,2 K	1,8 K	2,9 K	3,9 K	5,3 K	9,1 K
700	320	632	934	1,5 K	2,1 K	2,8 K	5,1 K
1 km	158	312	464	758	1,0 K	1,4 K	2,7 K
2 km	40	79	118	194	269	379	723
3 km	18	35	53	87	121	171	332
5 km	6	13	19	32	44	62	122
10 km	2	3	5	8	11	16	31

Tabla 3.4. Diferencia de potencial en el suelo producida por un rayo de 100 kA con una resistividad del suelo de 1 kW/m.

Dado que la conductividad del suelo tiene valores finitos, la corriente de descarga se distribuye por debajo de la superficie de la tierra en todas las direcciones, con zonas de alta conductividad que toman una mayor parte de la corriente y la transportan a largas distancias, hasta que se establece el equilibrio de potencial final en el suelo situado por debajo de la nube.

El efecto de protección de tierra depende, en gran parte, de la conductividad del suelo, pues cuanto mayor conductividad, menor sobretensión en el suelo.

#### 3.7 Modos de propagación

Las sobretensiones de origen atmosférico pueden propagarse de 2 modos diferentes: el común o asimétrico y el diferencial o simétrico.

• **Sobretensión transitoria en modo común o asimétrico**

Perturbaciones entre un conductor activo y el de tierra (fase/tierra o neutro/tierra).

Este tipo de sobretensiones es peligroso para los aparatos en los que la masa está conectada a la tierra, debido a los riesgos de ruptura de la rigidez dieléctrica de los materiales.

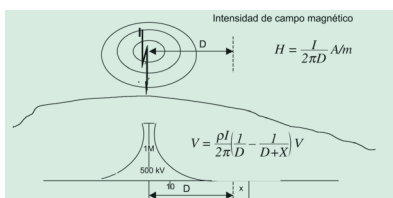
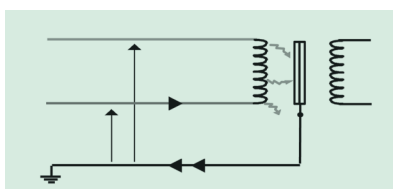


Fig. 3.15a. Sobretensiones transitorias conducidas.



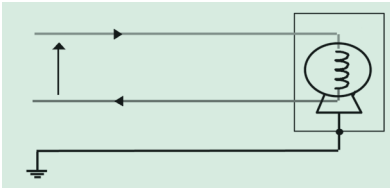


Fig. 3.15b. Sobretensión transitoria en modo diferencial.

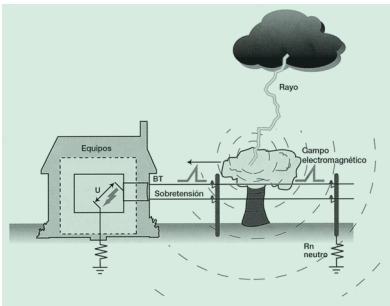


Fig. 3.16. Acoplamiento del campo al cable.

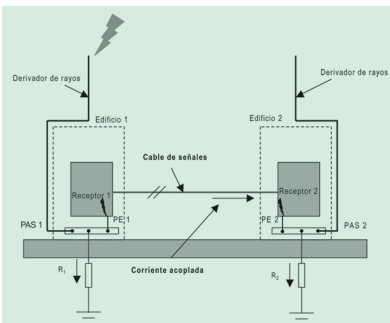


Fig. 3.17a. Acoplamiento óhmico.

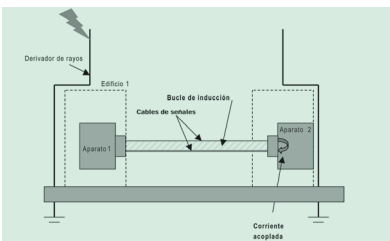


Fig. 3.17b1. Bucle de inducción entre conductores de un cable de señales.

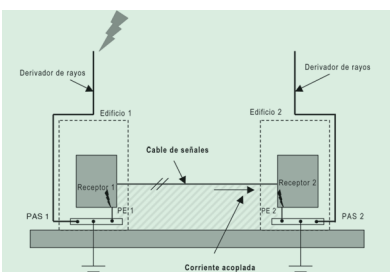


Fig. 3.17b2. Bucle de inducción entre cable de señal y tierra.

- **Sobretensión transitoria en modo diferencial o simétrico**  
Perturbaciones entre conductores activos (fase-neutro).

Este tipo de sobretensiones son particularmente peligrosas para los equipos electrónicos y los materiales sensibles de tipo informático.

#### 3.8 Consecuencias de las sobretensiones transitorias atmosféricas

Las consecuencias principales de las sobretensiones atmosféricas vienen dadas por el acoplamiento de corrientes punta en los cables de señales.

- **Acoplamiento del campo al cable. Tensiones inducidas**  
El campo electromagnético generado durante la caída de un rayo se acopla a todos los cables suficientemente cercanos generando sobretensiones de modo común o diferencial, que se propagan rápidamente (**fig. 3.16**).

- **Acoplamiento de cable a cable**  
A continuación, vamos a mostrar, con ayuda de algunos ejemplos, la forma en la que las corrientes de punta pueden acoplarse, óhmica, inductiva y capacitivamente, en los cables de señales de instalaciones muy extensas.

Se partirá de la disposición en la que un aparato 1 está situado en un edificio 1 y un aparato 2, en otro edificio 2, de manera que estén conectados ambos aparatos entre sí por medio de un cable de señales.

Además, ambos aparatos se encuentran conectados a la correspondiente barra colectora de compensación de potencia (PAS), por ejemplo, a través del conductor de protección PE, en los dos edificios.

- **Acoplamiento óhmico (fig. 3.17a)**  
Al producirse una descarga de un rayo en el edificio 1, en la resistencia óhmica de propagación  $R_{A1}$  tiene lugar una elevación de tensión de algunos centenares de kV.

Debido a estas altas tensiones, pueden perforarse los aislamientos de los receptores 1 y 2, de manera que después puede fluir una corriente de punta óhmica acoplada desde el PAS 1 a través del aparato 1, el cable de señales, el aparato 2 y el PAS 2, y la resistencia  $R_{A2}$ .

La magnitud de corriente de punta acoplada (valor de cresta de la corriente de algunos kA) se determina por la relación entre las resistencias óhmicas  $R_{A1}$  y  $R_{A2}$ .

- **Acoplamiento inductivo (figs. 3.17b1 y 3.17b2)**  
Los campos magnéticos que se forman partiendo del canal del rayo o de los conductores recorridos por la corriente de rayo, inducen tensiones en los bucles metálicos.

Se observan dos fenómenos inductivos en las instalaciones:

- Bucle de inducción entre conductores de un cable de señales (**fig. 3.17b1**).  
Un cable de señales de dos hilos que une el aparato 1 con el aparato 2 forma un bucle de inducción en el cual, al descargar un rayo en el edificio 1 con su derivación a tierra por el pararrayos, se induce una tensión característica, denominada *tensión transversal* (expresada en kV), la cual tiene como consecuencia una corriente acoplada de hasta algunos kA.

Estas tensiones y corrientes suponen una carga excesiva para los componentes de las entradas o salidas de los receptores.

- Bucle de inducción entre cable de señal y tierra (**fig. 3.17b2**).  
El bucle se crea entre el cable de señal y la tierra a la que están conectados los receptores.

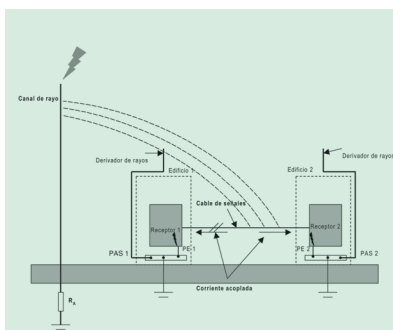


Fig. 3.17c. Acoplamiento capacitivo.

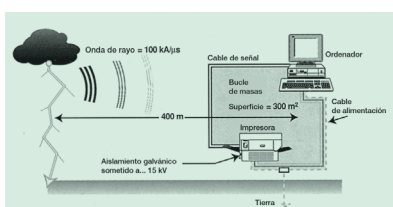


Fig. 3.17d. Inducción en el bucle de masas.

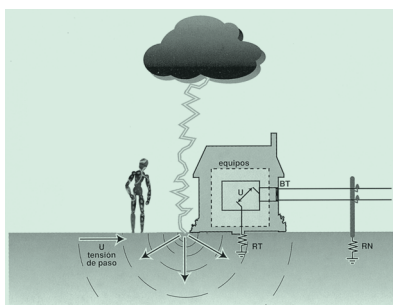


Fig. 3.18. Subida del potencial de tierra.

Al descargar un rayo en un edificio, se induce en el bucle una sobretensión (de algunas decenas de kV) que provoca una perforación en los aislamientos de los receptores y una corriente acoplada de algunos kA.

- Acoplamiento capacitivo (**fig. 3.17c**).

Cuando descarga un rayo sobre la tierra o sobre un pararrayos, el canal del rayo o el derivador de rayos, como consecuencia de la caída de tensión en la resistencia de propagación Ra, experimenta una elevación de tensión de algunos cientos de kV frente al entorno.

El cable de señales entre los dos aparatos está acoplado capacitivamente con uno de esos canales de rayo o con el pararrayos.

Las capacidades de acoplamiento (condensadores) se cargan y dan lugar a una corriente acoplada de algunas decenas de A, la cual tras producir perforaciones de los receptores, fluye finalmente a tierra.

- Inducción en el bucle de masas (**fig. 3.17d**).

Un cable de señal une un microordenador y su impresora aislados galvánicamente. Cada aparato está unido a tierra por un cable de alimentación que sigue un camino diferente que el cable de señal.

La sobretensión generada es proporcional a la superficie creada por los dos cables. Por ejemplo, para una superficie de 300 m², ante la aparición de un rayo de 100 kA/μs a 400 m, la sobretensión inducida en modo común en el cable de señal será de alrededor de 15 kV.

- Tensiones de aislamiento o perforación en circuitos de instalaciones eléctricas de baja tensión (**tabla 3.5**)

Como se ha comentado en capítulos anteriores, las sobretensiones pueden producirse por descargas directas o indirectas de rayo.

En el caso de descargas directas de rayo, están primero los elevados parámetros de las corrientes de rayo, que cuentan, en este caso, con intensidades muy elevadas (de entre 20 kA y 150 kA), y pueden aparecer, al mismo tiempo, puntas de tensión de algunos cientos de kV.

En el caso de las descargas de rayo lejanas, las intensidades que aparecen son relativamente pequeñas y la sobretensión que se crea es de algunas decenas de voltios.

Estas sobretensiones (ya sean elevadas o bajas) afectan a los distintos elementos de las instalaciones de baja tensión y pueden producir perforaciones en los aislamientos y, por tanto, fugas a tierra.

En la tabla 3.5, se presentan de modo aproximado la capacidad de los receptores, teniendo en cuenta que en todo caso dependerá del fabricante que se ajusten más o menos a estos valores. La resistencia a la tensión de algunos componentes electrónicos, empleados en algunas instalaciones es, únicamente, de algunos voltios.

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

Aparatos/cables/conducciones		Sobretensión de descarga en la onda estándar 1,2/50
Derivación carcasa/ tierra	Receptores de corriente de alta intensidad	5...8 kV
	Receptores de telecomunicaciones	1...3 kV
Tensiones transversales entre bornas de entrada de receptores y circuitos electrónicos	Circuitos con componentes discretos (resistencias, condensadores, bobinas...)	0,5...5 kV
	Circuitos integrados TTL	50...100 V
	Circuitos integrados bipolares BJT y amplificadores operacionales	50...300 V
	Circuitos integrados MOS y CMOS	70...100 V
Cable de telecomunicaciones		5...8 kV
Canal de señal y medida		< 20 kV
Cables de corriente de alta intensidad		< 30 kV

Tabla 3.5. Tensiones de aislamiento o perforación en circuitos e instalaciones eléctricas de B.T.

• **Subida del potencial de la toma de tierra**

La caída de un rayo en el suelo o en un pararrayos puede generar una corriente de rayo que se propagará por el suelo según la naturaleza del suelo y de la toma a tierra.

Dado que la conductividad del suelo tiene valores finitos, la corriente de descarga se distribuye por debajo de la superficie de tierra en todas las direcciones, con zonas de alta conductividad (con conductores metálicos) que toman parte de la corriente y la transportan a largas distancias hasta que se establece el equilibrio de potencial final en el suelo situado por debajo de la nube.

Para una corriente de rayo de 30 kA y una toma de tierra excelente de 2 W, la subida del potencial de masas será, según la ley de Ohm, de 60 kV con relación a la red.

La subida de potencial de los equipos se realizará independientemente de la red, que puede ser aérea o subterránea.

## 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

### 3.9 Conclusión

Los elevadísimos valores de las sobretensiones originadas por las descargas de rayos (directas o indirectas), deberán reducirse a valores tolerables, claramente por debajo de las tensiones de descarga o de perforación, mediante el empleo de los adecuados aparatos de protección contra sobretensiones. Si se tratara de conseguir una protección, incluso en el caso de descarga directa de rayo, los aparatos de protección empleados deberían estar en condiciones de derivar, sin destruirse, elevadas corrientes parciales de rayo.

#### Lista de lugares expuestos a los rayos

Tipo de estructura	Efectos del rayo
Vivienda individual	Perforación de las instalaciones eléctricas, incendios y degradación material. Degradaciones limitadas normalmente a los objetos que se encuentran en el punto de impacto del rayo o en la trayectoria del mismo.
Inmueble de vivienda colectiva	Deterioro de las instalaciones colectivas: eléctricas, antenas de TV, detección de incendios y control de accesos. Riesgo de incendio en los locales técnicos comunes y protecciones técnicas (distribución de energía y redes de comunicación). Parada de las instalaciones: ascensor, climatización, VMC.
Edificio agrícola	Riesgo principal de incendio y saltos de tensión peligrosos. Riesgo secundario debido a la pérdida de energía eléctrica con riesgo de muerte para el ganado, como resultado de una avería del sistema de control electrónico de las instalaciones de ventilación, alimentación de nutrición...
Teatros, colegios, grandes almacenes, instalaciones deportivas	Degradaciones en las instalaciones eléctricas (p. ej. las de alumbrado público); que conllevan probablemente un efecto de pánico. Avería de los sistemas contra incendios que conllevan retraso a la hora de reaccionar.
Bancos, compañías de seguros, sociedades mercantiles	Además de los problemas antes mencionados: problemas relativos a la pérdida de comunicación, averías en los ordenadores y pérdida de datos.
Hospitales, guarderías, establecimientos penitenciarios, residencias de la tercera edad	Además de los problemas antes mencionados: problemas que afectan a los pacientes de cuidados intensivos y dificultades para socorrer a las personas inmovilizadas.
Museos y sitios arqueológicos	Pérdida de legado cultural irremplazable.
Industria manufacturera	Efectos adicionales en función del contenido de las fábricas: desde la degradación leve hasta los daños inaceptables con pérdida de producción.
Refinerías, gasolineras, fábricas de fuegos artificiales, fábricas de munición	Riesgo de incendio directo o indirecto, de explosión en edificios o cubas de almacenamiento. Riesgo de contaminación por los suelos y consecuencias económicas para la unidad de producción.
Fábricas químicas, bioquímicas y laboratorios	Incendios y funcionamiento defectuoso de las instalaciones, además de consecuencias nocivas para el entorno local y global. Riesgo de contaminación por los suelos y consecuencias económicas para la unidad de producción.
Centrales nucleares	Interrupción de la producción y distribución de energía a los usuarios.

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

**Receptores sensibles-  
Instalaciones en edificios**

- Vivienda individual
- Vivienda colectiva: apartamento
- Vivienda colectiva: copropiedad de inmueble

3

Categoría de aparato	Tensión de resistencia a choques (onda 8/20)					
	2,5 kV			1,5 kV		
	Viviendas			Viviendas		
<b>Aparatos electrónicos audiovisuales</b>						
Televisor	■	■				
Magnetoscopio	■	■				
Descodificador				■	■	
Motor de antena por satélite	■		□			
Amplificador de antena	■		□			
<b>Aparatos electrónicos de sonido</b>						
Cadena Hi-Fi				■	■	
Cine en casa "home cinema"				■	■	
Sonorizador				■	■	
<b>Aparatos electrodomésticos programables</b>						
Lavadora	■	■				
Lavavajillas	■	■				
Secadora	■	■				
Horno	■	■				
<b>Aparatos telefónicos</b>						
Teléfono digital				■	■	
Base de teléfono inalámbrico				■	■	
Contestador				■	■	
Transmisor telefónico				■	■	
Fax				■	■	
<b>Material informático</b>						
Ordenador personal				■	■	
Servidor				■	■	
Escáner				■	■	
Grabadora				■	■	



### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

3

**Receptores sensibles-  
Instalaciones en edificios**

- Vivienda individual
- Vivienda colectiva: apartamento
- Vivienda colectiva: copropiedad de inmueble

Categoría de aparato	Tensión de resistencia a choques (onda 8/20)					
	2,5 kV			1,5 kV		
	Viviendas			Viviendas		
Impresora	■	■				
Discos y lectores externos				■	■	
Modems para Internet				■	■	
Ondulador	■		□			
<b>Control de acceso</b>						
Alarma contra intrusiones				■	■	□
Telefonillo				■	■	□
Portero de vídeo				■	■	□
Portal automático				■	■	□
Puertas corredizas				■	■	□
Cámaras de vídeo vigilancia				■	■	□
<b>Aparatos de alumbrado</b>						
Alumbrado exterior para jardines	■		□			
Alumbrado urbano	■		□			
Alumbrado de monumentos públicos	■		□			
<b>Material de jardín y exteriores</b>						
Toldos eléctricos	■	■				
Automatismos de riego				■		□
Bombas sumergidas	■		□			
<b>Material de ocio</b>						
Bombas de piscina	■		□			

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

Receptores sensibles  
Instalaciones en industria e infraestructuras

■ Muy aconsejada  
□ Aconsejada



Categoría de aparato	Tensión de resistencia a choques (onda 8/20)			
	2,5 kV		1,5 kV	
	Muy aconsejada	Aconsejada	Muy aconsejada	Aconsejada
<b>Redes de comunicación</b>				
Antenas de radio FM			■	
Antenas de TV: VHF, UHF			■	
Antenas FH, PMR, 3RP, GSM, DCS			■	
Antenas parabólicas			■	
Antenas de radar			■	
Cámaras de vigilancia- Control de tráfico			■	
Postes y soportes de antenas de TV	■			
Postes de redes de comunicación	■			
Relé GSM	■			
Relé hertziano	■			
Sistema de antena		□		
<b>Material informático</b>				
Bastidor de exploración informática			■	
Autoconmutador telefónico			■	
Bucle de interconexión local			■	
Bucle de interconexión metropolitana			■	
Red de fibra óptica			■	
Ordenador en red			■	
Periféricos en red	■			
Plataforma de servidor en red	■			
Sistema ondulatorio	■			
Centro de almacenamiento en la web			■	
<b>Gestión técnica y control</b>				
Alarma técnica		□		

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

Receptores sensibles  
Instalaciones en industria e infraestructuras

■ Muy aconsejada  
□ Aconsejada

Categoría de aparato	Tensión de resistencia a choques (onda 8/20)			
	2,5 kV		1,5 kV	
	Muy aconsejada	Aconsejada	Muy aconsejada	Aconsejada
Central de gestión remota			■	
Central de vigilancia remota			■	
Central de detección de incendios	■			
Gestión técnica de edificios		□		
Control a distancia			■	
Est. de medición de contaminación atmosférica	■			
Sistema de control de acceso			■	
Diagnóstico remoto, mantenimiento a distancia		□		
<b>Transporte por cable</b>				
Ascensor		□		
Funicular	■			
Montacargas	■			
Telecabina	■			
Teleférico	■			
Telesilla	■			
Telesquí		□		
<b>Material de elevación</b>				
Grúa imantada		□		
Grúa de obra		□		
Grúa portuaria		□		
Puente-grúa		□		
<b>Producción y transporte de energía</b>				
Catenaria ferroviaria	■			
Aeroturbina de bombeo	■			
Aeroturbina de producción de energía	■			

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

Receptores sensibles  
Instalaciones en industria e infraestructuras

■ Muy aconsejada  
□ Aconsejada

Categoría de aparato	Tensión de resistencia a choques (onda 8/20)			
	2,5 kV		1,5 kV	
	Muy aconsejada	Aconsejada	Muy aconsejada	Aconsejada
Panel solar	■			
Poste de media tensión	■			
Poste de baja tensión	■			
Poste de redes de comunicación	■			

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

3

**Interés de instalar un sistema de protección contra los rayos en edificios residenciales o terciarios**

- Vivienda individual
- Vivienda colectiva: apartamento
- Vivienda colectiva: copropiedad de inmueble

Tipo de equipos para conectar	Realización de un enlace equipotencial de tierra y masa					
	Viviendas					
Canalización de agua	■					□
Canalización de gas	■					□
Cubeta metálica y cisterna enterradas	■					□
Antena y poste de antena TV	■					□
Blindaje del cable de antena TV	■					□
Blindaje de la red de TV por cable	■					□
Parabólica y soporte de parabólica de TV	■					□
Blindaje del cable de parabólica de TV	■					□
Antena y poste de antena de GSM						□
Blindaje del cable de antena de GSM						□
Alumbrado de baliza de inmueble de gran altura						□
Tipo de equipos a instalar	Instalación de un pararrayos					
Poste del pararrayos	■					■
Coconductor de descenso	■					■
Contador de rayos						■
Toma de tierra interconectada a la del edificio	■					■
Tipo de receptores a proteger	Instalación con un pararrayos					
	Protección de cabecera			Protección fina		
	Viviendas			Viviendas		
Aparatos de medida de potencia			□			
Cajetín de llegada de línea telefónica	■	■				
Cable de radio FM	■		□			
Cable de red de TV (UHF, VHF)	■		□			
Cable de parabólica de TV	■		□			
Amplificador de antena	■		□			
Alimentación de aparatos informáticos: microordenador, escáner, impresora, fax, módem, ondulador	■	■		■	■	

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

Interés de instalar un sistema de protección  
contra los rayos en edificios  
residenciales o terciarios

- Vivienda individual
- Vivienda colectiva: apartamento
- Vivienda colectiva: copropiedad de inmueble

Tipo de receptores a proteger	Instalación con un pararrayos					
	Protección de cabecera			Protección fina		
	Viviendas			Viviendas		
Alimentación de aparatos de HI-FI y vídeo:TV, vídeo, decodificador, demodulador, cadenas HI-FI, cine en casa "home cinema," sonorización	■	■		■	■	
Alimentación de aparatos electrodomésticos programables: lavadora, secadora, lavavajillas, horno	■	■		■	■	
Base de teléfono inalámbrico, contestador,transmisor, portátil, fax, módem	■	■		■	■	
Alimentación de automatismos colectivos: calefacción colectiva, puerta de garaje, bomba sumergida, motores de piscina, riego colectivo, climatización, VMC central de control de acceso, portero audio-vídeo	■		□	■		□
Alimentación de automatismos pequeños: calefacción, climatización, portero audio-vídeo, portal, puerta de garaje, puerta corrediza, toldo eléctrico, bomba sumergida, toldo de piscina, riego de jardín, VMC	■	■		■	■	
Alimentación de sistemas de alarma contra intrusiones, detección de incendios, alarma técnica, cámaras de vigilancia	■	■	□	■	■	
Gestión de sistemas de alumbrado colectivo			□			□
Alimentación de sistemas de alumbrado	■	■				
Otros aparatos eléctricos	■	■		■	■	
Línea de fabricación de proceso continuo	■				■	
Línea de fabricación de proceso discontinuo		■				
Central de alarmas y detección de incendios	■					
Informática de gestión de producción	■				■	
Informática de gestión de administración		■				□
Informática de supervisión-servidores	■				■	
Informática individual-PC de oficina	■				■	

### 3. Sobretensiones transitorias de origen atmosférico

3

**Interés de instalar un sistema de protección contra los rayos en edificios residenciales o terciarios**

- Vivienda individual
- Vivienda colectiva: apartamento
- Vivienda colectiva: copropiedad de inmueble

Tipo de receptores a proteger	Instalación con un pararrayos					
	Protección de cabecera			Protección fina		
	Viviendas			Viviendas		
Informática de control de acceso	■					
Ondulador de grandes sistemas	■					
Ondulador de pequeños sistemas	■					
Telecomunicaciones internas y externas	■				■	
Circuito de vigilancia y control de vídeo	■				■	
Climatización de sala informática			■			□
Calefac. de planta de producción-aire caliente			■			□
Calefacción y climatización de oficinas			■			□
Autómatas de gestión de energía	■				■	
Gestión técnica de oficinas	■				■	
Central de detección de incendios	■					
Central de aspiración y tratamiento de aire			■			□
Extractor de evacuación de aire			■			□
Compresor-motor			■			□
Ascensor			■			
Bomba sumergida			■		■	
Cargador de baterías-carretilla elevadora			■			□

# Sobretensiones transitorias de maniobra

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

4

Principio fundamental del corte

4/2

Criterios del buen funcionamiento de un aparato de corte

4/2

Sobretensiones transitorias de maniobra en alta tensión

4/3

Sobretensiones transitorias de maniobra en baja tensión

4/4



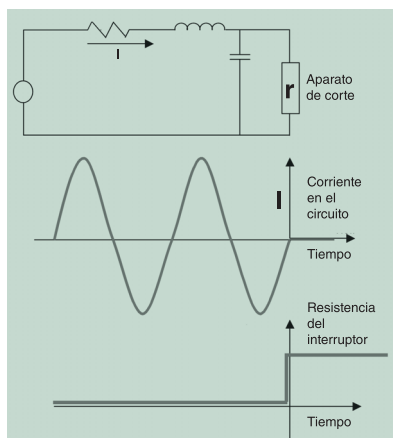


Fig. 4.1. Interruptor ideal.

### 4.1 Principio fundamental del corte

Para realizar la desconexión o el corte de una corriente eléctrica, basta con que la resistencia del aparato de corte suba desde un valor nulo antes del corte a un valor casi infinito después del corte.

Para que la energía disipada en el aparato por el corte sea débil, es necesario que:

- La variación de resistencia sea lo más rápida posible.
- El corte tenga lugar lo más cerca posible del paso por cero natural de la corriente.

En la figura adjunta (**fig. 4.1**), se muestra un aparato de corte ideal con una resistencia nula hasta el instante preciso del paso por cero, e infinita inmediatamente después.

Este tipo de aparato es imposible de realizar en la realidad, pero es posible acercarse al sistema ideal utilizando las propiedades del arco eléctrico.

En los aparatos de corte, este arco eléctrico se produce en un medio aislante llamado dieléctrico (gas, aceite y actualmente hexafloruro de azufre  $SF_6$ ).

Desde que se interrumpe un circuito, atravesado por una corriente débil, se produce inevitablemente un arco eléctrico. Este arco es conductor debido al fenómeno de ionización que se produce en su trayecto.

Además, posee la característica de pasar del estado conductor al aislante en el instante más adecuado, es decir, cuando nos acercamos al paso por cero de la corriente.

### 4.2 Criterios del buen funcionamiento de un aparato de corte

Un aparato que realice una buena desconexión debe cumplir las siguientes condiciones:

- Soportar la energía disipada por el corte sin destruirse.
- El enfriamiento del gas ionizado debe ser suficiente para evitar que la ionización se mantenga.
- El aislante entre los polos del aparato, que varía de cero a un valor muy grande en el momento del corte, tiene que ser suficiente para evitar un cebado del arco por la tensión transitoria de restablecimiento.

#### Tensión transitoria de restablecimiento

Cuando el aparato de corte esté cerrado, la tensión entre los polos de una misma fase es nula.

Desde que los polos comienzan a separarse, una tensión aparece entre ellos. Cuando el corte tiene fin, la tensión tendrá el valor de la tensión de la red.

Entre estos dos valores, sigue un régimen transitorio a frecuencia elevada. El valor máximo, la frecuencia y el tiempo de sobretensión dependen de las características de la red.

En AT, la velocidad de crecimiento de la tensión puede llegar a algunos kilovoltios por microsegundo y la frecuencia a algunos kilohertz.

## 4. Sobretensiones transitorias de maniobra

### 4.3 Sobretensiones transitorias de maniobra en alta tensión

Las sobretensiones de maniobra pueden ser originadas por procesos de conmutación. En instalaciones de alta tensión pueden actuar mediante acoplamiento capacitivo (también sobre las instalaciones de baja tensión), produciendo en casos especiales sobretensiones de más de 15 kV.

Las sobretensiones de conmutación en alta tensión pueden producirse a causa de:

#### Desconexión de una línea de alta tensión que funcionaba sin carga

En el estado inicial, la capacidad de la línea se encuentra cargada a un valor de tensión característica de la red.

En el momento de abrir el interruptor se produce una diferencia de tensión entre la red y la línea desconectada que puede desembocar en la aparición de un arco inverso entre los contactos del dispositivo de desconexión si no estuvieran lo suficientemente alejados el uno del otro. Este fenómeno tiene una duración de algunos milisegundos y puede repetirse varias veces a causa del ajuste del valor de la tensión de red.

Se observa una oscilación amortiguada de algunos cientos de kHz, que tiene una amplitud máxima equivalente a la diferencia de tensión entre los contactos en el momento de la aparición del arco inverso, y puede llegar a ser mucho mayor que el valor eficaz de la tensión de red.

#### Desconexión de un transformador de marcha en vacío

Un transformador, además de su inductividad, tiene también una capacidad de bobinado.

Al desconectar un transformador que trabaja en vacío, esta capacidad se debe cargar utilizando la energía donada por el campo magnético.

El circuito formado por la inductancia y la capacidad continúa oscilando hasta que la totalidad de la energía en la resistencia óhmica de este circuito se haya transformado en calor por efecto Joule.

Las sobretensiones de este tipo pueden llegar a presentar, al igual que en el caso anterior, valores de amplitud que superan en mucho los de la tensión de red.

#### Derivación a tierra en redes aisladas de tierra

Si en el conductor exterior de una red no puesta rígidamente a tierra se produce una derivación a tierra, el potencial de la totalidad del sistema de conductores se altera con el valor de la tensión de tierraconductor del conductor afectado.

Si se produce el arco voltaico, tendrán lugar los mismos procesos que en el caso de desconexión de un condensador, y surgirán sobretensiones de conmutación en forma de una oscilación atenuada.

Además de estas sobretensiones de conmutación en el lado de la alta tensión, que repercuten capacitivamente sobre las instalaciones de baja tensión, las variaciones repentinas de la intensidad producidas en instalaciones de alta tensión pueden dar lugar en instalaciones de baja tensión a sobretensiones, a causa de acoplamientos inductivos.

## 4. Sobretensiones transitorias de maniobra

Estas alteraciones de intensidad pueden originarse por:

- Conexión o desconexión de una carga grande.
- Presencia de un cortocircuito, de un cortocircuito de derivación a tierra o de una doble derivación a tierra.
- Supresión de un cortocircuito, de un cortocircuito de derivación a tierra o de una doble derivación a tierra.

Mediciones efectuadas en conductores de baja tensión dentro de instalaciones de alta tensión han demostrado que, en caso de procesos de conmutación en el lado de la alta tensión, se pueden presentar sobretensiones con valores punta superiores a 15 kV.

### 4.4 Sobretensiones transitorias de maniobra en baja tensión

Las sobretensiones que se producen en las líneas de baja tensión por maniobra son principalmente: la desconexión de cargas inductivas, la desconexión de las inductancias en la rama serie del circuito de corriente y los disparos de los elementos de protección.

- Desconexión de cargas inductivas

Desconexión de cargas inductivas conectadas en paralelo a la fuente de tensión como, por ejemplo, transformadores, bobinas de reactancias, bobinas de relés o contactores.

Las sobretensiones de conmutación que aparecen se producen por un funcionamiento similar al comentado anteriormente en el caso de desconexión de un transformador de alta tensión de funcionamiento en vacío.

- Desconexión de inductancias en la rama serie del circuito de corriente  
Este fenómeno aparece al utilizarse inductancias, como bobinas longitudinales, bucles de conductores e inductancias del conductor, que pretenden mantener el flujo de la corriente incluso en caso de interrupción del circuito.

La amplitud de la sobretensión depende principalmente de la corriente que circula por esta inductancia justo en el momento de producirse la desconexión.

# Sobretensiones transitorias electrostáticas

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

5

Carga electrostática  
Efectos de las descargas electrostáticas  
Identificación del fenómeno

5/2  
5/2  
5/2

## 5. Sobretensiones transitorias electrostáticas

### 5.1 Carga electrostática

El frotamiento de dos materiales diferentes provoca el acercamiento de electrones sobre los átomos cercanos al punto de contacto. Si los materiales son conductores, los electrones circularán libremente al interior de los cuerpos en contacto combinándose con las cargas positivas (esta combinación es a veces imposible, como en el caso de materiales aislantes, o cuando las masas metálicas están aisladas de todo circuito de tierra o de retorno). Existirá, por lo tanto, una acumulación de cargas negativas en un cuerpo y de positivas sobre el otro en el momento de la separación. Este fenómeno, al ser acumulativo, puede provocar la constitución de cargas electrostáticas de valores importantes.

Por ejemplo, una persona que camina sobre una moqueta sintética acumulará cargas que pueden llegar a un potencial de 10 kV.

### 5.2 Efectos de las descargas electrostáticas

Cuando dos materiales cargados a potenciales electrostáticos diferentes se pongan en contacto, existirá una combinación de las cargas que producirá una corriente de intensidad  $I_{DES}$  que dependerá de las características óhmicas de los cuerpos presentes. Este fenómeno tiene el nombre de **descarga electrostática**.

Las corrientes de descarga son en general muy violentas y poseen una característica impulsional. Estamos hablando de impulsos de corrientes con una forma de onda similar a la que aparece en la figura (tiempo de ascenso  $T_m = 5$  ns y tiempo de descenso igual a 30 ns). Esta forma de onda es la de la norma IEC 62305. Estas descargas se inician, generalmente, en un medio dieléctrico, por ejemplo, el aire, o a través de componentes que pueden ser destruidos por sobreintensidades. Los efectos pueden ser también indirectos, debido a la conducción de un pico de tensión a través de la línea de masas.

Este fenómeno es muy peligroso en el caso de sistemas electrónicos. La presencia de descargas electrostáticas puede dejar fuera de servicio un ordenador, sea cual sea su potencia. En efecto, la emisión del campo magnético  $H$  creado por la corriente de descarga electrostática  $I_{DES}$  provoca la aparición de tensiones en modo común en los aparatos mal protegidos.

### 5.3 Identificación del fenómeno

La aparición de defectos inexplicables como parada de materiales, destrucciones de componentes en un ambiente seco y en presencia de numerosos materiales aislantes, hace pensar en posibles descargas electrostáticas. Estos fenómenos son aleatorios y se deberán, en su mayor parte, a una causa exterior al circuito afectado. Su detección necesitará el manejo de osciloscopios con una banda pasante elevada, es decir, que pueda medir frecuencias muy elevadas.

# Protecciones contra sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

<b>6</b>	<b>Introducción</b>	6/2
	<b>Los principios de protección</b>	6/3
	<b>Principio de coordinación del aislamiento</b>	6/4
	<b>Protecciones primarias</b>	6/5
	<b>Protecciones secundarias</b>	6/6

## 6. Protecciones contra sobretensiones transitorias

### 6.1 Introducción

Se dispone de poca información respecto a la estabilidad de los componentes en el momento en el que soportan sobretensiones. Sin embargo, se conoce, generalmente, que la mayoría de los dispositivos de estado sólido no deben de estar sometidos a sobretensiones, aunque sean de corta duración, si éstas exceden incluso ligeramente los picos de sobretensión que se presentan durante el funcionamiento normal del equipo.

Como se ha comentado anteriormente, las consecuencias finales en los receptores de las sobretensiones transitorias son el deterioro y la destrucción de los materiales, el mal funcionamiento de los equipos (perturbaciones informáticas, arranque de motores cuando no deben o disparo de una alarma) y, finalmente, el envejecimiento prematuro de los receptores.

En la **tabla 6.1** se comparan varios componentes en cuanto a su posible destrucción a causa de las sobretensiones y en función de la energía de las mismas.

Estas sobretensiones pueden ser, además, peligrosas para las personas, ya sea de manera indirecta a partir de los materiales afectados (el mal funcionamiento o la destrucción de un equipo puede convertirse en un peligro para una persona: muerte por un incendio provocado por la caída de un rayo, aparatos enchufados a la red, etc.) o de manera directa (caída directa de un rayo, muerte por la caída de un rayo en la línea telefónica cuando una persona usaba el teléfono, etc.).

Por lo tanto, para garantizar la seguridad de las personas, la protección de los bienes y, en cierta medida, la continuidad de servicio, la coordinación del aislamiento busca reducir la probabilidad de fallo dieléctrico del material.

Existen varios componentes encargados de limitar o suprimir las sobretensiones definidas anteriormente. Estos dispositivos utilizados en la fabricación de aparatos de protección contra las sobretensiones están ya muchas veces incluidos en ciertos aparatos de BT, especialmente, en los aparatos electrónicos.

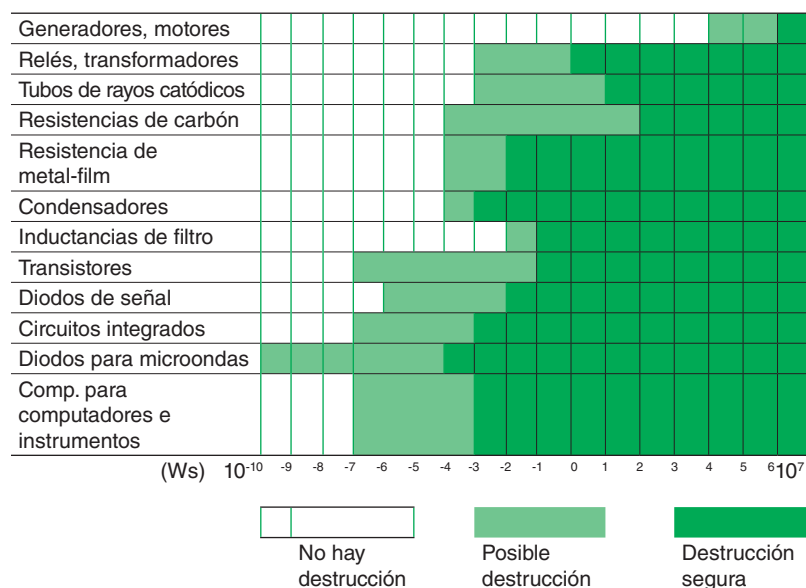


Tabla 6.1 - Efectos de las sobretensiones transitorias sobre equipos y componentes en función de la energía de dichas sobretensiones.

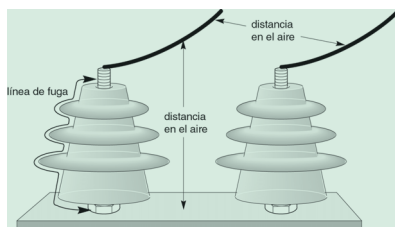


Fig. 6.1. Distancia en el aire y línea de fuga.

Nivel de polución	Norma de construcción	A	B	C	D
	Tensión de aguante al choque (kV)	1,5	2,5	4	6
	Tensión de prueba a nivel del mar (kV) para una onda 1,2/50 ms	1,8	2,9	4,9	7,4
1 = Sin polución o únicamente polución seca o conductora	Distancia mínima de aislamiento en el aire (mm)	0,5	1,5	3	5,5
2 = Presencia normal de polución no conductora	Distancia mínima de aislamiento en el aire (mm)	0,5	1,5	3	5,5
3 = Presencia de polución conductora, o de polución seca no conductora que se vuelve conductora por condensación	Distancia mínima de aislamiento en el aire (mm)	0,8	1,5	3	5,5
4 = Conductividad permanente y elevada originada por la polución (polvo conductor, agua o nieve)	Distancia mínima de aislamiento en el aire (mm)	1,6	1,6	3	5,5

**A:** Para materiales conectados a circuitos en los cuales se toman medidas para limitar las sobretensiones transitorias a un nivel débil.

**B:** Para materiales que consumen energía, alimentados a partir de una instalación fija.

**C:** Para materiales de las instalaciones fijas, cuando la fiabilidad y la disponibilidad del material son objeto de especificaciones particulares.

**D:** Para materiales utilizados en el origen de la instalación.

Tabla 6.2 - Tensiones de resistencia al choque y distancias de aislamiento (IEC 60947) aplicable a equipos instalados en BT de 230/400 V.

### 6.2 Los principios de protección

El nivel de sobretensión que puede soportar un material depende principalmente de la distancia de aislamiento. Esta denominación reagrupa dos nociones, una de la distancia en el gas (aire, SF6, etc.) y la otra de la distancia de línea de fuga en los aislantes sólidos (**fig. 6.1**).

Estas dos distancias están directamente ligadas al afán de protección contra las sobretensiones, pero sus tensiones soportadas no son idénticas.

#### • Distancia de aislamiento en el aire.

La distancia de aislamiento es la más corta entre dos conductores. Esta distancia, en el aire, es muy importante en el fenómeno de descargas.

El riesgo de cebado depende de la tensión aplicada y/o del grado de polución. Por esta razón, los aparatos eléctricos deben cumplir ciertas normas que definen, especialmente, cuatro categorías de sobretensiones y cuatro grados de polución (**tabla 6.2**).

El grado de *polución normal* se valora de manera diferente según la aplicación:

- Para aplicaciones industriales: salvo prescripción en contra de la norma del material correspondiente, los materiales para aplicaciones industriales están en general destinados a ser utilizados en ambientes con grado de polución 3
- Para aplicaciones domésticas: salvo prescripción en contra de la norma del material correspondiente, los materiales para aplicaciones domésticas y similares están en general destinados a ser utilizados en entornos con grado de polución 2

#### • La longitud de la línea de fuga en los aislantes o su recorrido.

La línea de fuga es la distancia más corta a lo largo de la superficie de un material aislante entre dos partes conductoras. En este campo, también los aparatos eléctricos deben cumplir las normas (**tabla 6.3**).



## 6. Protecciones contra sobretensiones transitorias

Sin embargo, en una instalación eléctrica, las especificaciones constructivas (distancia de aislamiento y línea de fuga) pueden resultar insuficientes, especialmente para los receptores.

Es, por tanto, muy conveniente el empleo de los aparatos de protección que se describen en capítulos posteriores.

Nivel de polución	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Índice de resistencia a la circulac.	> 100	> 600	> 400 a 600	> 100 a 400	> 600	> 400 a 600	> 100 a 400	> 600	> 400 a 600	> 100 a 400
Tensión de aislam. 400V	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,5
Tensión de aislam. 500V	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	10	12,5	16
Tensión de aislam. 630V	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20

Tabla 6.3 - Distancia en milímetros de las líneas de fuga para equipos eléctricos.

### 6.3 Principio de coordinación del aislamiento

Estudiar la coordinación del aislamiento de una instalación eléctrica consiste en definir, a partir de los niveles de tensiones susceptibles de presentarse en esta instalación, uno o más niveles de protección contra las sobretensiones transitorias.

El nivel de protección se deduce de las condiciones:

- De la instalación.
- Del ambiente.
- De la utilización del material.

El estudio de estas condiciones permite determinar el nivel de sobretensión que podrá solicitar el material durante su utilización. La elección del nivel de aislamiento adoptado permitirá asegurar que, frente a los choques de maniobra, al menos el nivel de aislamiento no será nunca sobrepasado.

Frente a la caída del rayo, un compromiso deberá, generalmente, realizarse entre el nivel de protección y el riesgo de fallo admisible.

Se puede establecer una clasificación de tres niveles de protección contra los efectos de los rayos, tanto directos como indirectos, los efectos de las sobretensiones de maniobra y las descargas electrostáticas:

- El nivel primario está constituido por los sistemas de pararrayos, terminales aéreos, estructuras metálicas, blindajes y tomas de tierra, y sería el encargado de captar el rayo, derivarlo y dispersarlo a tierra.
- El nivel secundario sería el necesario para la alimentación del equipo o sistema: en él se limitan las sobretensiones debidas a la caída indirecta de un rayo, a sobretensiones de maniobra o a descargas electrostáticas.
- El nivel terciario se relaciona con las líneas de datos y transmisión, tarjetas de circuito impreso y componentes electrónicos, llamados también *protección fina*.

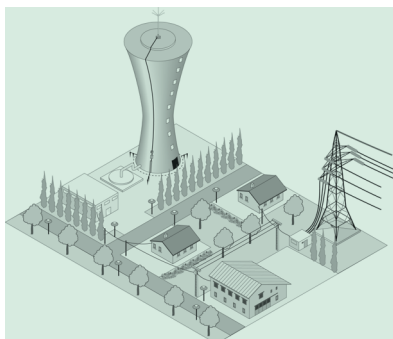


Fig. 6.2. Pararrayos en una instalación.



Fig. 6.3. Pararrayos sobre un edificio.

### 6.4 Protecciones primarias

Las protecciones primarias pretenden proteger los lugares de las caídas directas de rayos permitiendo una captación y circulación de la corriente de rayo hacia el suelo.

Una instalación de este tipo se compone de una línea de captación o terminal aéreo, unas líneas bajantes o derivadores y una red densa de toma de tierra o, en su defecto, picas de profundidad de 9 m como mínimo en cada derivador, de manera que el rayo pueda derivarse al subsuelo sin problemas.

El principio se basa en una zona de protección determinada por una estructura más elevada que el resto.

Existen tres grandes tipos de protección primaria:

- Los pararrayos: protección primaria más antigua y común.
- Los tendidos aéreos.
- La caja mallada de Faraday.

#### • Pararrayos (fig. 6.2)

Los pararrayos son la forma más conocida de protección primaria contra rayos y son utilizados en edificios rurales y lugares donde la protección es obligatoria, como tanques de almacenamiento de combustibles y almacenes de explosivos.

Además, deberían utilizarse si el edificio alberga un número elevado de personas, o materiales, instalaciones y equipos sensibles; si la altura de dicho edificio supera los 43 m, o si el índice de riesgo (determinado por los días/año que hay tormentas en la zona donde está ubicado, las características orográficas del terreno y el tipo de edificio) supera los 27 puntos.

La dirección del rayo no está influida por los objetos de la tierra hasta que no alcanza una distancia de unos 10 a 100 m del objeto.

El pararrayos proporciona un circuito de menor resistencia. Así, se establece el segmento final del camino de descarga de nube a tierra. Mediante la colocación del pararrayos, la descarga se dirigirá fuera del área donde se desea tener la protección.

El estudio y la instalación de los pararrayos son trabajo de especialistas, que tienen que prestar atención al trazado de los cables de cobre, juntas de control, tomas de tierra en forma de pata de oca para favorecer la circulación de las corrientes a alta frecuencia, distancias a las canalizaciones (agua, gas, electricidad...).

Por otro lado, la circulación de corriente de rayo induce un campo electromagnético a los circuitos interiores que se debe proteger (algunas decenas de kilovatios).

Por tanto, es necesario dividir las corrientes del pararrayos en dos, cuatro o más, de manera simétrica para minimizar los efectos electromagnéticos.

Actualmente, tres soluciones parecen, entre otras, interesantes:

- Pararrayos o puntas Franklin: es el más común y conocido. Es óptimo para proteger edificios en los que la altura predomina sobre la superficie. Su zona de protección se calcula aproximadamente en radio igual a su altura.
- Pararrayos Ingesco-PDC: entre el conjunto excitador, que está al mismo potencial que el aire circundante, la punta y el conjunto deflector, que se hallan a igual potencial que la tierra, se establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto mayor es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más próxima esté la formación de un rayo.
- Pararrayos Ioniflash: emiten descargas eléctricas de polaridad inversa al rayo, de manera que consiguen atraerlo y elevar el punto de impacto por encima de la superficie que se debe proteger, por lo que se crea un mayor radio de cobertura frente a un pararrayos convencional.

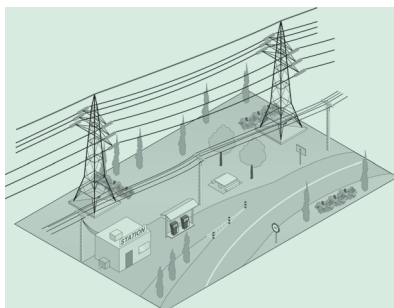


Fig. 6.4. Tendido aéreo.

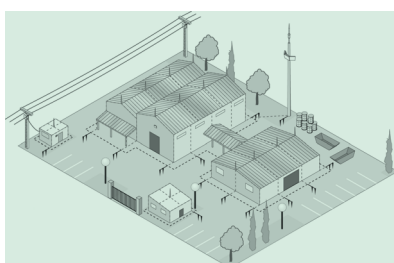


Fig. 6.5. Caja mallada de Faraday.

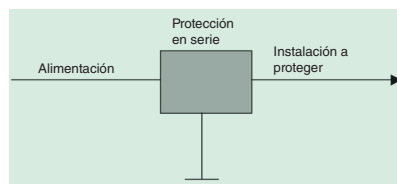


Fig. 6.6. Principio de la protección en serie.

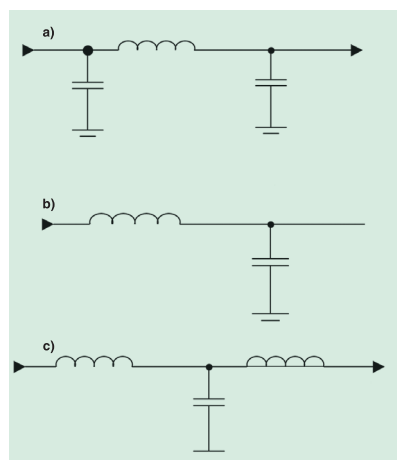


Fig. 6.7. Esquemas clásicos de filtros utilizados en BT: a) en L; b) en T; c) en p.

Son comparables a toda una instalación de puntas Franklin necesarias para cubrir la misma área de protección. Así, se consigue economizar en instalación y materiales de bajantes, tomas de tierra, equipotencialidad de éstas, etc.

### • Tendidos aéreos (fig. 6.4)

Protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura que se debe proteger. Los conductores se deberán unir a tierra mediante las bajantes en cada uno de sus extremos.

El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos. Sus principales aplicaciones son militares y cables por encima de líneas de alta tensión.

### • Caja mallada de Faraday (fig. 6.5)

Este sistema consiste en multiplicar las líneas de descenso por el exterior de manera simétrica realizando uniones horizontales cuando el edificio es alto. Las uniones a la tierra se realizan en forma de pata de oca y el resultado consiste en obtener las mallas de  $15 \times 15$  m o  $10 \times 10$  m.

El efecto obtenido es una mejor equipotencialidad del edificio y la división de las corrientes de rayo, reduciendo así fuertemente los campos y las inducciones electromagnéticas.

Es el sistema pasivo de protección externa que da mayores garantías. Es óptimo para proteger edificios con índices de riesgo muy elevados, muy sensibles informáticamente o en los que se fabriquen circuitos integrados, o que tengan interés histórico.

## 6.5 Protecciones secundarias

Las protecciones secundarias se encargan de los efectos indirectos del rayo y/o de las sobretensiones de maniobra.

Su principio consiste en crear un circuito de derivación a tierra, permitiendo así la descarga de la corriente del rayo por cebado o conducción.

Se agruparían en:

- Los limitadores para redes BT.
- Los filtros.
- Los absorbedores de onda.

En ciertas condiciones, hay otros aparatos que pueden cumplir esta función como, por ejemplo, los transformadores, los pararrayos, los estabilizadores o los sistemas de alimentación interrumpida (SAI).

En la práctica, estos dispositivos tienen dos efectos: limitar la tensión de choque (protecciones paralelas), o limitar la potencia que se transmite (protecciones serie).

### • La protección serie.

La protección serie, como su nombre indica, se conectará en serie sobre los cables de alimentación del sistema que se debe proteger (fig. 6.6).

Los elementos más conocidos son:

- Los filtros: un filtro utiliza el principio de circuito RLC. Se calcula suponiendo que la perturbación que se debe filtrar ha sido correctamente identificada. Su objetivo se sitúa, muy especialmente, en la atenuación de sobretensiones de maniobra correspondientes a una banda de frecuencia definida. Esta protección no se adapta a sobretensiones atmosféricas (fig. 6.7).

- Los transformadores: atenúan por efecto de inductancia las sobretensiones y hacen desaparecer por acople ciertos armónicos.

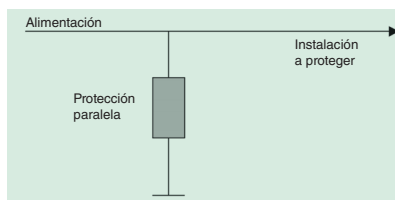


Fig. 6.8 - Principio de la protección paralela.

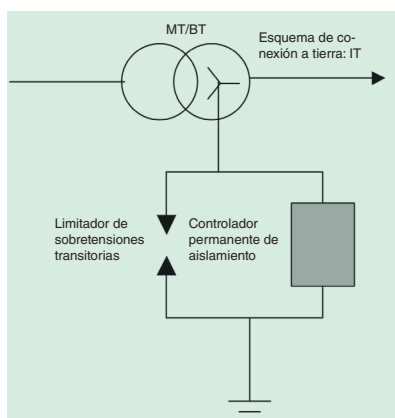


Fig. 6.9 - Limitador de sobretensiones transitorias en protección basta.

- Los absorbedores de onda están constituidos, esencialmente, por inductancias al aire para limitar las sobretensiones y limitadores para absorber las corrientes. Se adaptan perfectamente a la protección de aparatos sensibles informáticos y electrónicos. Funcionan únicamente contra las sobretensiones. No obstante, son muy grandes y caros. Estos aparatos serán indispensables en los onduladores que protegen las cargas contra el corte de la alimentación.

- Los acondicionadores de red y los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI): se utilizan para proteger el material muy sensible, como el informático, que necesita una alimentación de muy buena calidad. Estos equipos tienen muchas veces varios de los dispositivos descritos anteriormente y, por tanto, con ellos, forman parte de las protecciones secundarias. Permiten regular la tensión, la frecuencia, suprimir los parásitos y asegurar la continuidad de la alimentación eléctrica (SAI). Pero no protegen contra las sobretensiones importantes de tipo atmosférico, contra las cuales es necesario otro tipo de protección.

### • La protección paralela

Su principio de funcionamiento (montado en paralelo a la red) hace que se adapten, sea cual sea la potencia de la instalación que se debe proteger. La protección paralela es la protección antisobretensión más utilizada actualmente (**fig. 6.8**).

La filosofía general de funcionamiento de este tipo de protección es:

- En condiciones normales: los elementos presentan una impedancia muy alta para no alterar con su presencia el normal funcionamiento de la línea.
- Al alcanzar un nivel de tensión > tensión nominal de red, el dispositivo de protección pasa a tener una baja impedancia y deriva a tierra.

Las características principales de la protección en paralelo son las siguientes:

- La tensión nominal de alimentación de la protección debe obtenerse de los bornes de la instalación 230/440 V.
- En ausencia de sobretensión, ninguna corriente de fuga debe circular a través de la protección, que está en posición de vigilancia.
- Cuando aparece una sobretensión que sobrepasa la tensión admisible para la instalación que se debe proteger, la protección conduce fuertemente la corriente, debido a dicha sobretensión, hacia tierra, limitando la tensión al nivel de protección deseado  $U_p$ .
- Cuando desaparece la sobretensión, la protección deja de actuar y se coloca en estado de vigilancia sin mantener la corriente (aunque se denomine corriente de seguimiento).
- La curva característica U/I ideal cumple las siguientes características:
  - El tiempo de respuesta ( $t_r$ ) de la protección debe ser lo más corto posible para proteger rápidamente la instalación.
  - La protección debe estar dimensionada para acoger la energía, debido a la sobretensión previsible en función del lugar que se debe proteger.
  - La protección limitadora de sobretensiones debe ser capaz de soportar 20 choques en onda 8/20  $\mu s$  de corriente nominal  $I_n$ , y una vez la corriente máxima admisible  $I_{m\acute{a}x}$ .

Los productos más utilizados en la protección paralela son:

- Los limitadores de sobretensión utilizados en las redes, llamadas de *neutro aislado* o *impedante* (esquema IT), que se instalan a la salida del transformador MT/BT. Estos limitadores permiten derivar a tierra sobretensiones de gran energía y soportan la corriente de defecto a tierra de la red de MT (**fig. 6.9**).

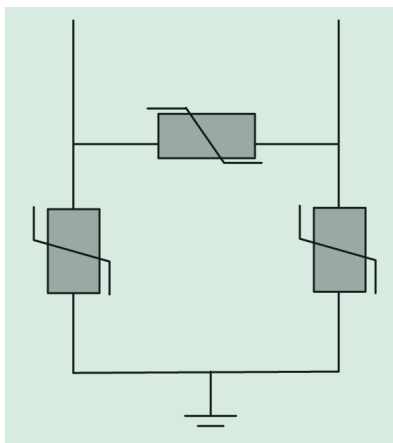


Fig. 6.10 - Esquema de un limitador de sobretensiones de BT monofásico.

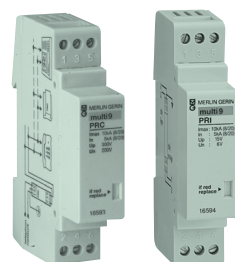


Fig. 6.11 - Limitadores para líneas telefónicas.

### • Limitadores de sobretensiones transitorias para Baja Tensión

Este tipo de aparataje ha progresado mucho en materia de seguridad con unos ensayos normalizados reforzados. Este tipo de limitadores para líneas analógicas, digitales o circuitos de datos formarían el tercer nivel de protección llamado también de protección fina. En el apartado siguiente se estructurará la tecnología utilizada por la mayoría de limitadores.

Obviamente, una protección óptima será aquella que posea los tres niveles de protección, aunque no siempre es necesario. En muchos casos, con la combinación de dos de ellos, se obtiene una protección satisfactoria.

Existe toda una gama de limitadores de sobretensión: desde modulares para montaje en carril DIN simétrico, e instalables en un cuadro general de BT o en una caja de distribución, hasta modelos empotrables situados en las cajas de las tomas de corriente. Permiten cualquier derivación de corrientes con niveles de protección variable.

Este tipo de limitadores pueden estar formados por tecnologías diferentes. Las más conocidas son varistores, descargadores de gas o diodos Zener, pero existen otras muchas.

En el siguiente capítulo se estudiarán más a fondo todas las posibles tecnologías de los limitadores de sobretensiones.

### • Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas

Las líneas telefónicas de transmisión de voz o datos, independientemente de que sean analógicas o digitales, están expuestas a sobretensiones transitorias de origen atmosférico por estar la mayor parte del tendido en el exterior.

El tendido situado en instalaciones subterráneas también puede verse afectado por aumentos de potenciales del tierra provocados por la caída directa de un rayo al suelo o en un pararrayos. Igualmente, las líneas interiores próximas a dispositivos de maniobra, máquinas con motores de gran potencia, equipos de regulación, etc., pueden verse afectadas por inducción. Las consecuencias de estas sobretensiones serán la destrucción total o la avería de los equipos conectados a la línea (modems, centralitas, teléfonos, fax, etc.). Este tipo de limitadores limitarán a un valor bajo las sobretensiones de la línea eléctrica, de manera que evitarán la destrucción o las averías de los equipos conectados a la línea. Se montan sobre carril DIN simétrico y están pensados para proteger uno o dos pares telefónicos.

Existen varios tipos de limitadores para líneas telefónicas:

- Limitadores de sobretensiones para líneas telefónicas analógicas. Estos limitadores de carril DIN pueden ser paralelos, en cuyo caso se montarían en paralelo a la instalación, o serie, en cuyo caso se montarían en serie (**fig. 6.11**).
- Limitadores para líneas telefónicas digitales montados en serie a la instalación.

En el sector telefónico tenemos también otros dos tipos de protecciones:

- Módulos para montar sobre tarjetas de circuito impreso en centrales telefónicas.
- Alargadores o prolongadores mixtos para *alimentación baja tensión-telefonía*.

• Por último, todos los equipos de transmisión de datos pueden ser atacados y afectados por las sobretensiones y, por lo tanto, también hay que recomendar el uso de un tipo especial de limitadores de sobretensiones adecuado para instalaciones de domótica, informática o multimedia.

# Limitadores de sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

<b>7</b>	<b>Características principales</b>	7/2
	<b>Principios de funcionamiento de los limitadores de sobretensiones transitorias</b>	7/3
	<b>Tiempo de respuesta de una protección</b>	7/3
	<b>Tecnologías de los limitadores de sobretensiones transitorias</b>	7/4
	<b>Sistemas de protección</b>	7/8

## 7. Limitadores de sobretensiones transitorias

La técnica de absorción de sobretensiones transitorias se ocupa de las posibilidades de reducirlas a valores que no sean peligrosos para el equipo electrónico instalación eléctrica.

### 7.1 Características principales

Los limitadores de sobretensiones transitorias se instalan donde se espera que pueda llegar un impulso de tensión de corta duración que pueda dañar los materiales instalados. De este modo, a la salida del limitador se tendrá, en condiciones normales, una tensión máxima que no interfiera en el circuito situado a continuación. Por lo tanto, los limitadores instalados en circuitos protectores a nivel secundario y terciario limitan las sobretensiones transitorias.

Para evaluar cualquier tipo de limitador, deben tomarse en consideración los siguientes puntos:

1. Tener en cuenta sobre todo las características siguientes: energía, temperatura, dimensiones, tiempos de respuesta, corrientes de fuga y capacidad del limitador.
2. Factor de limitación (*clamping factor*): cociente entre la tensión de limitación a una corriente extremadamente pequeña y la máxima tensión en extremos del protector durante unas condiciones transitorias especificadas.
3. Las tensiones disponibles.
4. El coste por julio: es conveniente evaluar el coste real de la protección en términos de W/s.
5. La fiabilidad: el limitador funcionará a la máxima temperatura. Cumple alguna norma. Tiene desgaste.
6. El limitador no debe interferir en el funcionamiento normal del equipo.
7. Durante su funcionamiento dinámico, debe limitar instantáneamente las sobretensiones a un nivel de seguridad.
8. El limitador no debe cambiar sus características con el tiempo.
9. Si se exceden sus características, debe cambiar a un estado conocido y deseado.
10. Debe ser mecánicamente compatible con el equipo, tanto en tamaño como en técnicas de montaje.
11. Como no contribuye al funcionamiento del sistema, debe tener un coste bajo relativo al coste global del sistema.

En la selección de un limitador de sobretensiones, se deben describir o evaluar las condiciones transitorias y las permanentes. Para ello:

1. Debe definirse o estimarse la forma de onda del transitorio en cuanto a su impedancia de fuente y al pico de tensión.
2. Debe determinarse la máxima potencia que se puede disipar: un factor que influye en la potencia disipable en un limitador es la frecuencia de repetición de los picos.
3. Una característica muy importante de un limitador es su rapidez de respuesta en la supresión de sobretensiones, lo cual incluye el tiempo de respuesta y la tensión de limitación.
4. Por último, y lo más importante, es cuál debe ser la tensión de limitación del supresor. Ésta será la máxima tensión que aparece en extremos del supresor debida al pico de intensidad, y debe seleccionarse por debajo del umbral de fallo de los componentes del circuito.

## 7. Limitadores de sobretensiones transitorias

No existe, ni probablemente existirá, un limitador que cumpla todos estos requisitos a la vez. Afortunadamente, un equipo no necesita que se cumplan todos, sino que se debe alcanzar un compromiso entre coste y protección. Por este motivo, en los circuitos de protección contra sobretensiones, se disponen diferentes limitadores en conexión en serie entre sí, en conexión paralela o en una combinación determinada, de manera que se llegue a una máxima protección.

### 7.2 Principios de funcionamiento de los limitadores de sobretensiones transitorias

A diferencia de otros elementos de protección de instalaciones como interruptores magnetotérmicos o diferenciales, que se colocan en serie, los limitadores de sobretensiones deben colocarse en paralelo para un funcionamiento correcto del sistema de protección.

El comportamiento de un limitador de sobretensiones sigue un funcionamiento simple: su resistencia depende de la tensión en sus bornes.

En funcionamiento normal, es decir, sin ningún tipo de sobretensión, la tensión aguas arriba ( $U_a$ ) es menor que la de cebado del limitador, la resistencia del limitador es muy elevada (aprox.  $1\text{ M}\Omega$ ) y la corriente, muy débil (aprox.  $< 800\ \mu\text{A}$ ).

Al crearse una sobretensión, la tensión aguas arriba del limitador será mayor que la de cebado. Es en este momento cuando el valor de la resistencia se vuelve débil (prácticamente nula) y la intensidad comienza a circular. A continuación, la tensión disminuye y se vuelve inferior a la de cebado, que se convierte en tensión residual debido al paso de corriente hacia la tierra y será la que soportará la carga que se debe proteger.

Cuando se elimina la onda pasante, se dice que la sobretensión se ha decaído. La tensión que queda en los bornes durante el paso de la corriente se denomina *tensión residual*. Este valor dependerá de la cantidad de corriente que circule por la resistencia.

Los limitadores de sobretensiones se caracterizan por una  $I_{m\acute{a}x}$  (intensidad de descarga mayor que puede aguantar el limitador una sola vez) y diferentes valores residuales para una corriente dada (intensidad nominal), denominada *nivel de protección* ( $U_p$ ). Un parámetro importante que se debe considerar es el tiempo durante el cual existe un paso de corriente, pues determina la cantidad de energía que será disipada en la operación:  $Q = i \times t$ . Esta energía disipada tendrá una fuerza proporcional al tiempo que esté el limitador en estado de paso de corriente. Este parámetro será de suma importancia a la hora de escoger un limitador, pues esta energía es destructora y hace envejecer prematuramente los elementos del dispositivo.

### 7.3 Tiempo de respuesta de una protección

El tiempo de respuesta ( $T_r$ ) de una protección es el tiempo que tarda en reaccionar desde el momento en el que aparece la sobretensión transitoria.

Se observa que el tiempo de respuesta dado por la protección será mayor cuanto mayor sea la velocidad de subida de la tensión de perturbación y el valor residual de la protección (tensión máxima a la que está sometido el equipo que se debe proteger).

La velocidad de subida de la tensión de perturbación es aleatoria y depende, esencialmente, del origen de las sobretensiones. Es, por tanto, un elemento variable.

Los tiempos de respuesta máximos de una protección son, por el contrario, conocidos y, generalmente, dados por los fabricantes en sus fichas técnicas.

Una protección ante un tiempo débil de respuesta limitará sobretensiones a valores débiles, admitidos por los componentes sensibles, y evitará su destrucción.



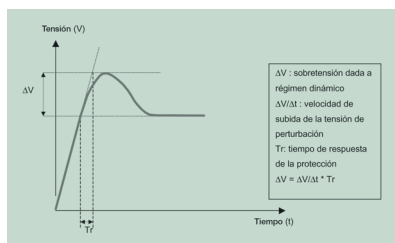


Fig. 7.1. Tiempo de respuesta.

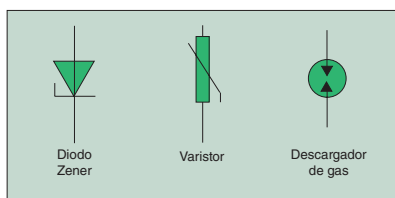


Fig. 7.2. Símbolos de limitadores de sobretensión.

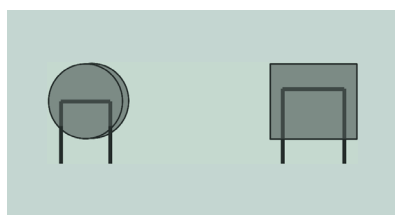


Fig. 7.3. Varistores de óxido de cinc.

Del mismo modo, una protección con un tiempo de respuesta largo será ineficaz si los componentes contenidos en la instalación que se debe proteger son muy sensibles o tienen un tiempo de reacción a las sobretensiones más corto que sus protecciones (fig. 7.1).

### 7.4 Tecnologías de los limitadores de sobretensiones transitorias

Los principales componentes limitadores son (fig. 7.2):

- Descargadores abiertos: se usan en protecciones secundarias, sólo en instalaciones de pararrayos. El aire ambiente es el dieléctrico. Y la tensión de encendido del descargador, que depende de la humedad y de las impurezas del aire, no se puede definir exactamente.
- Descargadores con dieléctrico fijo o de contorno deslizante. Tienen electrodos de cobre-wolframio separados por un plástico especial. Cuando el arco voltaico está próximo a dicho plástico, éste desprende un gas que provoca una corriente de aire y empuja el arco voltaico hacia afuera apagándolo.
- Descargadores de carbón.
- Descargadores de gas: constan de un tubo de cerámica o cristal lleno de gas noble (argón, neón...) a una presión determinada, en el que encontramos dos electrodos. Su función principal es la de funcionar como circuito abierto a tensiones normales y hacer fluir la corriente de rayo desde que la sobretensión que aparece en la línea es suficiente para cebar el gas.
- Varistores de óxido de cinc (fig. 7.3) y de carburo de silicio: este componente, llamado también VOM (varistor de óxido metálico) es una resistencia no lineal cuyo valor desciende con la tensión en sus extremos.
- Diodos supresores de silicio o selenio: son uniones PN que agrupan varios componentes electrónicos (diodos, tiristores, triacs, etc.). Se utilizan en BT y, sobre todo, en líneas telefónicas. Al destruirse se cortocircuitan y producen un fallo eléctrico fácil de detectar.

Los supresores de selenio y los descargadores de carbón son limitadores que han caído en desuso al ser sustituidos por otros mejores.

A continuación estudiaremos con más detenimiento los descargadores abiertos, los diodos Zener, los varistores y los descargadores de gas. De estas cuatro tecnologías, los descargadores abiertos se utilizan para la protección basta (descargadores de rayos) en protecciones secundarias, los descargadores de gas y varistores se utilizan para protección media o fina, y los diodos Zener se utilizan para protección ultraterminal en asociación con algún limitador.

#### • Diodos Zener

Un diodo Zener ha sido pensado, diseñado y fabricado como un componente regulador de tensión. A pesar de tener ciertas aptitudes como supresor de transitorios, no es conveniente usarlo como tal, aunque en algunas aplicaciones no críticas pueda suplir, en según qué circunstancias, algún limitador, pero siempre con la seguridad de que su respuesta será mucho peor.

La curva característica de un diodo Zener es muy próxima a la ideal. El tiempo de respuesta es extremadamente rápido (del orden de pico-segundos:  $10^{-12}$ ) para una tensión umbral determinada ( $U_s$ ) y la corriente de fuga, despreciable. Sin embargo, el diodo Zener presenta el inconveniente de disipar una energía muy débil.

Basta poner un ejemplo: un diodo Zener de 10/1 W no puede absorber un pico de intensidad más allá de 5 A en un tiempo de 100 ms con una tensión de limitación de 14,3 V, mientras que un diodo supresor tiene para el mismo pico de intensidad una tensión de limitación de 10,3 V y puede llegar a absorber un pico de 80 A.

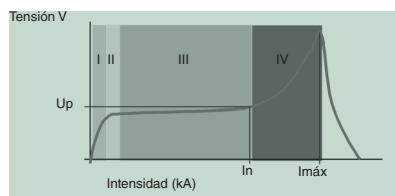


Fig. 7.4. Característica corriente-tensión de la tecnología varistor.

Este componente no se debe situar nunca en cabecera de la instalación, pero se puede utilizar en protección ultraterminal y siempre en coordinación con otro limitador de sobretensión.

### • Tecnología varistor

Los varistores son resistencias no lineales cuyo valor desciende con la tensión en sus extremos.

### • Características

Estos limitadores bipolares presentan, generalmente, una forma circular de 5 a 40 mm de diámetro y de 3 a 1 mm de espesor, de la cual cuelgan dos hilos metálicos que sirven de unión con el circuito eléctrico. Las dos caras del varistor están formadas por dos placas metálicas entre las que se encuentra, principalmente, un óxido metálico. La unión de estas placas se recubre con barniz de acabado.

Se distinguen dos tipos de varistores: de carburo de silicio y de óxido de cinc. Algunos de sus nombres comerciales en función de las marcas son SIOV, MOV (varistor de óxido metálico) y ZNR.

El varistor de óxido de cinc tiene mejor característica de intensidad/tensión que el varistor de carburo de silicio. Éste posee una característica intensidad/tensión no lineal dada por la relación:

$$i = k u^a$$

u tensión en bornes del varistor  
i intensidad de corriente  
k constante  
a coeficiente de no linealidad

El varistor de óxido de cinc se compone de granos de ZnO cimentados en otros de óxidos metálicos. Estos varistores serán los más usados.

La característica del varistor se observa en la **figura 7.4**, que presenta cuatro regiones:

- **Región I:** el limitador presenta una resistencia elevada. La corriente es proporcional a la tensión aplicada teniendo en cuenta una variación en función de la temperatura ( $a = 1$ ). Esta zona corresponde al funcionamiento normal del varistor. El varistor se comporta prácticamente como un circuito abierto.
- **Región II:** corresponde a las tensiones medias y en ella se asimila la intensidad como el cuadrado de la tensión:  $u^2$  ( $a = 2$ ), que corresponde a un modo de conducción limitado por las cargas en el espacio. La corriente es función de la temperatura. El varistor se sitúa en esta zona en caso de sobretensiones temporales moderadas. La tensión de referencia ( $U_{ref}$ ) de un varistor corresponde, en general, a una curva de característica  $i(u)$ , siendo la corriente lo suficientemente importante como para considerarse despreciable. Normalmente, se define la tensión  $U_{ref}$  para un valor de corriente de 1 mA.
- **Región III:** corresponde a un comportamiento fuertemente no lineal de la señal y en ella el varistor presenta una resistencia ( $a = 50$ ). En esta región, la característica  $i(u)$  es independiente de la temperatura. Es la zona de las sobretensiones de manobra y de las atmosféricas moderadas.
- **Región IV:** se denomina zona de saturación. En ella, la conducción está limitada por una resistencia de granos de ZnO y por los electrodos. La característica  $i(u)$  ( $a = 1$ ) es independiente de la temperatura. Es la zona de las sobretensiones de rayo.

### • Funcionamiento

Cuando se coloca un varistor entre conductores activos, en funcionamiento normal, se comporta prácticamente como un circuito abierto. Cuando se produce una sobretensión, la respuesta de reacción es muy rápida, del orden de nanosegundos ( $10^{-9}$  s) y mantiene la tensión y la potencia a un nivel muy bajo. Una carga conectada a una red eléctrica, protegida con un varistor, no soportará la sobretensión, sino que estará

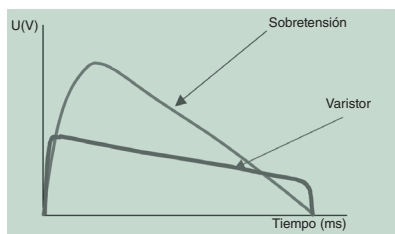


Fig. 7.5. Funcionamiento de la tecnología varistor durante una sobretensión transitoria.

limitada a una tensión residual que será función de las características del varistor utilizado y de la intensidad de la perturbación. Este fenómeno se observa en la figura donde la onda de tensión está limitada gracias a la utilización de un varistor (**fig. 7.5**).

Los parámetros más importantes para un varistor son: la energía que puede disipar, el nivel de protección ( $U_p$ ) y la tensión máxima de servicio permanente  $U_c$  (ver deficiones en el apartado *Normativa*). Los varistores son elementos que aguantan en un espacio de tiempo muy corto sobretensiones de pico muy elevado (15-20 kV en microsegundos), pero se destruyen con valores bajos de tensión en unos pocos segundos.

Un varistor se define, en muchos casos, por su tensión máxima de servicio permanente  $U_c$ :

- Un varistor con una tensión máxima de servicio permanente  $U_c$  elevada tendrá un nivel de protección elevado, es decir, un valor de  $U_p$  alto, con lo cual una protección de los receptores ineficaz. Sin embargo, este tipo de varistor será insensible a sobretensiones temporales de amplitud moderada.
- Un varistor con una tensión máxima de servicio permanente  $U_c$  baja tendrá un nivel de protección bajo, por lo tanto, un valor de  $U_p$  bajo y una protección de los receptores muy satisfactoria. Sin embargo, este tipo de varistores será insensible a sobretensiones temporales de amplitud moderada.

Por consiguiente, la elección de un varistor vendrá impuesta por el valor de  $U_c$  y el de  $U_p$ . Habrá un compromiso entre un valor pequeño de  $U_p$  que garantice una protección eficaz y un valor elevado de  $U_c$  que permita aumentar la vida del componente.

Además, la energía máxima admisible para un varistor depende de su volumen, del tipo de fenómeno (atmosférico, maniobra...) y de las condiciones de disipación térmicas (electrodo, ambiente...). Normalmente, se ensayan con una corriente asociada a una forma de onda de corriente dada por la norma internacional IEC, por ejemplo 65 kA (en onda 8/20  $\mu$ s).

La ventaja principal de los varistores es la razón entre la energía disipada y el coste, que la sitúa como un componente incontestable en la fabricación de limitadores de sobretensión.

La mayor dificultad está en su colocación, ya que:

- El valor de la  $U_p$  del varistor depende del valor de su  $U_c$ .
- Una serie de descargas de poca energía provocan un calentamiento que acelera su envejecimiento.
- Una energía mayor implica la destrucción del componente porque se queda en cortocircuito.

### • Tecnología descargador

Colocado entre la línea que se debe proteger y la tierra, tiene como función principal la de funcionar como circuito abierto a tensiones normales y hacer fluir la corriente de rayo desde que la sobretensión que aparece en la línea es suficiente para cebar el gas entre dos electrodos. Después del paso del transitorio de sobretensión, la conducción cesa y el aislamiento original se reinstaura.

Existen varios tipos de descargadores, pero según el dieléctrico empleado pueden diferenciarse tres tipos de descargadores de sobretensión básicos: abiertos, con dieléctrico fijo o de contorno deslizante y de gas.

### • Los descargadores abiertos

En ellos, el aire ambiental sirve como dieléctrico. La tensión de encendido del descargador abierto no puede definirse exactamente, dado que depende de la humedad o de las impurezas del aire. Generalmente, los descargadores abiertos sólo encuentran aplicación en las instalaciones en las que se permite una tensión residual relativamente alta como, por ejemplo, en las instalaciones de pararrayos.

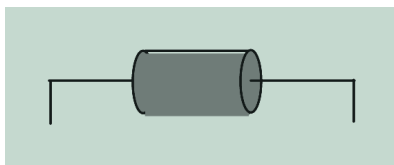


Fig. 7.6. Descargador de gas.

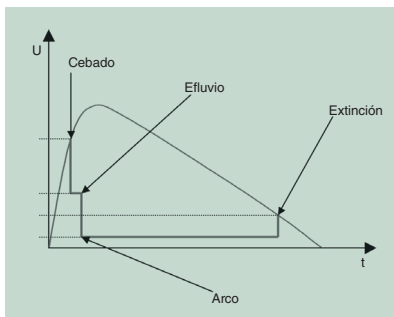


Fig. 7.7. Funcionamiento de la tecnología descargador de gas durante una sobretensión transitoria.

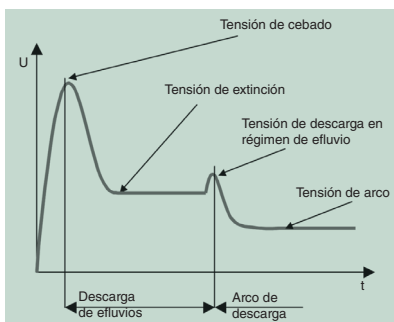


Fig. 7.8. Característica corriente-tensión de la tecnología descargado de gas.

El diseño de los electrodos, su distancia y el material utilizado, determinan el valor de tensión de encendido o de cebado, la capacidad de descarga y su comportamiento de apagado.

Los limitadores de sobretensiones transitorias formados por descargadores abiertos suelen situarse en cabecera de la instalación para eliminar la posible caída directa del rayo en la instalación. Normalmente estos limitadores, también llamados descargadores de rayos, comienzan a fluir cuando la sobretensión es superior o igual a 4 kV. Una vez que comienzan su actuación, descargarán toda la sobretensión a tierra. Sin embargo, estos descargadores no actuarán cuando la sobretensión sea inferior a la tensión de cebado (para descargadores abiertos esta tensión es del valor de 4 kV). Debido a que una sobretensión de entre 2 y 4 kV puede provocar problemas en las instalaciones, será necesario instalar un segundo limitador capaz de limitar sobretensiones de este tipo.

En definitiva, la instalación de un descargador abierto limitará sobretensiones muy elevadas, de ahí el nombre de *protección basta*, pero no asegurará la protección total de las instalaciones. Se tendrá que realizar *cascading* o coordinación de limitadores para conseguir una máxima protección (este tema será tratado en capítulos posteriores).

- Para la red existen los descargadores abiertos de contorno deslizante con electrodos redondos de cobre-wolframio, separados por un plástico especial que gasea cuando el arco voltaico se encuentra muy cercano al mismo. De manera que produce una cierta corriente de aire que empuja el arco voltaico hacia fuera y provoca el apagado de la repetición de la red, que es autoextinguible.

- Descargadores de gas (fig. 7.6):

En general, un descargador de gas está formado por un tubo de cerámica o de cristal en el que se encuentran dos electrodos. La cámara de tubo está llena de gas noble, generalmente argón o neón, que se encuentra a una determinada presión.

La composición del gas noble permite un mecanismo de encendido definido, al contrario que los descargadores abiertos. Cuando la tensión en los electrodos alcanza un valor superior a la de encendido ( $\sim 700$  V), se inicia un proceso de ionización por el cual la resistencia de la descarga de paso pasa de alta a baja. Tras la ionización, la tensión en sus bornes (tensión de arco) es de 10 a 100 V para corrientes de 1 a 1.000 A. Antes de alcanzar la tensión de arco, el descargador pasa por una fase de fluencia con una corriente típicamente inferior a 1 A. Por debajo de un cierto nivel de corriente (corriente de mantenimiento), el descargador se extinguirá desde el momento que la tensión aplicada sea inferior a la tensión de extinción. Tras el paso de la sobretensión, el descargador vuelve a su estado de reposo, aislando la línea de tierra, si ésta está alimentada por una fuente de energía de fuerte impedancia (caso de una línea telefónica, por ejemplo), de manera que permite reducir la corriente de seguimiento (fig. 7.7).

La curva característica de corriente y tensión se presenta en la figura 7.8. Esta característica es importante para poder determinar si después de extinguir un impulso de sobretensión, el descargador de gas puede interrumpir de nuevo por sí solo el circuito. La posibilidad de que el gas permanezca ionizado depende de la tensión de servicio del sistema y de la corriente secuencial de la red o corriente de seguimiento. Dicha corriente es la intensidad que circula a través de éste mientras está descargando. Si el descargador de gas no puede interrumpir independientemente la corriente de red, debe insertarse un fusible entre el descargador de gas y la red, o un varistor en serie.

En un descargador de gas de 230 V de tensión estática, en el caso de llegarle flancos de gran pendiente, este valor aumenta como consecuencia del tiempo de ionización, pero sigue manteniéndose entre 700 y 800 V con pendientes que aumentan a razón de 10 kV/ms. La tensión aumenta, antes del encendido, aproximadamente 700 V y cae inmediatamente a unos 2 V en el arco.

## 7. Limitadores de sobretensiones transitorias

A pesar de que el disparo del descargador sea rápido, el pico de tensión residual todavía sigue siendo grande para poder ser absorbido directamente por equipos electrónicos. Por ello, se requieren otros limitadores, como varistores que sean capaces de resistir picos de tensión, en este caso, de 800 V en 0,5 ms.

Por otra parte, la creación de una descarga dentro de un gas es un proceso probable y la tensión de cebado de los descargadores de gas depende de la pendiente de la tensión perturbadora transitoria que se presente.

Cuanto mayor es la pendiente del impulso perturbador, tanto más alto es el valor de reacción de la distancia de descarga de gas, y más corto el tiempo de reacción. La corriente de derivación asciende a varias decenas de kiloamperios.

Por esta razón el descargador de gas no es apropiado para derivar a tierra con seguridad la caída directa de un rayo, porque en este caso debe calcularse con amplitudes de corriente de cientos de kiloamperios (se usarán descargadores abiertos).

Los descargadores de gas son limitadores adecuados para la protección de circuitos electrónicos, redes de tipo telecomunicaciones o de energía en serie con un varistor.

Sus ventajas principales son un fuerte poder de disipación de energía y una corriente de fuga despreciable en el tiempo y, por tanto, se reduce el envejecimiento del limitador por calentamiento.

Su inconveniente es que posee un tiempo de respuesta lento, ligado al frente de la onda de sobretensión y a la tensión máxima, superior a la tensión umbral para ionizar el gas y ponerlo en conducción. Cuando la tensión continúa en sus bornes, el descargador sigue ionizado y una corriente de mantenimiento circula por su interior.

### 7.5 Sistemas de protección

Llamaremos sistemas de protección al conjunto constituido por dos o más componentes cuyo fin es proteger los equipos de las sobretensiones transitorias.

La electrónica tiende a generalizarse en todos los sectores de actividad. La medida de los aparatos electrónicos es cada vez menor, pero esto tiene consecuencias en cuanto a la fragilidad de los equipos cuando aparecen sobretensiones transitorias.

Una protección satisfactoria se caracteriza por:

- Su tendencia a mantener en los bornes del material que se debe proteger una tensión mínima sin descender a valores muy bajos que podrían provocar microcortes de la alimentación eléctrica.
- La capacidad de disipación energética.
- El tiempo de respuesta lo más corto posible.

Actualmente, ningún componente por sí solo posee todas estas características. De aquí surge la idea de algunos fabricantes de crear sistemas de protección coordinando diferentes tecnologías.

De esta manera, se agrupan las ventajas de cada tecnología y, en algunos casos, se contrarrestan sus inconvenientes.

Es usual encontrar ahora módulos formados por varios varistores, coordinación de varistores y descargadores de gas o coordinación de varistores, descargadores de gas y diodos Zener.

Las protecciones por módulos a varios varistores o coordinación de varistores y descargadores de gas, ofrecen una relación funcionalidad/precio muy interesante.

El primer sistema de protección era el utilizado por Merlin Gerin en sus antiguos limitadores gama PF y PE con resultados satisfactorios.

## 7. Limitadores de sobretensiones transitorias

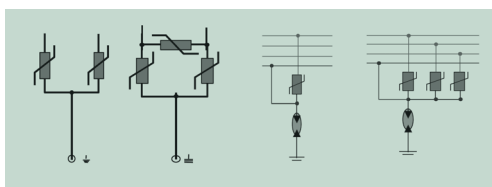
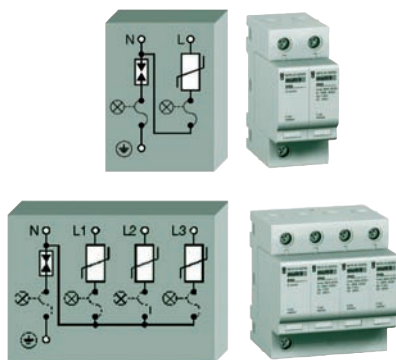


Fig. 7.9a.

Fig. 7.9b.

Fig. 7.9c.



Gama de limitadores PRD que combinan varistores y descargadores.

Para realizar una mejora de la gama de limitadores de sobretensiones transitorias, se ha creado un nuevo sistema de protección que coordina varistores y descargadores de gas (los nuevos PRD desenchufables) con unas mejoras considerables:

- Disminución de la tensión residual en los bornes de la carga en el caso de fuertes corrientes.
- Disminución de la energía de perturbación disipada en la carga: la carga presenta una impedancia propia. La energía disipada en esta impedancia depende de la tensión que se aplica y del tiempo durante el cual esta energía se aplica. La experiencia muestra que en una carga resistiva de 22 W la energía disipada en la carga protegida disminuye un 58% cuando se emplea la coordinación de descargadores de gas y varistores, y sólo un 25% cuando se emplea el modelo antiguo de varios varistores.
- Ausencia de derivación de corriente de fuga a tierra. El envejecimiento de un varistor, provocado por la disipación de energía de perturbación, se traduce por un aumento de la corriente de fuga. El descargador de gas, al tener una gran resistencia de aislamiento que conserva después de la limitación, no presenta ninguna corriente de fuga aunque los varistores envejezcan por sucesivas descargas. Por lo tanto, no habrá riesgo de fallo del módulo por calentamiento en ausencia de perturbación. Además, al no haber corriente de fuga constante, los varistores envejecerán más lentamente y, por lo tanto, la vida del limitador será superior. El varistor, a diferencia de la tecnología de varistores, únicamente envejecerá con sucesivas descargas.

En conclusión, queda afirmado que la utilización de coordinación de varistores y descargadores de gas es notablemente más satisfactoria que la tecnología de varistores únicos (**tabla 7.1**).

Sistema	Ventajas	Inconvenientes
Módulo formado por varios varistores	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respuesta rápida a una onda transitoria</li> <li>2. En función del tipo de montaje utilizado limitará las sobretensiones en modo común (fase/tierra, neutro/tierra) únicamente (<b>fig. 7.9a</b>), o sobretensiones en modo diferencial (fase/neutro) y en modo común (<b>fig. 7.9b</b>)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mala disipación energética</li> <li>2. Calentamiento excesivo de los varistores</li> <li>3. Envejecimiento rápido, debido a sucesivas descargas</li> <li>4. Posibilidad de incendio si no se toman precauciones</li> <li>5. Tensión residual elevada si el impulso es importante</li> </ol>
Asociación de varistores y descargador de gas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mismas ventajas que el módulo a varios varistores</li> <li>2. Limitación de la tensión a un valor inferior</li> <li>3. Disipación energética superior</li> <li>4. Envejecimiento limitado</li> </ol>	Número de componentes superior por módulo

Tabla 7.1. Comparativa entre módulo a varios varistores y coordinación de varistores + descargador de gas.



# Normativa

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

### 8

Definiciones

IEC 61643

IEC 60364

Tabla resumen

8/2

8/4

8/7

8/8



## 8. Normativa

### 8.1 Definiciones

Para un mejor entendimiento de los limitadores de sobretensiones transitorias, se deben tener presentes algunas definiciones, que mostramos a continuación, las cuales han sido extraídas de la norma internacional: IEC 61643, "Dispositivos de protección contra las sobretensiones transitorias en redes de distribución de baja tensión":

**Limitador de sobretensiones transitorias:** dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias derivando las corrientes de rayo. Incluye al menos un componente no lineal.

**Limitador de tipo corte en tensión:** presenta una impedancia elevada en ausencia de choque, que puede cortar rápidamente ante un choque. Los componentes habituales utilizados como dispositivos de corte en tensión son, por ejemplo, los descargadores, los tubos de gas, los tiristores de silicio y los triacs. A estos limitadores se les denomina de tipo *crowbar*.

**Limitador de tipo limitación de tensión:** presenta una impedancia elevada en ausencia de choque, pero puede disminuir de manera continua con una corriente y una tensión de choque. Los ejemplos habituales de componentes utilizados como dispositivos no lineales son los varistores y los diodos. Estos limitadores se denominan de tipo *clamping*.

**Limitadores de tipo combinado:** limitador que posee componentes de tipo corte de tensión y limitador de tensión. Puede cortar, limitar o ambas funciones a la vez y, en él, las características dependen de la tensión aplicada.

**Modos de protección:** los componentes de protección de un limitador se pueden conectar entre fases, entre fase y tierra, entre fase y neutro, o neutro y tierra y el resto de combinaciones.

**Corriente nominal de descarga  $I_n$ :** valor de cresta de una corriente de forma de onda 8/20 que circula por el interior del limitador. Se utiliza para la clasificación de los limitadores para el ensayo de tipo 1, y para el acondicionamiento de limitadores en el ensayo de tipos 1 y 2.

**Corriente máxima de descarga  $I_{m\acute{a}x}$  para el ensayo de tipo 2:** valor de cresta de la corriente de forma de onda 8/20 que circula por el interior del limitador, y de amplitud conforme a la secuencia de ensayo de funcionamiento para la tipo 2.  $I_{m\acute{a}x}$  es superior a  $I_n$ .

**Tensión máxima de servicio permanente  $U_c$ :** valor máximo de la tensión eficaz o continua que se puede aplicar de manera continua para el modo de protección de un limitador. Es igual a la tensión asignada.

**Corriente de funcionamiento permanente o corriente de fuga  $I_c$ :** circula por el limitador que está alimentado a una tensión máxima de servicio permanente  $U_c$  para cada modo.

**Corriente de seguimiento  $I_s$ :** circula por la red de energía eléctrica y fluye por el limitador al circular una corriente de descarga diferente a la de funcionamiento permanente  $I_c$ .

**Corriente de carga asignada:** valor máximo eficaz de una corriente permanente alterna o continua a la que se puede alimentar una carga conectada a la salida protegida de un limitador.

**Nivel de protección en tensión  $U_p$ :** parámetro que caracteriza el funcionamiento del limitador para la limitación de la tensión entre sus bornes y que se escoge de entre la lista de valores predefinidos. Este valor es superior al más elevado obtenido por la medida de la tensión de limitación.

## 8. Normativa

**Tensión de limitación medida:** amplitud máxima de tensión que aparece en los bornes de un limitador por un impulso de choque de forma de onda y amplitud especificada.

**Tensión residual  $U_{res}$ :** valor de cresta de la tensión que aparece entre los bornes de un limitador debido al paso de una corriente de descarga.

**Sobretensión temporal  $U_t$ :** valor eficaz máximo o continuo de la sobretensión que el limitador puede soportar sobrepasando la tensión máxima de régimen permanente  $U_c$  durante un tiempo especificado.

**Caída de tensión (en porcentaje):**  $DU = ((U_e - U_s)/U_e) \times 100\%$  donde  $U_e$  es la tensión de entrada y  $U_s$  la de salida, medidas de manera simultánea cuando toda la carga resistiva asignada está conectada.

**Pérdida de inserción:** para una frecuencia dada, la pérdida de inserción de un limitador conectado a una alimentación dada se define como la relación entre la tensión que aparece en sus bornes y la tensión inmediatamente aguas arriba del punto de inserción. Este resultado se expresa en decibelios.

**Tensión de choque 1,2/50:** en ella, el frente de subida virtual (tiempo de subida de 10% a 90% del valor de cresta) es de 1,2  $\mu$ s, y la duración hasta el valor medio es de 50  $\mu$ s.

**Corriente de choque 8/20:** en ella, el frente de subida virtual es de 8  $\mu$ s y la duración hasta el valor medio es de 20  $\mu$ s.

**Forma de onda combinada:** es creada por un generador aplicando una tensión de choque 1,2/50 en un circuito abierto y una corriente abierta, y una corriente de choque 8/20 en cortocircuito. La tensión, la amplitud de corriente y las formas de ondas están determinadas por el generador y por la impedancia sobre la que se aplica la tensión. La relación entre la tensión de cresta en circuito abierto y la corriente de cresta en cortocircuito es de 2 W, que se define como una impedancia ficticia  $Z_f$ . La corriente de cortocircuito se simboliza por  $I_{sc}$ . La tensión en circuito abierto se simboliza por UOC.

**Envejecimiento térmico:** condición de funcionamiento en la que el poder de disipación en el limitador sobrepasa el límite de disipación de la envolvente y de las conexiones, de manera que conduce a un crecimiento acumulativo de la temperatura de los componentes internos y a su fallo.

**Estabilidad térmica:** un limitador es térmicamente estable si al producirse una elevación de la temperatura, ésta disminuye con el tiempo cuando deja de actuar el limitador, cuando está alimentado a una tensión máxima de servicio permanente y dentro de unas condiciones de temperatura ambiente especificadas.

**Degradación:** variación de los parámetros de funcionamiento originados debido a la exposición de los limitadores a los choques, de manera que se produce un funcionamiento desfavorable.

**Modo en cortocircuito:** corriente máxima de cortocircuito que el limitador puede soportar.

**Ensayos tipo:** son los efectuados para definir las características representativas y para demostrar la conformidad bajo unas normas aplicadas.

**Ensayo de tipo 1:** ensayos efectuados bajo una corriente de descarga  $I_n$  definida, una tensión de choque tipo 1, 2/50 definida y una corriente máxima  $I_{imp}$  para el ensayo de tipo 1.

**Ensayo de tipo 2:** ensayos efectuados bajo una corriente de descarga  $I_n$ , una tensión de choque tipo 1, 2/5 y una corriente máxima de descarga  $I_{m\acute{a}x}$  para el ensayo de tipo 2.

## 8. Normativa

**Ensayo de tipo 3:** se efectúa con la onda combinada (1,2/50, 8/20).

**Energía específica W/R para ensayos de tipo 1:** energía disipada por la corriente de rayo por una resistencia de 1 W. Esta energía es igual a la integral de tiempo del cuadrado de la corriente de rayo:  $W/R = \int i^2 dt$

### 8.2 IEC 61643

Esta norma (de marzo de 1998), surge de tres normas de producto: VDE 0675, NFC 61740/95 y UL 1449.

Esta normativa que regula los limitadores de sobretensiones transitorias (**IEC 61643**, "Dispositivos de protección contra las sobretensiones transitorias conectadas a redes de distribución de baja tensión), se aplica a los dispositivos de protección contra los efectos directos e indirectos de los rayos, o las sobretensiones transitorias. Estos dispositivos están concebidos para ser conectados en circuitos bajo tensión alterna de 50/60 Hz, o tensión continua.

#### • Condiciones de funcionamiento

La presente norma describe los ensayos de funcionamiento para los limitadores de sobretensiones transitorias.

Se consideran tres tipos de ensayos.

El ensayo de tipo 1 se destina a simular las corrientes de choque parciales conducidas. Los limitadores de sobretensiones sometidos a ensayos de tipo 1 están, generalmente, recomendados en emplazamientos muy expuestos; por ejemplo, en líneas de edificios protegidos por un pararrayos.

Los ensayos de tipo 2 y 3 son objeto de choques de duración muy corta. Estos limitadores están, generalmente, recomendados para emplazamientos de menor exposición que los relativos a la tipo 1.

La norma internacional IEC 61643-11 establece unas condiciones de funcionamiento tanto en condiciones normales como anormales y, según éstas, se realizan los ensayos sobre los dispositivos limitadores de sobretensiones.

– Condiciones normales de funcionamiento

Las condiciones normales de funcionamiento se establecen con los siguientes parámetros:

**Frecuencia:** la frecuencia de alimentación se encuentra entre 48 Hz y 62 Hz en corriente alterna.

**Tensión:** la tensión aplicada de manera constante entre los bornes del limitador no puede superar la tensión máxima de servicio permanente.

**Altitud:** no puede superar los 2.000 m.

#### Temperatura de funcionamiento y almacenaje

– Rango normal:  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

– Rango extendido:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Humedad-humedad relativa:** para uso interior, la humedad relativa debe estar entre 30% y 90%.

– Condiciones anormales de funcionamiento: La exposición de los limitadores a condiciones anormales puede necesitar prescripciones particulares a la hora de utilizarlos y, por lo tanto, es conveniente recordárselo al usuario. Por ejemplo, limitadores exteriores expuestos a las radiaciones solares.

#### • Tipos de ensayos

Los tipos de ensayos se efectúan según unas especificaciones concretas sobre tres aparatos de muestra por serie de ensayo.

Si todos los aparatos resisten la serie de ensayos, se acepta el limitador para ésta.

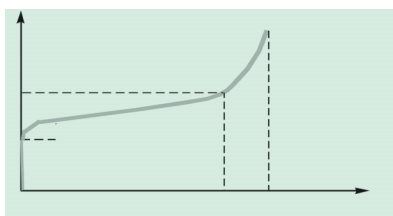


Fig. 8.1. Característica corriente-tensión de un limitador.

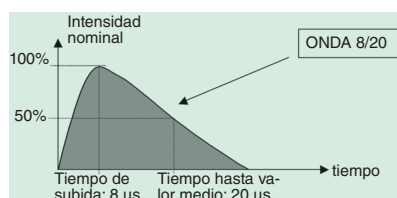


Fig. 8.2. Forma de onda 8/20.

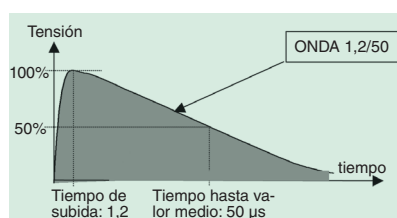


Fig. 8.3. Forma de onda 1,2/50.

Si un aparato de muestra falla, se debe realizar de nuevo la serie de ensayos para tres nuevos aparatos, pero esta vez no puede fallar ninguno de ellos. Salvo prescripciones contrarias, la norma general para los ensayos es la IEC 61180-1. El limitador debe estar instalado conforme a las instrucciones del constructor y salvo especificación, los ensayos se realizarán al aire libre con una temperatura ambiente de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

• **Ensayo de choque de corriente de tipo 1**

La corriente de ensayo  $I_{imp}$  se define por sus parámetros de cresta  $I_{cresta}$  y de carga Q.

La corriente de ensayo debe presentar los parámetros  $I_{imp}$  y Q en menos de 10 ms. Una forma de onda típica se puede realizar con unos parámetros conforme a la tabla.

Se calcula la energía específica W/R para este ensayo (fig. 8.1).

$I_{cresta}$ (kA)	Q (As) en menos de 10 ms
20	10
10	5
5	2,5
2	1
1	0,5

NOTA: según los valores de esta tabla, la relación entre  $I_{cresta}$  y Q se obtiene de la fórmula  $Q \text{ (As)} = 0,5 I_{cresta}^2 \text{ (kA)}$ .

Tabla 8.1. Energía específica.

Las tolerancias de los valores de cresta de la corriente  $I_{cresta}$  y la carga Q son las siguientes:

$I_{cresta} \pm 10\%$   
 $Q \pm 10\%$

• **Ensayo bajo corriente nominal de descarga de tipo 1 y 2**

La forma de **onda estándar es la 8/20** (fig. 8.2). Las tolerancias de la forma de onda son las siguientes:

- Valor de cresta  $\pm 10\%$ .
- Tiempo de subida  $\pm 10\%$ .
- Tiempo hasta el valor medio  $\pm 10\%$ .

Se permiten pequeñas oscilaciones si la amplitud de la oscilación no sobrepasa más de un 5% el valor de cresta. Toda inversión de la polaridad debido al paso de corriente por cero no puede sobrepasar más de un 20% el valor de cresta.

La medida de la corriente que circula por el interior del limitador se realiza con una precisión del 3%.

• **Ensayo bajo tensión de choque de tipos 1 y 2**

La forma de **onda de tensión estándar es 1,2/50** (fig. 8.3). Las tolerancias que admiten esta forma de onda son:

- Valor de cresta  $\pm 3\%$ .
- Tiempo de subida  $\pm 30\%$ .
- Tiempo hasta el valor medio  $\pm 20\%$ .

Pueden aparecer en la cresta del impulso. Si la frecuencia de estas oscilaciones es superior a 500 kHz o si la duración del desfase es inferior a  $1\text{ }\mu\text{s}$ , se debe trazar una curva media y, para la medida, se toma la amplitud máxima de esta curva como valor de cresta definida por el ensayo.

La medida de la tensión en bornes del limitador se debe efectuar con una precisión de  $\pm 3\%$ . Los dispositivos de medida deben tener un ancho de banda total de al menos 100 MHz y el desfase debe ser inferior al 3%.

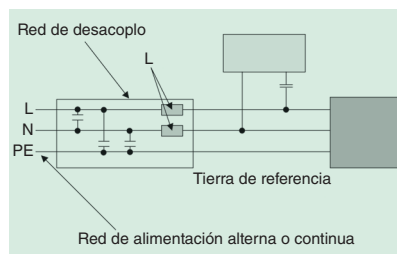


Fig. 8.4. Circuito utilizado para los ensayos.

La corriente de cortocircuito del generador utilizado para el ensayo debe ser inferior al 20% de la corriente nominal de descarga del limitador de sobretensiones que se va a ensayar.

### • Ensayo en onda combinada de tipo 3

El impulso estándar de un generador combinado se caracteriza por la tensión de salida en circuito abierto y por la corriente de salida en cortocircuito.

La tensión de salida en circuito abierto debe presentar un tiempo de subida de 1,2  $\mu$ s y un tiempo hasta el valor medio en la bajada de 50  $\mu$ s. La corriente de salida en cortocircuito debe presentar un tiempo de subida de 8  $\mu$ s y un tiempo hasta el valor medio de 2  $\mu$ s.

Las tolerancias de la tensión en circuito abierto UOC deben ser las siguientes:

- Valor de cresta  $\pm 3\%$ .
- Tiempo de subida  $\pm 30\%$ .
- Tiempo hasta valor medio  $\pm 20\%$ .

Un desfase u oscilación cercano al valor de cresta se admite si la amplitud simple de cresta es inferior al 5% del valor de cresta.

En la mayor parte de los circuitos, en las oscilaciones sobre la pendiente de la parte de subida, la tensión no sobrepasa el 90% del valor de cresta y, por tanto, tiene una influencia muy pequeña en los resultados, por lo que se puede despreciar. El impulso de tensión debe ser esencialmente unidireccional.

Las tolerancias admitidas en la corriente de impulso de cortocircuito deben ser las siguientes:

- Valor de cresta  $\pm 10\%$ .
- Tiempo de subida  $\pm 10\%$ .
- Tiempo hasta valor medio  $\pm 10\%$ .

Un desfase de corriente o de oscilación se admite si la amplitud simple de cresta es inferior al 5% del valor de cresta. Toda inversión de la polaridad, debido al paso de la corriente por cero, no debe sobrepasar el 20% del valor de cresta.

La impedancia nominal ficticia del generador debe ser de 2 W. Por definición, la impedancia ficticia es la relación entre el valor de cresta de la tensión en circuito abierto UOC y el valor de cresta de la corriente de cortocircuito ISC.

Los valores máximos de la tensión en circuito abierto UOC y la corriente de cresta de cortocircuito ISC son respectivamente 20 kV y 10 kA.

Insertando un filtro antirretorno, se determina la tensión de limitación medida de un limitador de sobretensiones (**tabla 8.2**).

	Tensión en circuito abierto $U_{oc}$	Corriente de cortocircuito $I_{sc}$
Valores de cresta	$\pm 3\%$	$U_{oc} / 2 \Omega \pm 10\%$
Tiempos de subida	$1,2 \pm 30\%$	$8 \pm 10\%$
Tiempo hasta valor medio	$50 \pm 20\%$	$20 \pm 10\%$

NOTA: esta tabla incluye los efectos de un filtro antirretorno en la red de desacoplo.  
Tabla 8.2

A continuación se presenta el esquema del circuito que se utiliza para los ensayos (**fig. 8.4**).

### 8.3 IEC 60364

En esta norma tendremos la parte cuarta y quinta que harán referencia a la instalación o necesidad de instalar un limitador de sobretensiones.

- **60364-4-443:** La IEC 60364, parte 4 (“Protección para asegurar la seguridad”), capítulo 44 (“Protección contra las sobretensiones”), sección 443 (“Protección contra las sobretensiones de origen atmosférico o por maniobras en la red”), hace referencia a la elección de los materiales de la instalación en función de su valor de tensión nominal de ensayo a los choques.
- Los materiales deben elegirse de manera que su **tensión nominal de ensayo** a los choques sea al menos igual al valor de las sobretensiones presuntas en el lugar de su instalación, como se especifica en la tabla adjunta (**tabla 8.3**).

Redes trifásicas	Tensión nominal (*)	Nivel presunto de sobretensiones transitorias (kV)				
		Redes monofásicas	Materiales en el origen de la instalación (categoría IV)	Materiales de distribución y circuitos terminales (categoría III)	Aparatos de utilización (categoría II)	Materiales específicamente protegidos (categoría I)
	230/400	230	6	4	2,5	1,5
	400/690	-	8	6	4	2,5
	1.000	-	8	6	4	2,5

(\*) Según la IEC 60038.

Tabla 8.3. Niveles de sobretensiones para diferentes materiales.

- **Los materiales de categoría IV** se utilizarían en el origen o cerca del origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución. Ejemplos de estos materiales serían los contadores eléctricos, los materiales de protección contra sobreintensidades o los dispositivos de telemedida.
- **Los materiales de categoría III** serían, por ejemplo, armarios de distribución, interruptores magnetotérmicos, canalizaciones de la instalación fija, materiales de uso industrial y otros, como motores fijos con una conexión permanente a la instalación fija.
- **Los materiales de categoría II** serían los aparatos de utilización, como pueden ser los electrodomésticos de una vivienda.
- Finalmente, **aparatos de categoría I** serían los aparatos electrónicos, muy sensibles a sobretensiones transitorias.
- **60364-5-534:** La IEC 60364, parte 5 (“Elección y uso de los materiales eléctricos”), sección 534 (“Dispositivos de protección contra las sobretensiones”), hace referencia a la elección de los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias en instalaciones de edificios.

Para cumplir esta norma, los limitadores instalados en cualquier instalación deben cumplir unos valores de  $U_c$  bien definidos en la tabla adjunta (**tabla 8.4**).

Esquemas de regímenes de neutro	TT	TN-S	TN-C	IT
Valor de $U_c$ en modo común	$\geq 1,5 U_o$	$\geq 1,1 U_o$	$\geq 1,1 U_o$	$\geq 1,732 U_o$
Valor de $U_c$ en modo diferencial	$\geq 1,1 U_o$	$\geq 1,1 U_o$		$\geq 1,1 U_o$

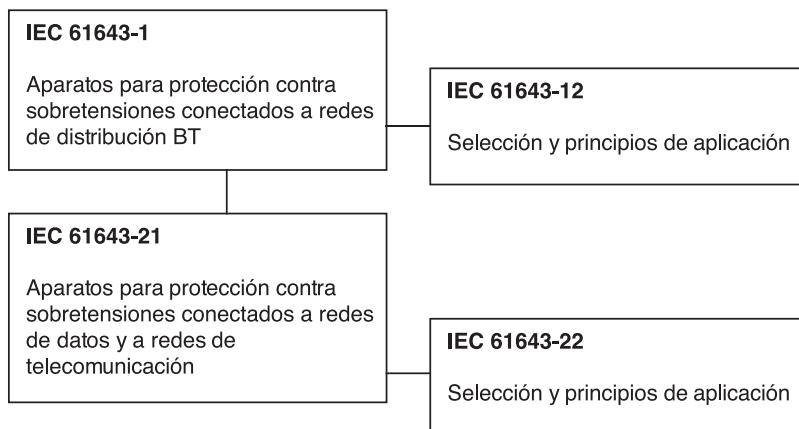
$U_o$ : Tensión simple de red entre fase y neutro (230/240 V).

$U_c$ : Tensión máxima de régimen permanente.

Tabla 8.4. Valores de  $U_c$ .

## 8. Normativa

### 8.4 Tabla resumen



# Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

<b>9</b>	<b>Regímenes de neutro</b>	9/2
	<b>Desconexión de los limitadores de sobretensiones transitorias y continuidad de servicio</b>	9/7
	<b>Reglas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias</b>	9/9



## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

### 9.1 Regímenes de neutro

En general, los limitadores, sobre todo los de cabecera, se instalan según las indicaciones de la tabla adjunta (**tabla 9.1**).

Entre	TT	TN-C	TN-S	IT
Fase y neutro	Sí (**)	-	Sí (**)	-
Fase y tierra	Sí	Sí	Sí	Sí
Neutro y tierra	Sí	-	Sí	Sí (*)

(\*) salvo en el caso en el que el neutro esté distribuido

(\*\*) opcional

Tabla 9.1. Elección de la protección en función del esquema.

La protección base consiste en realizar protección en modo común entre fase y PE o neutro y PEN, cualquiera que sea el régimen de neutro. Sin embargo, en los esquemas TT y TN-S es aconsejable instalar un limitador entre fase y neutro para obtener así una protección en modo diferencial.

#### Esquema de conexión a tierra TT: Esquema impuesto en distribución pública baja tensión

El neutro se conecta a la tierra del poste de distribución. Las masas se conectan con otra tierra llamada *tierra de masas*. La protección de las personas se realiza utilizando los dispositivos de protección de corriente diferencial residual (DDR). Estas tierras están separadas entre el poste de baja tensión y el abonado, y no son forzosamente equipotenciales. Una subida de potencial de las fases y del neutro respecto a las masas produce un efecto muy peligroso en los equipos.

En esquema TT, la puesta a tierra del neutro introduce una disimetría debida a la impedancia de las tierras, lo que hace aparecer sobretensiones en modo diferencial, aunque la sobretensión inducida por el rayo, por ejemplo, sea en modo común. Tomemos como ejemplo el esquema TT de la **fig. 9.1a**.

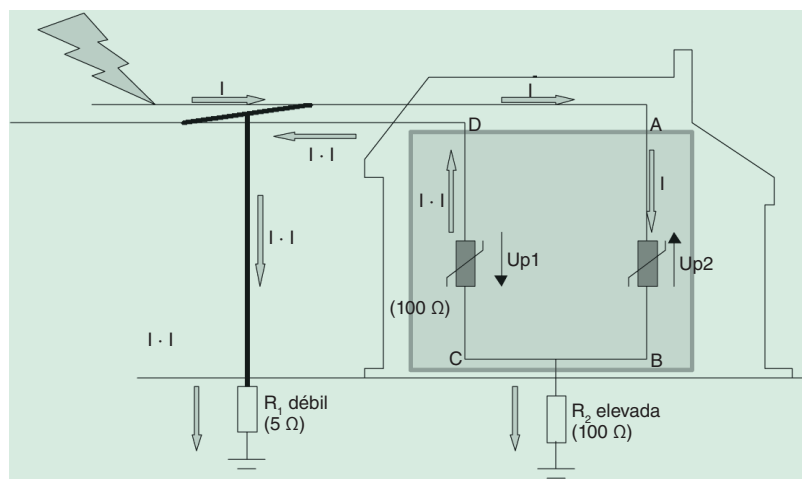


Fig. 9.1a. Protección en modo común en esquema TT.

Un limitador bipolar formado por varistores está instalado en modo común para proteger la instalación únicamente de sobretensiones en modo común. La resistencia  $R_1$  de la puesta a tierra a nivel de los postes es más débil que la resistencia  $R_2$  de la tierra de la instalación. La corriente de rayo va a realizar el circuito ABCD para evacuarse a tierra, tomando siempre el camino más fácil. Cruzará en este caso los varistores  $V_1$  y  $V_2$  en serie, apareciendo en los bornes A y D, a la entrada de la instalación, una tensión diferencial igual a dos veces la tensión residual del limitador:  $U_{\text{carga}} = U_p1 + U_p2$  en los casos más extremos.

Para que la carga no se vea afectada, será necesario instalar un nuevo varistor (**fig. 9.1b**). Ahora, el camino recorrido por la corriente de rayo sería AHGD y la tensión VAD, que ve que la carga será limitada al valor  $U_p3$ .

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

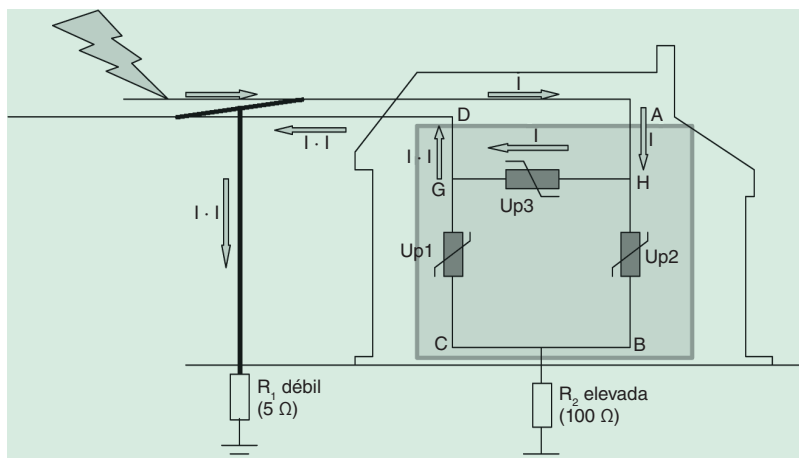


Fig. 9.1b. Protección en modo diferencial en esquema TT.

Los limitadores conectados entre fase y neutro, para realizar la protección en modo diferencial, deben tener:

- Un nivel de protección más bajo, pues los equipos electrónicos son muy sensibles a las sobretensiones en modo diferencial.

Gracias a la coordinación de tecnología (varistores + descargadores de gas) de los limitadores de sobretensiones transitorias PRD bipolares y tetrapolares, tendremos siempre una protección tanto en modo común como en modo diferencial (fig. 9.2). En el caso explicado anteriormente, tanto si la sobretensión es en modo común como diferencial, la tensión residual final será igual a  $U_p$ .

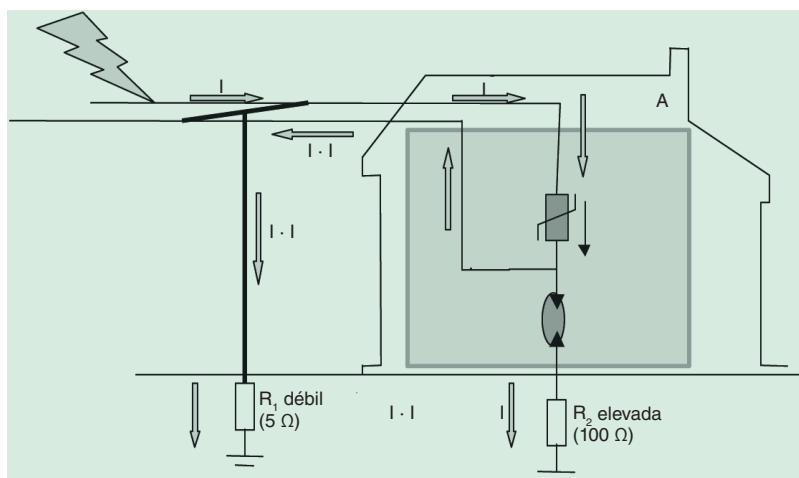


Fig. 9.2. Protección en modo común y diferencial con los nuevos limitadores PRD.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

La instalación de los nuevos limitadores de sobretensiones transitorias PRD en el régimen de neutro TT se presenta en las figuras adjuntas (**figs. 9.3a y 9.3b**).

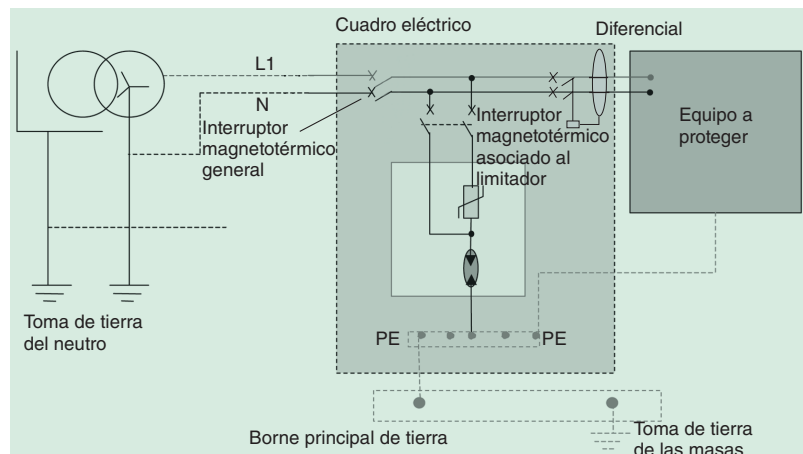


Fig. 9.3a. Instalación monofásica de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen TT.

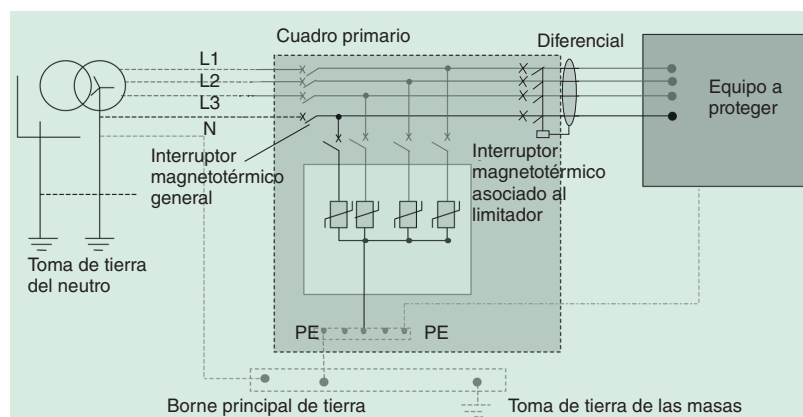


Fig. 9.3b. Instalación 3P+N de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen TT.

### Esquema de conexión a tierra TNS

En este esquema, el neutro del transformador está conectado directamente a la tierra del poste y a las masas al conductor de protección PE, teniendo en cuenta que éste y el neutro son dos conductores distintos.

Este esquema de conexión es muy similar al TT. Conviene también realizar la protección de los conductores activos respecto a la tierra (modo común) y las fases respecto al neutro (modo diferencial).

La instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en el régimen de neutro TNS se presenta en las figuras adjuntas (**9.4a y 9.4b**).

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

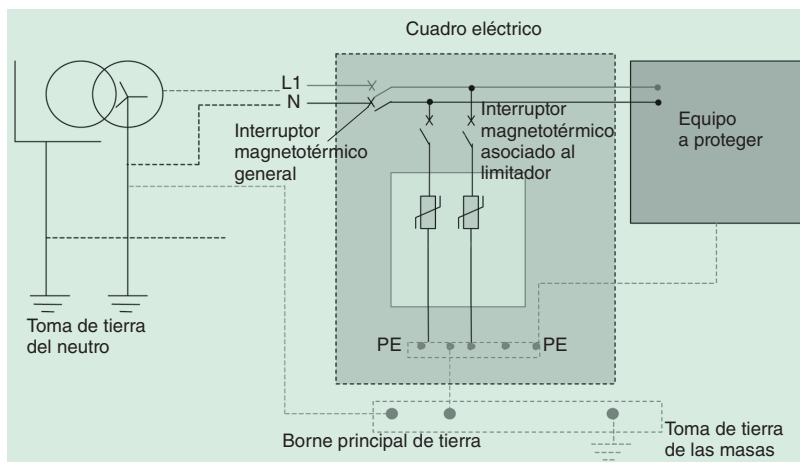


Fig. 9.4a. Instalación monofásica de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen TNS.

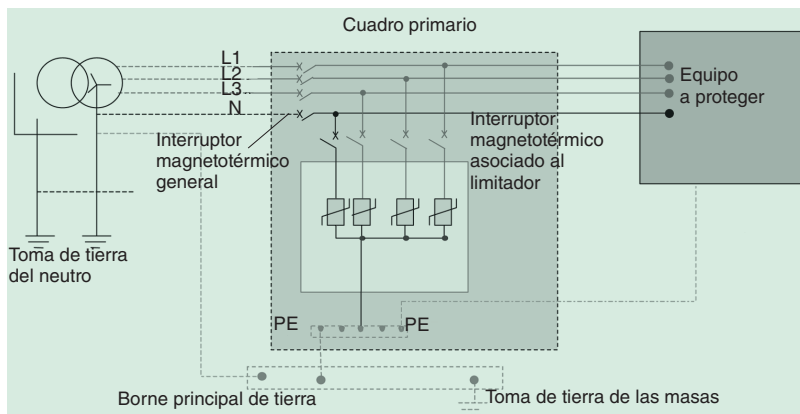


Fig. 9.4b. Instalación 3P+N de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen TNS.

### Esquema de conexión a tierra TNC

En este esquema, el neutro del transformador se conecta directamente a la tierra del poste del distribuidor y las masas están relacionadas a un conductor que es a la vez conductor de protección y de neutro (PEN), de aquí el nombre de TNC. Se establece una relación equipotencial entre todos los aparatos y se refuerza regularmente el PEN con la tierra de manera que sea imposible una subida de potencial del neutro por la tierra.

La protección mediante limitador de sobretensiones transitorias únicamente es útil entre las fases y el PEN. En este caso, no necesitaremos el descargador de gas entre neutro y tierra. Se instalaría aquí el nuevo PRD tripolar formado por tres varistores, uno para cada fase.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

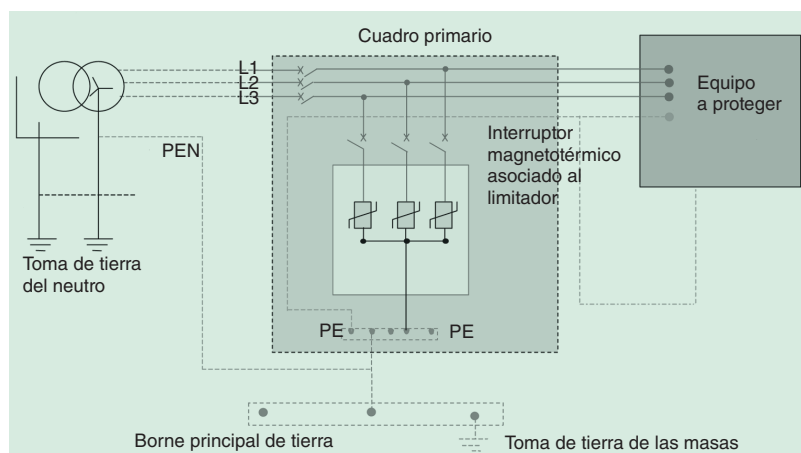


Fig. 9.5. Instalación trifásica de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen TNC.

### Esquema de conexión a tierra IT

El neutro del transformador está aislado o eventualmente conectado a tierra por una impedancia para fijar el potencial de red y disminuir el nivel de sobretensiones de modo común. Las masas están conectadas también a tierra.

Los limitadores de sobretensiones transitorias se colocan entre fases y tierra, y entre neutro y tierra. Si el neutro está distribuido, es obligatorio un limitador suplementario.

En resumen, para la instalación de un limitador escogeremos:

- En esquemas de conexión a tierra TT y TNS, se necesitará una protección en modo común y en modo diferencial y, por lo tanto, con un limitador PRD bipolar para monofásica o un PRD tetrapolar para trifásica ya aseguramos una máxima protección.
- En esquemas de conexión a tierra IT y TNC, se necesitará únicamente una protección en modo común.

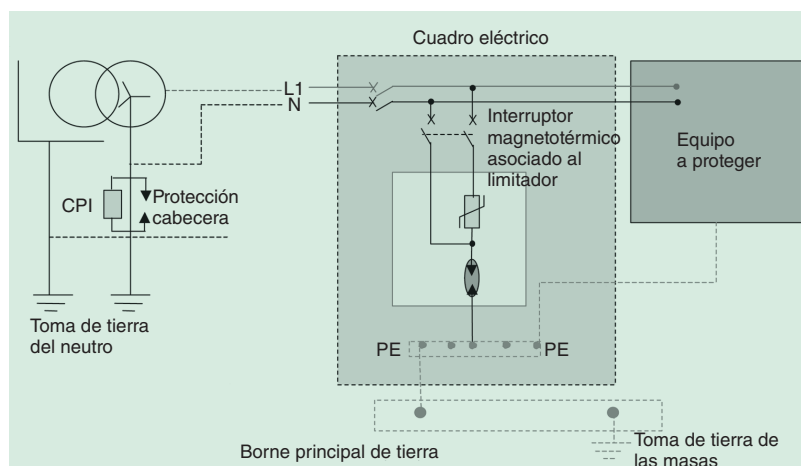


Fig. 9.6a. Instalación monofásica de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen IT.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

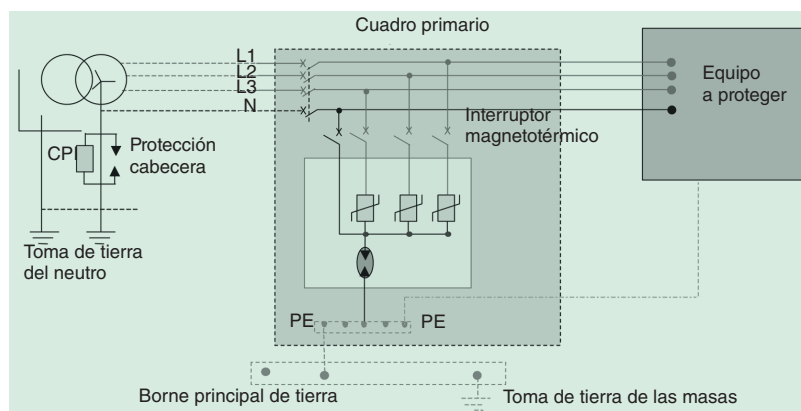


Fig. 9.6b. Instalación 3P+N de los nuevos limitadores Merlin Gerin en régimen IT.

### 9.2 Desconexión de los limitadores de sobretensiones transitorias y continuidad de servicio

Los limitadores de sobretensiones transitorias pueden llegar al fin de su vida de dos maneras distintas:

- Por **envejecimiento** debido a sucesivas descargas, en cuyo caso se realizará una protección interna.
- Por una **descarga de rayo superior** a la intensidad máxima del limitador, en cuyo caso la protección será externa (interruptor automático de desconexión).

#### Protección contra el envejecimiento

Los limitadores compuestos de varistores se caracterizan por una corriente de fuga a tierra muy pequeña (típicamente inferior a 800  $\mu$ A). Estando contruidos a base de semiconductores, su corriente de fuga aumenta muy ligeramente a cada sobreten-sión transitoria que limitan. Esto comporta un calentamiento continuo y, a la larga, un envejecimiento de los componentes por desgaste térmico (los varistores modernos no envejecen con tanta rapidez como lo hacían los antiguos). Para evitar calenta-mientos excesivos de los varistores, lo que conduce a un calentamiento excesivo del limitador y provoca la destrucción de éste, la norma impone el empleo de una protección térmica para desconectar el componente antes de que la temperatura sea peligrosa. Este sistema de desconexión térmica interno o externo colocará fuera de servicio el limitador cuando se llegue al sobrecalentamiento máximo admisible (alrededor de los 94 °C).

Los limitadores de sobretensiones transitorias de baja tensión existentes en el mercado contienen todos un sistema de desconexión térmica interno.

Este sistema está formado, en la mayoría de los casos, por un bimetal situado entre el varistor y la tierra que a temperaturas excesivas (alrededor de unos 94 °C) partirá eliminando así la fuga a tierra y, por lo tanto, el calentamiento del varistor y del limitador en cuestión.

En la mayoría de los limitadores, este sistema de desconexión está conectado a un sistema de señalización visual formado por un indicador óptico (ventana de señalización) que cambiará de color en caso de rotura del bimetal (**fig. 9.8a**).

En funcionamiento normal, la señalización está de color blanco. Cuando se produce la rotura del bimetal, la señalización cambiará a rojo. De esta manera se avisa de que el limitador ya no está limitando las sobretensiones, pues no existe descarga a tierra.

Existe también una gran cantidad de limitadores que poseen, además, un sistema de señalización de fin de vida a distancia. En el caso de que el sistema esté incorpo-rado en el propio limitador, dicho sistema no es más que un mecanismo conectado al bimetal que conmutará en caso de su rotura avisando, así, a distancia de que el limitador ha llegado al fin de su vida.

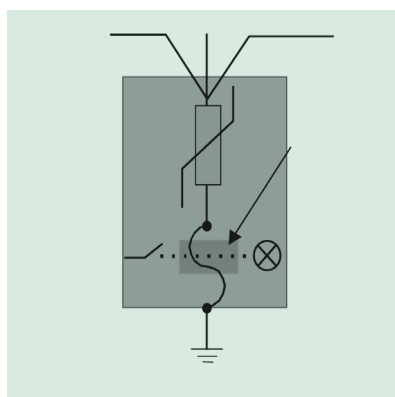


Fig. 9.7. Sistema de desconexión térmica por bimetal.

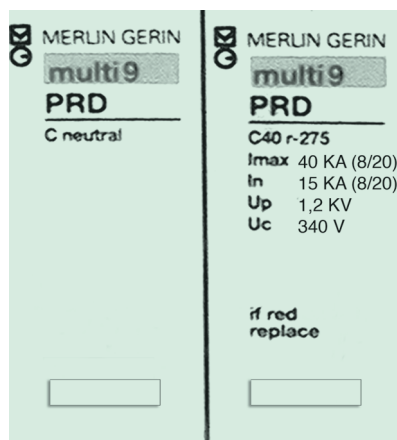


Fig. 9.8a. Señalización visual del fin de vida de un limitador.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

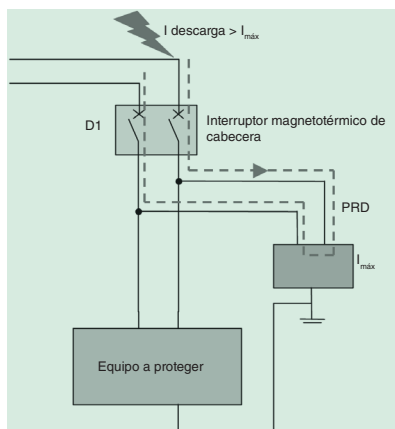


Fig. 9.9a. Destrucción del limitador por corriente de rayo  $> I_{m\acute{a}x}$ .

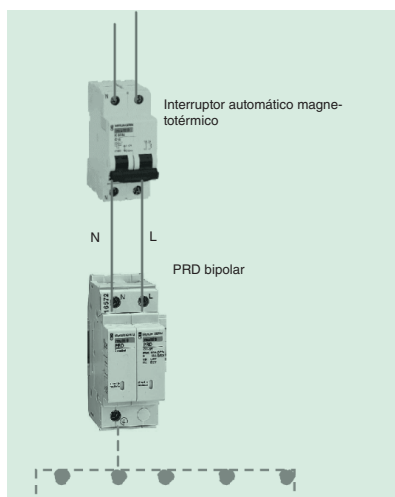


Fig. 9.9b.

Los limitadores de sobretensiones transitorias PRD de Merlin Gerin poseen un sistema de señalización visual del estado del limitador. Además, la gama PRD posee una serie de limitadores PRDr con señalización visual y a distancia de fin de vida del limitador.

### Destrucción del limitador de sobretensiones transitorias por una descarga de corriente de rayo

Todos los limitadores integran según normativa un desconectador térmico interno para la protección frente a su envejecimiento progresivo, no protegiendo al limitador frente a un posible fin de vida brusco. Por ello, y según el REBT, todo limitador debe estar protegido adicionalmente con su correspondiente interruptor automático, instalado inmediatamente aguas arriba del limitador.

Un varistor se define por una corriente  $I_{m\acute{a}x}$  (onda 8/20 ms), valor máximo que puede soportar sin degradarse. Si este valor se sobrepasa, el limitador actuará de manera correcta limitando esta sobretensión, pero se destruirá (debido a que la intensidad de descarga es superior a su intensidad máxima) y se creará un cortocircuito.

Éste se detectará mediante un interruptor magnetotérmico aguas arriba del limitador que abrirá bajo defecto. Hasta que el limitador de sobretensiones no se reemplace no se podrá cerrar el interruptor, pues el defecto Icc subsiste. En la figura adjunta, si D1 (interruptor magnetotérmico de cabecera) dispara, toda la instalación quedará sin servicio y, por lo tanto, las pérdidas económicas podrían ser muy elevadas. Hasta que no cambiemos el limitador no podremos rearmar el sistema.

Para evitar que este fenómeno ocurra, se utilizará un interruptor magneto-térmico que dispare antes que el interruptor de cabecera y, así, se aislará la red del limitador del resto de la instalación. Una vez que el limitador se cortocircuite, el interruptor aguas arriba desconectará el sistema, permitiendo así una continuidad de servicio en nuestra instalación. Lo ideal sería asegurar una selectividad entre los aparatos.

La elección de un interruptor automático puede realizarse siguiendo la tabla 9.2, teniendo en cuenta, además, fenómenos de selectividad y filiación respecto a las otras protecciones.

$I_{m\acute{a}x}$	Curva	Calibre
65 kA	C	50 A
40 kA	C	40 A
20 kA	C	25 A
8 kA	C	20A

Tabla 9.2. Elección del interruptor magnetotérmico

La elección del poder de corte del magnetotérmico irá en función de la intensidad de cortocircuito de la instalación.

Por otro lado, un descargador de gas se destruye, en la mayoría de los casos, en circuito abierto, es decir, al sobrepasar la intensidad impulsional, el dispositivo se destruye evitando que la corriente circule a través de él.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

### 9.3 Reglas de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

Los limitadores poseen diferentes reglas de conexionado para asegurar, así, una máxima protección de las instalaciones.

#### Instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros: reglas de cableado

##### Regla 1: regla de los 50 cm

Como se ha comentado en el apartado anterior, para proteger los equipos, una de las características esenciales es el nivel de tensión máxima que pueden soportar en sus bornes. Se escogerá un limitador en función del nivel de protección ( $U_p$ ) adaptado al equipo.

La tensión residual  $U_{\text{equipo}}$  en bornes del receptor que se debe proteger, como indica la **figura 9.12**, será la suma de la tensión  $U_p$  del limitador (dada en los catálogos) y la de las tensiones debidas a los efectos inductivos y resistivos de los cables ( $U_1 + U_3$ ).

En término de características, es únicamente  $U_p$  la que aparece en bornes del limitador de sobretensiones, pues las tensiones  $U_1$  y  $U_3$  son despreciables debido a su gran debilidad. Sin embargo, al aparecer una sobretensión, estas dos tensiones pueden ser elevadas en función de la distancia de los cables  $L_1$  y  $L_3$ .

Para un cable se define:

- Tensión resistiva:  $U = Ri$ .
- Tensión inductiva:  $E = -l di/dt$ .

Esta tensión inductiva será tan rápida como lo sea la variación de la corriente, fenómeno que se produce precisamente en el caso de las ondas de corriente de tipo  $8/20 \mu s$ , pues la corriente transitoria alcanza valores de kA en algunos microsegundos ( $\mu s$ ). Un cálculo rápido pone en evidencia la extrema influencia de la longitud de estos cables de conexión en el valor de estas tensiones ( $U_1$  y  $U_3$ ).

Para un cable de inductancia  $1 \mu H/m$  que está sometido a una corriente impulsional de valor de cresta de 8 kA en onda  $8/20 \mu s$ , implica una tensión de cresta por metro de:

$$DU = 1 \cdot 10^{-6} \times \frac{8.000}{8 \cdot 10^{-6}} = 1.000 \text{ V/m}$$

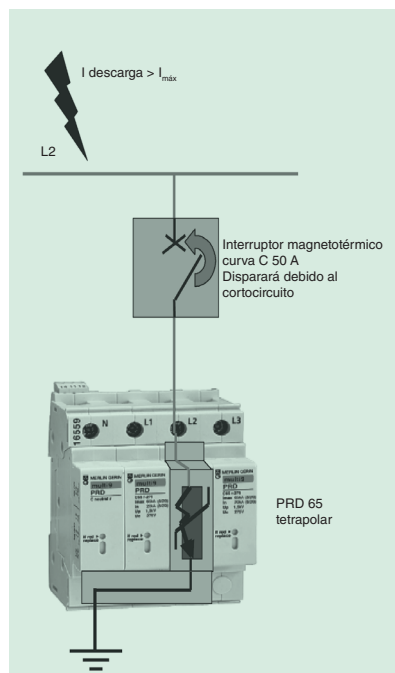


Fig. 9.10. Fin de vida de un solo cartucho debido a una corriente de descarga  $> I_{\text{máx}}$ .

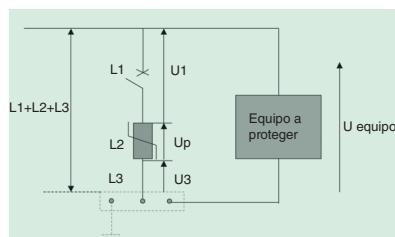


Fig. 9.12. Regla de las distancias lo más cortas posibles.

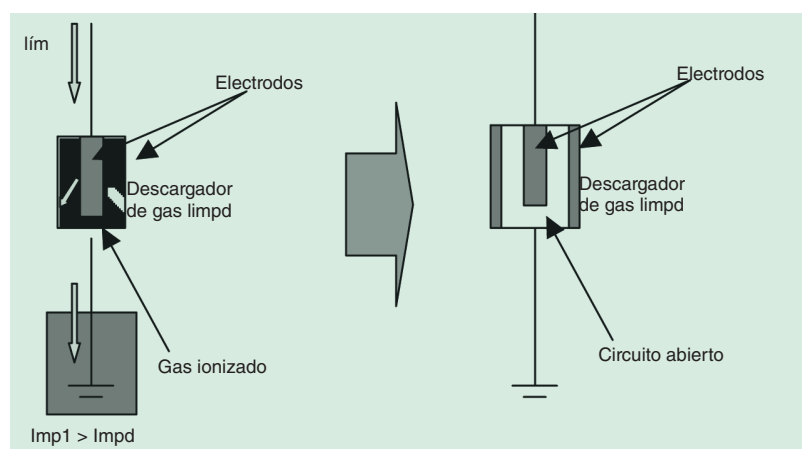


Fig. 9.11. Fin de vida de un descargador de gas por corriente de rayo excesiva.



## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

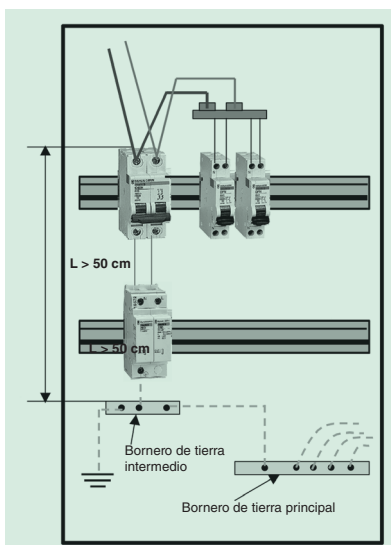


Fig. 9.13. Regla 1.

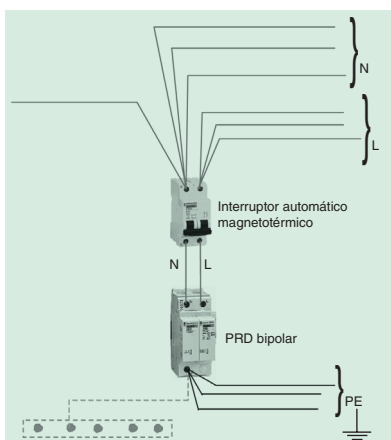


Fig. 9.14. Regla 2.

Bajo estas condiciones se observa un problema grave, pues se alcanzan rápidamente los límites dieléctricos de los cables, del cuadro y sobre todo del receptor, que no estará protegido correctamente.

A modo de ejemplo, si  $L1 + L2 + L3 = 50$  cm, una corriente transitoria de 8 kA en onda 8/20  $\mu$ s provocará 500 V de sobretensión. De esta manera, un equipo que aguante 1.500 V (tensión máxima) y se proteja con un limitador de  $U_p = 1.500$  V para una  $I_n$  de 8 kA, cuando pase esta corriente, el equipo verá en realidad una tensión transitoria de 2.000 V (1.500 de  $U_p$  y 500 de sobretensión inducida por el cable), con lo cual no estará protegido correctamente.

Para solucionar este problema, tendremos que escoger un limitador con una  $U_p$  menor o disminuir al máximo las distancias  $L1$ ,  $L2$  y  $L3$ . La primera regla que hay que respetar es la de no sobrepasar los 50 cm para la conexión del limitador con el interruptor magnetotérmico asociado, pues si esta distancia es inferior a 50 cm, este efecto se reduce considerablemente (**fig. 9.13**).

### Regla 2

Las salidas de los conductores protegidos se deben tomar en los bornes del limitador y del interruptor de desconexión (**fig. 9.14**).

### Regla 3

Los cables de llegada fase, neutro y tierra se han de juntar para reducir la superficie del bucle.

### Regla 4

Para evitar mezclar los cables perturbados de los protegidos se han de separar los cables de llegada al limitador de los de salida.

### Regla 5

Los cables deben colocarse lo más cerca posible de la estructura metálica del cofre para minimizar así los bucles de masas y beneficiarse de un efecto reductor de las perturbaciones.

### Regla 6

La tierra de todos los receptores de la instalación debe estar conectada al borneo de tierra del limitador.

Cuando un rayo directo cae sobre una protección primaria, ésta lo captará, lo derivará a tierra y lo dispersará por el suelo. Mediante esta acción lo que se está provocando es un gran aumento del potencial de tierra. Este fenómeno puede inducir sobretensiones en los cables subterráneos o, simplemente, entrar por la tierra de los receptores. En el primer caso, el limitador actuará correctamente. En el segundo, es obligatorio que la tierra de estos receptores esté conectada al borneo de tierra del limitador, ya que si no, este aumento de potencial no se verá limitado por el limitador.

### Instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias en cascada

La coordinación de limitadores consiste en la instalación de varios de ellos en paralelo en una misma instalación para asegurar una máxima protección de los receptores.

Esta coordinación tendrá que ser realizada cuando se produzcan unas ciertas condiciones que se verán a continuación.

### Regla 7: regla de la $U_p$ (nivel de protección)

El nivel de protección  $U_p$  es el valor de tensión admisible por los equipos que se desean proteger sin que se vean dañados. La regla principal que debe tenerse en cuenta al incorporar un sistema de limitación contra sobretensiones transitorias, es que el nivel de protección no debe ser nunca mayor que la tensión impulsional máxima que son capaces de aguantar las cargas que se desea proteger (**tabla 9.3**).

Para suplir esta problemática, es necesario realizar una protección integral de las instalaciones, es decir, utilizar dos o más limitadores de manera que se consiga disminuir el valor de tensión residual ( $U_r$ ). Este fenómeno es muy habitual en instalaciones que tienen varios cuadros, uno de cabecera y algunos secundarios.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

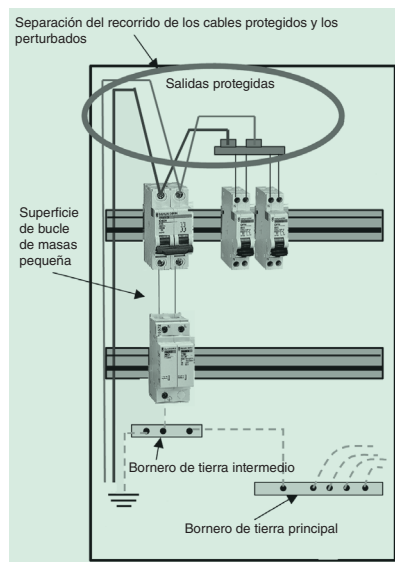
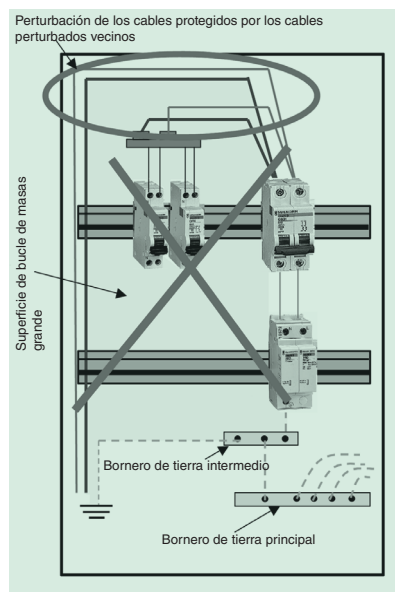


Fig. 9.15. Regla 3.

Nivel de protección de los materiales (kV)			
Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Aparato electrónico	Electrodomésticos	Aparato industrial	Material en el origen de la instalación (contador eléctrico)
1,5	2,5	4	6

Tabla 9.3. Nivel de protección  $U_p$  de los materiales.

En el cuadro de cabecera se instala con un limitador de sobretensiones de gran capacidad (por ejemplo, 65 kA en onda 8/20 ms, según norma internacional), pero de  $U_p$  elevada. Su papel es el de evacuar el máximo de energía a tierra con un nivel de protección soportable por los equipos electrotécnicos (contactores, motores...). En los cuadros secundarios se utilizan limitadores de capacidad menor (40, 20, 8 kA, según la aparatamenta que se deba proteger), y de  $U_p$  mucho menor.

### Regla 8: regla de los 30 m

Si la distancia de cable entre un limitador situado en un cuadro principal y los receptores es superior a 30 m, se deberá instalar un segundo limitador. Éste tendrá siempre unas características inferiores al de cabecera.

Cuando se tiene una longitud del cable igual a  $\lambda/2$  (o múltiplos de este valor), el cable que actuará como una antena a su frecuencia específica ( $\lambda = C/f$ ) captará el campo magnético creado por el rayo, lo que provocará un aumento de la tensión entre el limitador de cabecera y los receptores a proteger. Por lo tanto, es probable que, para unas distancias de cable entre limitadores y receptores definidas, la tensión residual  $U_p$  que limita el limitador sea superior a la que soportan los receptores y, por lo tanto, la protección realizada por el limitador no sea suficiente.

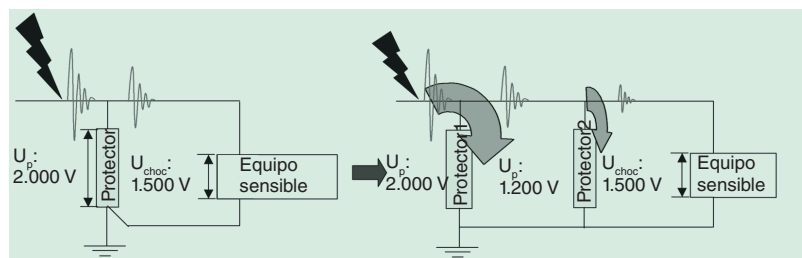


Fig. 9.16. Instalación de limitadores en cascada según el valor de  $U_p$  de los receptores.

### Explicuemos rápidamente el fenómeno:

Un evento de muy corta duración en el tiempo se transformará en uno de muy larga duración en el dominio de la frecuencia. Se sabe que un relámpago es un evento de muy corta duración, por lo tanto, el espectro de frecuencias será bastante ancho. Utilizando el espectro de frecuencias de un rayo, se puede obtener la intensidad del campo eléctrico en V/m. En la tabla adjunta, se presenta el campo eléctrico creado por un rayo de 100 kA (onda 0,5/30 ms) medida a 100 m de distancia (tabla 9.4).

Centro de frecuencia	Rango de frecuencia	Valor del campo eléctrico (dB $\mu$ V/m)
10 kHz	1-32 kHz	214
100 kHz	32-320 kHz	205
1 MHz	0,32-1,7 kHz	208
3 MHz	1,7-5,8 MHz	194
10 MHz	5,6-17 MHz	184
30 MHz	17-58 MHz	174
100 MHz	58-170 MHz	164
300 MHz	170-580 MHz	154
1 GHz	0,58-1,76 GHz	144
3 GHz	1,7-5,8 GHz	134

Tabla 9.4. Campo eléctrico creado por un rayo de 100 kA a 100 m de distancia.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

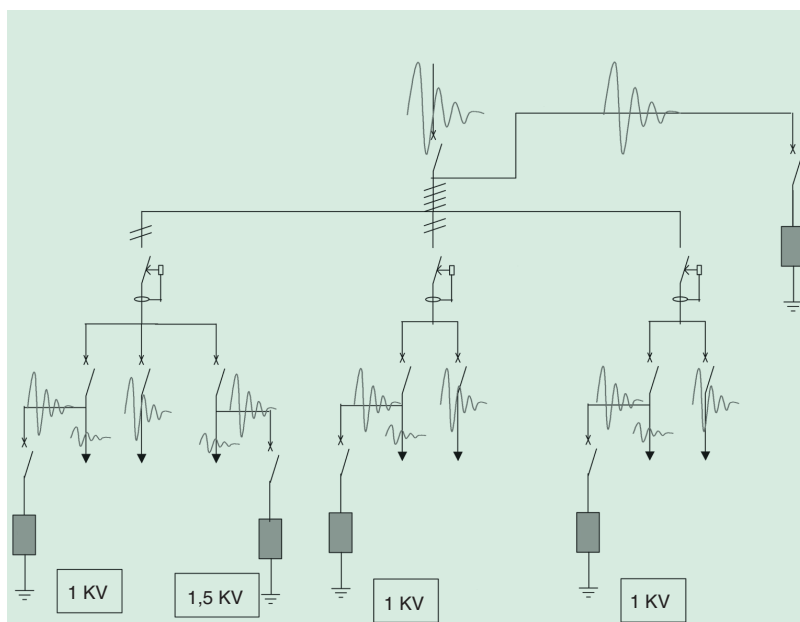


Fig. 9.17. Ejemplo de coordinación de varios limitadores en una instalación eléctrica.

Como podemos observar, el espectro de energía es realmente elevado. Ahora procederemos a cuantificar los valores en términos de V/m. Según fórmula, tenemos que

$$\frac{\text{dBmV}}{\text{m}} = 20 \log \frac{V}{1} \text{ mV}$$

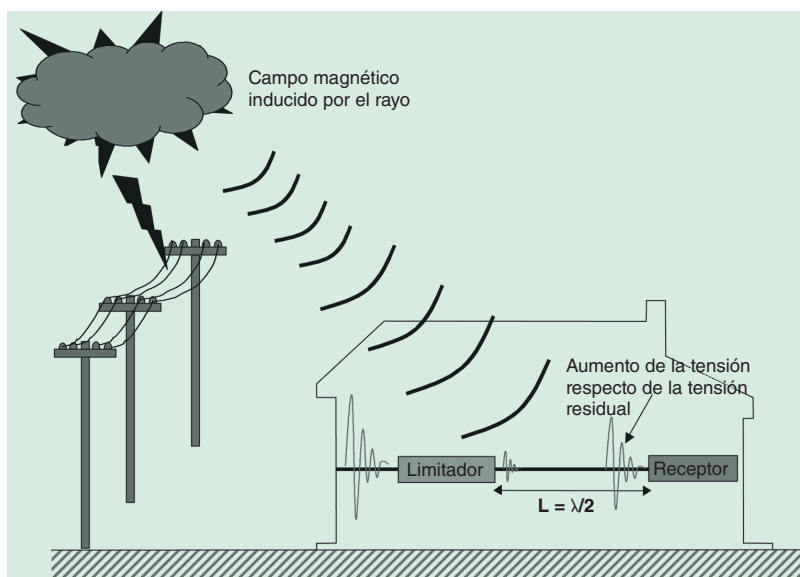


Fig. 9.18. Explicación del fenómeno que justifica la regla de los 30 m.

Por ejemplo, 200 dBmV/m es equivalente a un campo eléctrico de 10.000 V/m y 144 dBmV/m será equivalente a 15,8 V/m. Si consideramos el cable con una longitud igual a  $\lambda/2$ , la conclusión del efecto antena y el campo eléctrico generado por el rayo es:

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

- Los cables de longitud elevada se ven afectados por bajas frecuencias:

$$\frac{L \uparrow \rightarrow \lambda}{2 \uparrow} = f \downarrow$$

- El campo eléctrico es elevado para bajas frecuencias.

*Ejemplo:*

Un cable de 30 m de distancia se verá afectado por ondas de  $\lambda/2 = 30$  m, por lo tanto,  $\lambda = 60$  m.

La frecuencia será igual a:

$$C/\lambda = 3 \times 10^8/60 = 5,4 \text{ MHz.}$$

Mediante la tabla anterior (recordemos que esta tabla es para un rayo de 100 kA y medido a 100 m de distancia de la caída del rayo), obtendremos un campo eléctrico de entre 194 y 184 dBmV/m, lo que equivale entre 5.000 V/m y 1.500 V/m. La tensión soportada por los receptores situados a 30 m o más será, por lo tanto, superior a la tensión residual limitada por el limitador situado en cabecera. El limitador, que actuará de manera correcta limitando la sobretensión, no estará garantizando una total protección de estos receptores. Cabe recordar que todos los receptores situados a distancias inferiores a 30 m no se verán afectados por el efecto antena y, por lo tanto, estarán protegidos por el limitador de cabecera.

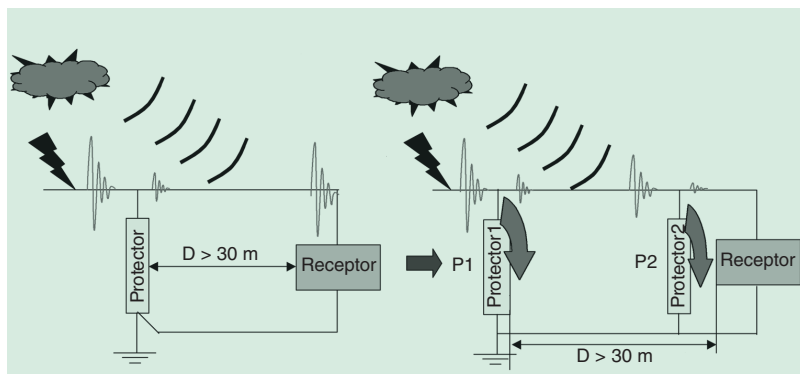


Fig. 9.19. Regla de los 30 m.

Sin embargo, los receptores situados a distancias superiores a 30 m del cuadro principal y, por lo tanto, del limitador de cabecera, no estarán totalmente protegidos. Para realizar una máxima protección de estos receptores, será obligatoria la instalación, en un cuadro secundario, de un segundo limitador. Éste se encargará de reducir al máximo la sobretensión y el posible efecto antena.

### Instalación de un limitador tipo 1 y un limitador tipo 2

En el apartado anterior se han explicado los distintos tipos de ensayos que existen. Un limitador que cumpla el ensayo en onda 10/350  $\mu$ s diremos que es un limitador tipo 1, mientras que el que cumpla el ensayo 8/20  $\mu$ s, será un limitador tipo 2. Normalmente, los limitadores tipo 1, llamados también descargadores de rayo, están formados por descargadores de aire (ver capítulo 7). Este tipo de descargadores se utilizan para limitar la caída directa del rayo.

En ciertas instalaciones, donde el riesgo de caída de rayos es muy elevado (principalmente en edificios con pararrayos, cuadros de telefonía, repetidores de televisión, etc., situados en zonas montañosas) y el material es muy sensible, es aconsejable instalar un descargador de rayos que limite la posible caída directa del rayo.

Estos descargadores de rayos, aunque muy efectivos frente a la caída de rayos directa, tienen una desventaja frente a los limitadores tipo 2

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

- Los descargadores de aire, al igual que los de gas, deben cebarse antes de derivar la sobretensión a tierra. Normalmente, la tensión de cebado es del orden de 3-4 kV. Así, aquellas sobretensiones inferiores a 3-4 kV afectarán directamente a los receptores. Para evitar este problema **es necesario instalar en paralelo, junto al limitador t 1, uno de tipo 2** que nos limite estas sobretensiones que no derivará el primer limitador.

Por lo tanto, en este caso, la coordinación de limitadores se realizará entre un descargador de rayos tipo 1 y un limitador de sobretensiones tipo 2. Es importante volver a recordar que este tipo de coordinación solamente será necesaria en cuadros situados en zonas donde el peligro de caída de rayos sea muy elevado, al igual que la posible intensidad de caída de rayos.

### • Regla 9: regla de los 10 m

Cuando realicemos coordinación de limitadores, el primero se situará en cabecera y su papel será el de evacuar o derivar el máximo de energía a tierra con un nivel de protección elevado. En el caso de la coordinación de dos limitadores tipo 2, es muy común la instalación del primero en un cuadro de cabecera y la del segundo en cuadros secundarios. Normalmente, la distancia entre estos dos cuadros suele ser superior a 10 m.

Sin embargo, puede ocurrir que ambos estén situados dentro de un mismo cuadro de cabecera o bien la distancia entre ellos sea inferior a 10 m.

Si la distancia  $L$  es corta, a la llegada de la sobretensión, existe un riesgo de que el limitador 2 se cebe antes que el limitador 1 y que el segundo aguante toda la energía. Es necesario, pues, coordinar las protecciones de manera que el limitador 1 se cebe antes que el limitador 2. Para esto, se jugará con la longitud  $L$  del cable, que separa los dos limitadores y el valor de la inductancia entre las dos protecciones. Esta inductancia se opone al paso de corriente hacia el limitador 2 y aportará un cierto retraso, lo que obligará al limitador 1 a funcionar antes que el limitador 2.

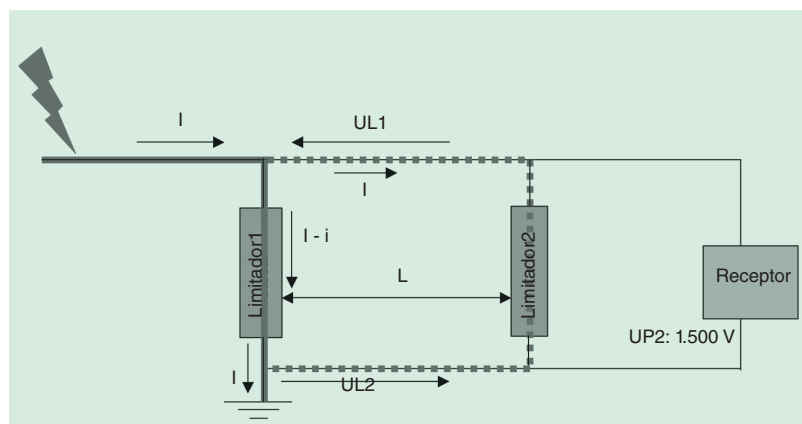


Fig. 9.20. Regla de los 10 m.

Un metro de cable tiene una inductancia de aproximadamente 1 mH. La regla  $dU = L di/dt$  da una caída de tensión alrededor de 100 V/m/kA en onda 8/20  $\mu s$ . Suponiendo que una longitud  $L$  crea una tensión inductiva de 100 V/m de cable, para 10 m de cable, se obtiene una tensión  $U1$  y  $U3$  de 1.000 V.

Si las características de los limitadores de sobretensiones son (**fig. 9.20**):

limitador 1: tensión de cebado 2,5 kV,

limitador 2: tensión de cebado 1,5 kV,

para que el limitador 2 se cebe, es necesario que exista una tensión de 1,5 kV en sus bornes. Se producirá entonces en bornes del limitador 1 una tensión de 1.000 + 1.000 V y una tensión entre la línea y tierra de 1.000 + 1.000 + 1.500 V = 3,5 kV.

Este valor de 3,5 kV es superior a la tensión de cebado de 2,5 kV. Por tanto, el limitador 1 se cebará antes que el limitador 2 vea esta tensión y jugará su función de disipar energía y desviar la sobrecorriente a tierra.

## 9. Reglas generales de instalación de los limitadores de sobretensiones transitorias

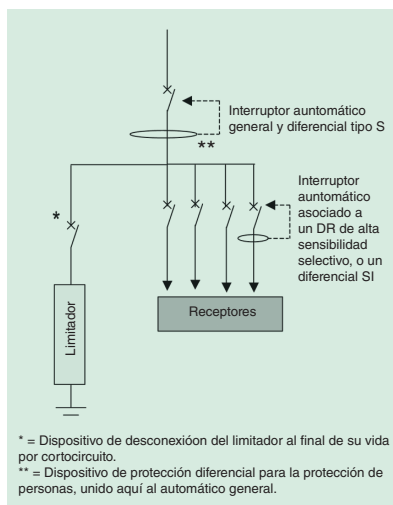


Fig. 9.21. Montaje aconsejado que permite una selectividad y evita disparos intempestivos.

El limitador 2 se convierte, en este ejemplo, en una protección suplementaria en caso de que la tensión residual en bornes del limitador 1 sobrepase el valor de 3,5 kV. Bajo estas circunstancias, la tensión de cebado del limitador 2 se sobrepasa y éste actúa dejando pasar una onda de corriente más débil que la que circula por el limitador 1. Por lo tanto, siempre que se desee realizar coordinación de limitadores es muy aconsejable que la **distancia** entre éstos sea **superior a 10 m**.

Sin embargo, gracias a la nueva tecnología de los limitadores PRF1, la coordinación de un limitador tipo 1 y otro tipo 2 es totalmente factible en el mismo cuadro de cabecera o bien si la distancia entre ellos es inferior a 10 m, pues el limitador tipo 1 (descargador de rayos) protegerá a la instalación de la posible caída directa de rayos, mientras que se requiere de un segundo limitador tipo 2 que protege a la instalación de aquellas sobretensiones inferiores o inducidas (en cuyo caso, el limitador de tipo 1 no actuaría) que siguen siendo peligrosas para los aparatos. Obviamente, si se pretende realizar una máxima protección en la instalación, se recomienda instalar en cuadros secundarios un tercer limitador en cascada.

### • Coexistencia de dispositivos diferenciales residuales y limitadores de sobretensiones

Una instalación eléctrica, además de la protección contra sobretensiones transitorias, debe tener la protección contra fugas a tierra por contactos directos o indirectos con la red eléctrica. Los dispositivos encargados de realizar esta protección son los DDR (dispositivos diferenciales residuales).

En las instalaciones equipadas con un DDR en su origen, el limitador contra sobretensiones se colocará aguas arriba del DDR (entre el interruptor general y el propio diferencial).

En caso de instalarse aguas abajo del diferencial, éste deberá ser selectivo de tipo S (o retardado) (**fig. 9.21**).

Entonces, es necesario prever un diferencial temporizado selectivo o los diferenciales superinmunizados, para que la derivación de corriente a través del limitador no provoque disparos intempestivos.



# Elección del limitador de sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

10

Introducción  
Principio general  
Guía de elección  
Ejemplos de elección

10/2  
10/2  
10/3  
10/4



## 10. Elección del limitador de sobretensiones transitorias

### 10.1 Introducción

Para determinar la necesidad de proteger una instalación eléctrica contra los riesgos de sobretensiones transitorias, se tienen en cuenta, por un lado, los criterios propios del lugar y, por otro, las características de los receptores que se encuentran en el interior de la instalación que se debe proteger.

### 10.2 Principio general

Los elementos que se tienen que considerar para la evaluación de los riesgos son:

- **La probabilidad de caída de rayos en la zona**

Para evaluar el riesgo de la instalación en función de su ubicación geográfica, el medio más utilizado es el mapa de densidad de caída de rayos (ver mapa de densidad de caída de rayos adjunto).

Mediante el mapa de densidad de caída de rayos podemos evaluar la probabilidad de caída de rayos en nuestra instalación en función de la provincia en que se encuentre.

En el caso que la instalación se encuentre en un lugar elevado (sobre una montaña, colina o promontorio), como criterio de seguridad, se deberá escoger un nivel superior al asignado para esa provincia.

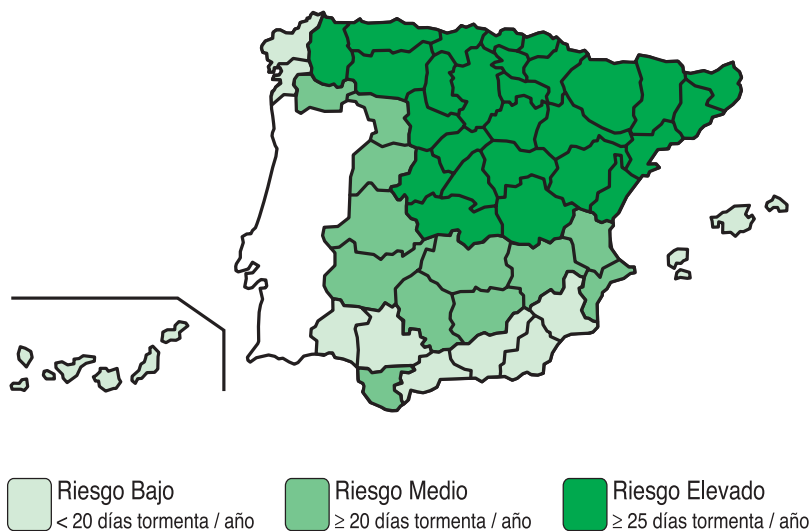


Fig. 10.1. Mapa de densidad de caída de rayos.

- **Naturaleza de la red**

Schneider Electric posee una amplia gama de limitadores para la protección de redes de distribución eléctrica. En primer lugar, tiene descargadores de rayos tipo 1 capaces de descargar a tierra la caída directa del rayo en nuestra instalación. Se trata de los limitadores para protección hasta PRF1.

Para la protección media, Schneider Electric cuenta con una amplia gama de limitadores desenchufables PRD tipo 2 de diferentes intensidades máximas.

Para obtener una máxima protección de las redes de distribución eléctrica se realizará la coordinación de limitadores tipo 1 y 2.

Para la protección de redes de comunicación existe una gama de limitadores PRC y PRI. Los PRC se usarán en la protección de líneas telefónicas analógicas, y se reservará la gama PRI para líneas digitales, redes de transmisión de datos, informáticas y automatismos.

# 10. Elección del limitador de sobretensiones transitorias



Fig. 10.2a. Limitadores tipo 1 y tipo 2 para redes de distribución eléctrica.

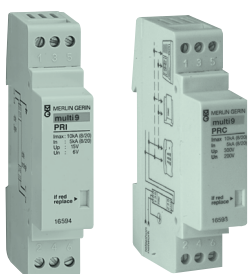


Fig. 10.2b. Limitadores para redes de comunicación.

• **Presencia o no de pararrayos**

Cuando nuestra instalación se sitúe cerca de un pararrayos tendremos la certeza de que un rayo no caerá directamente en nuestra instalación, pero debido al gran aumento del potencial de tierra que se creará, se tendrá que proteger de manera efectiva la instalación (ver capítulo 3).

• **El coste y sensibilidad de los materiales**

El nivel de protección  $U_p$  va ligado estrechamente al coste y sensibilidad de los materiales. Cuanto más sensible sea un aparato y mayor coste tenga, mayor protección tendrá que recibir.

• **El coste de la inoperatividad del equipo**

Es muy importante tener en cuenta cuáles serán las consecuencias económicas que resultarán cuando un material quede destruido e inutilizable debido a una sobretensión transitoria.

• **Sobretensiones de maniobra**

La instalación de limitadores destinados a proteger contra las sobretensiones de origen atmosférico permite, en general, protegerse contra las sobretensiones de maniobra.

## 10.3 Guía de elección

Para determinar la necesidad de protección de una instalación eléctrica contra los riesgos de sobretensión, se propone la utilización de una simple tabla de elección.

Este método de elección se utilizará solamente para la elección de la protección en las redes de distribución eléctrica.

En el caso de protección de redes de comunicación, existen unos determinados limitadores para la protección en función del tipo de red (**tabla pág. 11/14**). En el caso de redes de distribución eléctrica, al tener aparatos de diferentes características ( $I_{máx.}$ ,  $I_n$ ,  $U_p$ ), tendremos que instalar uno u otro limitador, en función de los receptores que se deben proteger, lugar de la instalación, etc.

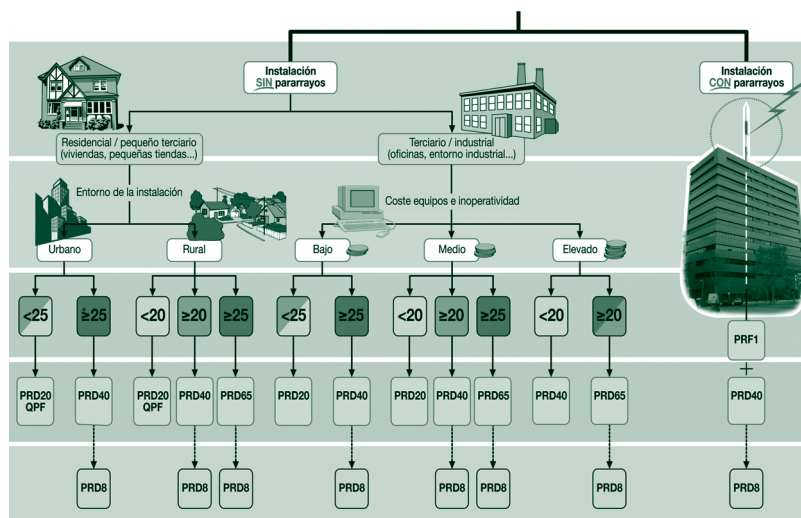
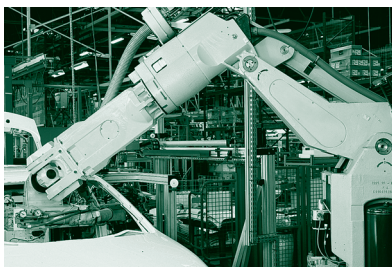


Fig. 10.3. Guía de elección.

## 10. Elección del limitador de sobretensiones transitorias



Ejemplo 1.



Ejemplo 2.



Ejemplo 3.

### 10.4 Ejemplos de elección

#### • Ejemplo 1

Queremos proteger los receptores de un edificio de oficinas ubicado en el centro de Burgos (en una zona urbana con un riesgo elevado de caída de rayos). En el caso de que la instalación disponga de pararrayos, se deberá instalar un limitador PRF1 (tipo 1), combinado con un limitador PRD40 (tipo 2). En el caso que no disponga de pararrayos, el limitador tipo 1 no será necesario.

Posteriormente protegeremos con limitadores PRD8 (tipo 2) en cuadros secundarios, aquellos receptores sensibles o muy alejados del cuadro principal (informática...).

#### • Ejemplo 2

Queremos proteger los autómatas que controlan el proceso industrial de una fábrica situada en Tenerife ante las conmutaciones causadas por el accionamiento de motores eléctricos. Como el coste de los equipos a proteger es elevado seleccionaremos el limitador mediante la guía adjunta con el fin de cubrir de igual forma el riesgo ante una sobretensión atmosférica instalando un limitador PRD40.

#### • Ejemplo 3

Para la protección de los receptores (TV, HI-FI...) de una vivienda ubicada en la zona urbana de Valencia (riesgo medio/bajo de caída de rayos) se deberá instalar, tal como se indica en la guía anterior, un limitador PRD20 en versión enchufable de cartuchos extraíbles, un limitador QPF con automático de desconexión integrado o bien un limitador PF20 en versión no enchufable o fija.

#### • Ejemplo 4

Para la protección de los receptores (pantalla de plasma, DVD...) de una vivienda ubicada sobre una colina en la provincia de Vigo, se deberá escoger, como criterio de seguridad, un nivel de riesgo superior al asignado al tratarse de una instalación situada en un lugar elevado. Por ello se deberá instalar en este caso un limitador PRD40.



Ejemplo 4.

# 11. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

11

Limitadores de sobretensiones transitorias. Funciones y Descripción	11/2
Limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1, PRF1/PRF1 Master	11/3
Limitadores de sobretensiones transitorias enchufables tipo 2, PRD	11/5
Limitadores de sobretensiones transitorias no enchufables tipo 2, PF	11/7
Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión tipo 2 y 3, Quick PRD	11/9
Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión tipo 2, Quick PF	11/11
Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas y redes informáticas PRC, PRI	11/12
Limitadores de sobretensiones para corriente continua tipo 2, PRD-DC	11/13
Dimensiones limitadores de sobretensiones transitorias	11/15

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

## Funciones

El limitador de sobretensiones transitorias es un dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias y a derivar las ondas de corriente hacia tierra para limitar la amplitud de estas sobretensiones a un valor no peligroso para la instalación y el aparellaje eléctrico.

### Limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1, según norma IEC 61643-1

Onda de ensayo: 10/350  $\mu$ s.

Protección basta.

Los limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1 se utilizan cuando existe una probabilidad elevada de descargas atmosféricas extremadamente fuertes.

Requieren la coordinación con un limitador tipo 2 para asegurar la protección de los receptores.

### Limitadores de sobretensiones transitorias tipo 2, según norma IEC 61643-1

Onda de ensayo: 8/20  $\mu$ s.

Protección media y fina.

Protección de equipos eléctricos y electrónicos contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico y de maniobra.

## Descripción

- **Limitador de sobretensiones transitorias:** dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias de origen atmosférico y de maniobra.
- **Sobretensiones transitorias:** impulso u onda de tensión de varios kV y de duración de pocos s que se sobrepone a la tensión nominal de la red.
- **Sobretensiones transitorias en modo común (MC):** sobretensiones transitorias que aparecen entre los conductores activos (L o N) y el conductor de tierra (PE).
- **Sobretensiones transitorias en modo diferencial (MD):** sobretensiones transitorias que aparecen entre las fases (L) y el neutro (N).
- **Ures:** tensión residual que verán los receptores cuando esté actuando el limitador de sobretensiones transitorias.
- **Imáx:** intensidad máxima de descarga con una onda 8/20 s; el limitador es capaz de aguantarla una única vez.
- **limp:** intensidad máxima de descarga con una onda 10/350 s; el limitador es capaz de aguantarla una única vez.
- **In:** intensidad nominal de descarga; el limitador es capaz de aguantarla hasta 20 veces.
- **Up:** nivel de protección; tensión residual en bornes del limitador cuando por él circula la intensidad nominal In.
- **Uc:** tensión máxima admisible en régimen permanente en bornes del limitador.
  - Para las protecciones entre conductores activos y tierra:
    - TT:  $U_c \geq 1,5 U_o$ .
    - TN:  $U_c \geq 1,1 U_o$ .
    - IT:  $U_c \geq \sqrt{3} U_o$ .
  - Para las protecciones entre fases y neutro:
    - TT, TN, IT:  $U_c \geq 1,1 U_o$ .
- **Uo:** tensión simple de red entre fase (L) y neutro (N).
- **Un:** tensión nominal de red. Valor de la tensión de referencia para la cual la red está definida.
- **Ic:** Corriente de funcionamiento permanente: corriente que circula por el limitador, el cual está alimentado a una tensión máxima de régimen permanente ( $U_c$ ) en ausencia de defecto.

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias



16621



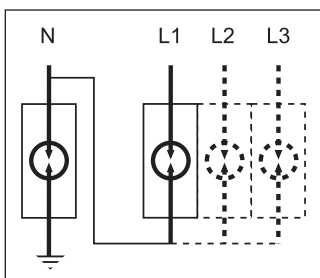
16622



16623



16624



16625



16627



16628



16630

## 11.1 Limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1, PRF1/PRF1 Master

### Funciones

Los limitadores de sobretensiones transitorias tipo 1, PRF1, se colocan en cabecera de las instalaciones y se utilizan donde el riesgo de caída de rayos es muy elevado y la intensidad de descarga de rayos suele ser bastante alta (descargas directas).

Se recomiendan principalmente en las instalaciones eléctricas de los edificios terciarios e industriales con presencia de protecciones externas, como los pararrayos o jaulas de Faraday. También se utilizan, por ejemplo, en los cuadros de telefonía, o repetidores de televisión situados en alta montaña, donde el riesgo de caída de rayos es muy alto.

Es necesaria la asociación aguas arriba con un dispositivo de desconexión o fusible previo para garantizar la máxima seguridad y continuidad de servicio después de las descargas. Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

### Referencias gama limitadores PRF1

Resistencia al cortocircuito (*)	Tipo de limitador tipo 1	Soluciones: Versiones monobloc (premontados) Versiones unipolares (para asociar)			Automático de desconexión	
		1P+N	3P	3P+N	Características	Referencia
6 kA	PRF1	16621 + 16623 16625	3 × 16621 16627	3 × 16621 + 16624 16628	125 A curva D	D125 ref. 18532 D125 ref. 18533 D125 ref. 18534 D125 ref. 18534
		2P	3P	4P		
50 kA	PRF1 Master	2 × 16630	3 × 16630	4 × 16630	160 A curva D	NS160 TM160D ref. 30620 NS160 TM160D ref. 30630 NS160 TM160D ref. 30650

(\*) Resistencia al cortocircuito con automático de desconexión asociado.

### Características técnicas PRF1

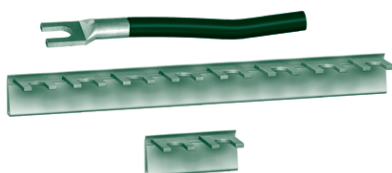
Nombre del limitador	N.º de polos	Ancho	Señal estado	I <sub>imp.</sub> (kA) (10/350)		I <sub>n</sub> kA	U <sub>c</sub> V	U <sub>p</sub> kV	U <sub>n</sub> V CA	Referencia
				Mód. 18 mm	Limitador					
<b>PRF1</b>										
PRF1 1P 260 V	1P	1	Sí	35	25	35	260	0,9	230	16621
PRF1 1P 440 V	1P	1	No	35	25	35	440	1,5	230	16622
PRF1 N/PE 50 1P 260 V	Neutro	1	No	50	50	50	260	1,5	230	16623
PRF1 N/PE 100 1P 260 V	Neutro	2	No	100	100	100	260	1,5	230	16624
PRF1 1P+N 440 V	1P+N	2	No	35/50 N/PE	25/50 N/PE	35/50 N/PE	440	1,5	230	16625
PRF1 3P 440 V	3P	3	No	35	25	35	440	1,5	400	16627
PRF1 3P+N 440 V	3P+N	5	No	35/100 N/PE	25/100 N/PE	35/100 N/PE	440	1,5	230/400	16628
<b>PRF1 Master</b>										
PRF1 Master 1P 440 V	1P	2	Sí	50	35	50	440	1,5	400	16630

### Características comunes de los PRF1

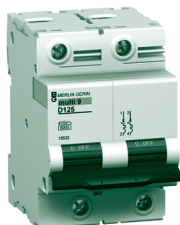
- Frecuencia de empleo: 50/60 Hz.
- Resistencia al cortocircuito (con automático desconexión): 6 kA/230 V, 3 kA/400 V.
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 μs.
- Conexiones:



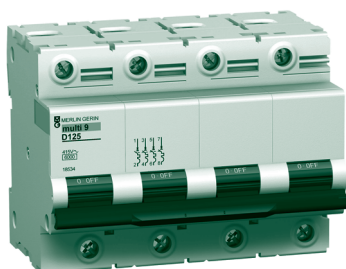
# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias



16641



18532



18534

	PRF1	PRF1 Master
Cable rígido	10...25 mm <sup>2</sup>	10...50 mm <sup>2</sup>
Cable flexible	10...25 mm <sup>2</sup>	16...35 mm <sup>2</sup>

- Indicador de funcionamiento (ref. 16621 y ref. 16630):
  - Verde: funcionamiento correcto.
  - Apagado: fin de vida.
- Tipo de protección:
  - IP40 en el frontal.
  - IP20 en las bornas.
- Temperatura de funcionamiento: -40 °C...+85 °C.
- Standards: IEC 61643-1, EN 61643-11 tipo 1.

### Accesorios de conexionado para PRF1

Peines de conexión	N.º de polos	Referencia
Peine de conexión 2P	2	16641
Peine de conexión 3P	3	16642
Peine de conexión 4P	4	16643
Peine de conexión 6P	6	16644
Peine de conexión 8P	8	16645
Cable flexible 200 mm (PRF1 Master)	-	16646

### Automático de desconexión para PRF1

Es necesaria la asociación de arriba con un automático de desconexión tipo D125 o fusible previo para garantizar la máxima seguridad y continuidad de servicio después de las descargas. Los automáticos D125 están concebidos especialmente para asegurar la desconexión ante intensidad de cortocircuito  $I_{cc} \leq 6$  kA. Los siguientes automáticos de desconexión han sido ensayados en coordinación con la gama de limitadores PRF1 con forma de onda 10/350 (cumpliendo con los standards IEC 61643-1 y EN 61643-11):

Automático de desconexión (*)	N.º de polos	Calibre (A)	Curva	Ancho mód. 18mm	Referencia
D125	2	125	D	2	18532
	3	125	D	3	18533
	4	125	D	4	18534

Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

### Automáticos de desconexión para PRF1 Master

El limitador PRF1 Master (ref. 16630) está especialmente concebido para redes donde la intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) es muy elevada:  $I_{cc} \leq 50$  kA. Los siguientes automáticos de desconexión han sido ensayados en coordinación con el limitador PRF1 Master con forma de onda 10/350 (cumpliendo con los standards IEC 61643-1 y EN 61643-11):

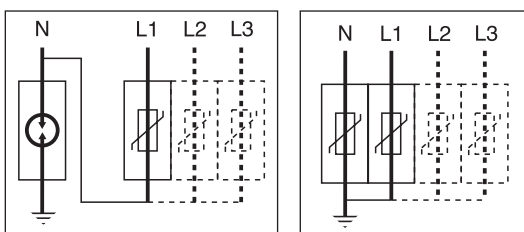
Automático de desconexión (*)	N.º de polos	Calibre (A)	Curva	Referencia
NS160 TM160D	2	160	D	30620
	3	160	D	30630
	4	160	D	30650

(\*) Fusible previo 250 A gL.

Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

Los limitadores desenchufables PRD permiten el cambio rápido de los cartuchos dañados por señalización visual del estado de los cartuchos. Los limitadores con señalización “r” disponen además de señalización a distancia de la información: cartucho a cambiar.



## 11.2 Limitadores de sobretensiones transitorias enchufables tipo 2, PRD

### Funciones

El limitador de sobretensiones PRD es un dispositivo de tipo 2 destinado a limitar las sobretensiones transitorias y derivar las ondas de corriente hacia tierra para limitar la amplitud de esta sobretensión a un valor no peligroso para la instalación y la aparata eléctrica.

Cada limitador de la gama PRD tiene una función determinada:

#### • Protección de la cabecera: (tipo 2)

- El PRD65(r) está aconsejado para un nivel de riesgo muy elevado
- El PRD40(r) está aconsejado para un nivel de riesgo elevado
- El PRD20(r) está aconsejado para un nivel de riesgo moderado

#### • Protección fina: (tipo 2 y 3)

- El PRD8(r) asegura una protección fina de las instalaciones a proteger y se sitúa en cascada con los limitadores de cabecera. Es recomendable instalar este limitador cuando los receptores a proteger están a más de 30 metros del limitador de cabecera.

#### • Referencias gama limitadores PRD

#### • Características técnicas PRD

Corriente máxima de descarga (Imáx)	N.º de polos				Contacto señalización	Descripción	Automático desconexión
	1P	1P+N	3P	3P+N			
<b>65 kA</b>							
Nivel de riesgo muy elevado	16556	16557		16559	Sí Sí Sí	PRD65r 1P PRD65r 1P+N PRD65r 1P+N	50 A curva C
<b>40 kA</b>							
Nivel de riesgo elevado	16561 16566	16562 16567	16563	16564 16569	Sí Sí Sí Sí	PRD40r 1P PRD40 1P PRD40r 1P+N PRD40 1P+N PRD40r 3P PRD40r 3P+N PRD40 3P+N	40 A curva C
<b>20 kA</b>							
Nivel de riesgo moderado	16571	16672 16572	16573	16674 16574	Sí Sí Sí	PRD20 1P PRD20r 1P+N PRD20 1P+N PRD20r 3P PRD20r 3P+N PRD20 3P+N	25 A curva C
<b>8 kA</b>							
Protección fina	16576	16677 16577	16578	16679 16579	Sí Sí Sí	PRD8 1P PRD8r 1P+N PRD8 1P+N PRD8r 3P PRD8r 3P+N PRD8 3P+N	20 A curva C



# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

• Cartuchos de recambio PRD

Nombre del limitador	N.º de polos	Ancho Mód. 18 mm	I <sub>max</sub> (8/20) kA	I <sub>n</sub> kA	U <sub>p</sub> kV	U <sub>n</sub> V CA	U <sub>c</sub> V		Referencia
							MC L/PE	MD L/N	
<b>PRD65</b>									
PRD65r 1P	1P	1	65	20	1,5	230	340	-	16556
PRD65r 1P+N	1P+N	2	65	20	1,5	230	440	340	16557
PRD65r 3P+N	3P+N	4	65	20	1,5	230/400	440	-	16559
<b>PRD40</b>									
PRD40r 1P	1P	1	40	15	1,5	230	340	-	16561
PRD40 1P	1P	1	40	15	1,5	230	340	-	16566
PRD40r 1P+N	1P+N	2	40	15	1,5	230	440	340	16562
PRD40 1P+N	1P+N	2	40	15	1,5	230	440	340	16567
PRD40r 1P+N	3P	3	40	15	1,5	400	460	-	16563
PRD40r 3P	3P+N	4	40	15	1,5	230/400	440	340	16564
PRD40 3P+N	3P+N	4	40	15	1,5	230/400	440	340	16569
<b>PRD20</b>									
PRD20 1P	1P	1	20	5	1,2	230	340	-	16571
PRD20r 1P+N	1P+N	2	20	5	1,2	230	440	340	16672
PRD20 1P+N	1P+N	2	20	5	1,2	230	440	340	16572
PRD20r 3P+IT	3P	3	20	5	1,4	400	460	-	16573
PRD20r 3P+N	3P+N	4	20	5	1,2	230/400	440	340	16674
PRD20 3P+N	3P+N	4	20	5	1,2	230/400	440	340	16574
<b>PRD8</b>									
PRD8 1P	1P	1	8	2,5	1,1	230	340	-	16576
PRD8r 1P+N	1P+N	2	8	2,5	1,1	230	440	340	16677
PRD8 1P+N	1P+N	2	8	2,5	1,1	230	440	340	16577
PRD8r 3P IT	3P	3	8	2,5	1,1	400	460	-	16578
PRD8r 3P+N	3P+N	4	8	2,5	1,1	230/400	440	340	16679
PRD8 3P+N	3P+N	4	8	2,5	1,1	230/400	440	340	16579

MC: modo común (L/PE y N/PE).  
MD: modo diferencial (L/N).



1P+N



3P+N

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias



Cartucho

Tipo de cartuchos	N.º de polos	Cartucho de recambio	Referencia
C 65-340	1P o 1P+N o 3P o 3P+N (Uc = 340)	PRD65r	16681
C 40-340		PRD40, PRD40r	16685
C 20-340		PRD20, PRD20r	16687
C 8-340		PRD8, PRD8r	16689
C 40-460	1P o 3P (Uc = 460)	PRD40r IT	16684
C 20-460		PRD20r IT	16686
C 8-460		PRD8r IT	16688
C neutral	1P+N o 3P+N	Todos	16691

### • Características comunes de los PRD

- Frecuencia de empleo: 50/60 Hz.
- Tensión de empleo: 230/400 V AC.
- Corriente de funcionamiento permanente I<sub>c</sub>: < 1 mA.
- Tiempo de respuesta: < 25 ns.
- Indicador de funcionamiento por indicador mecánico blanco/rojo:
  - Blanco: funcionamiento correcto.
  - Rojo: fin de vida.
- Señalización a distancia: contacto NA-NC 250 V/0,25 A.
- Conexiones: 2,5...35 mm<sup>2</sup>.
- Tipo de protección:
  - IP40 en el frontal.
  - IP20 en las bornas.
- Temperatura de funcionamiento: -5 °C...+40 °C.
- Standards: IEC 61643-1, EN 61643-11 tipo 1.

## 11.3 Limitadores de sobretensiones transitorias no enchufables. tipo 2, PF

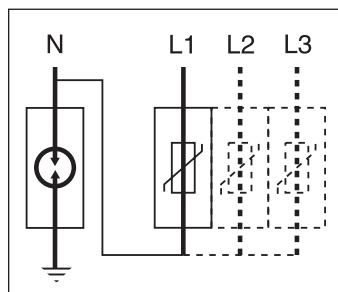
Gama de limitadores PF, con un formato fijo o no desenchufable.



1P+N

### Funciones

El limitador de sobretensiones **PF** es un dispositivo de tipo 2 destinado a limitar las sobretensiones transitorias y derivar las ondas de corriente hacia tierra para limitar la amplitud de esta sobretensión a un valor no peligroso para la instalación y la aparatación eléctrica.



### • Referencias gama limitadores PF

Corriente máxima de descarga (I <sub>máx</sub> )	Nº de polos				Contacto señalización	Descripción	Automático desconexión
	1P	1P+N	3P	3P+N			
20 kA							
Nivel de riesgo moderado		15692				PF20 1P+N	25 A curva C
				15693		PF20 3P+N	

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

Nombre del limitador	N° de polos	Ancho Pasos 9 mm	I <sub>max</sub> (8/20) kA	I <sub>n</sub> kA	U <sub>p</sub> kV	U <sub>n</sub> V CA	U <sub>c</sub>		Referencia
							V MC L/PE	MD L/N	
PF20									
PF20 1P+N	1P+N	2	20	5	1,1	230	440	340	15692
PF20 3P+N	3P+N	4	20	5	1,1	230/400	440	340	15693

MC: modo común (L/PE y N/PE).  
MD: modo diferencial (L/N).



3P+N

### • Características comunes de los PF

- Frecuencia de empleo: 50/60 Hz.
- Tensión de empleo: 230/400 V AC.
- Corriente de funcionamiento permanente I<sub>c</sub>: < 1 mA.
- Tiempo de respuesta: < 25 ns.
- Indicador de funcionamiento por indicador mecánico verde/rojo:
  - Verde: funcionamiento correcto.
  - Rojo: fin de vida.
- Conexiones: 2,5...35 mm<sup>2</sup>
- Tipo de protección:
  - IP40 en el frontal.
  - IP20 en las bornas.
- Temperatura de funcionamiento: -5 °C...+40 °C.
- Standards: IEC 61643-1, EN 61643-11 tipo 1.

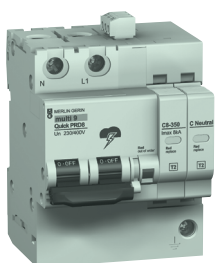
### • Tabla de elección del automático de desconexión:

Tipo 1							
	I <sub>cc</sub>	6kA	10kA	15kA	25kA	36kA	50kA
	<b>limp</b>						
PRF1	25kA	D125	Fusible NH 125A gL/gG	-	-	-	-
PRF1 Master	35kA	-	Compact NS 160N			Compact NS 160H	-

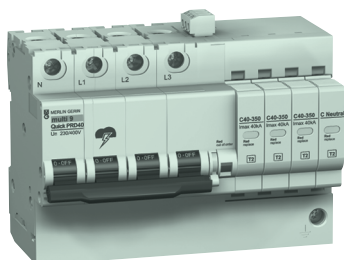
Tipo 2 / tipo 3							
	I <sub>cc</sub>	6kA	10kA	15kA	25kA	36kA	50kA
	<b>I<sub>max</sub></b>						
PRD8	8kA	C60N 20A curva C		C60H 20A curva C	NG 125L 20A Curva C		
PRD20, PF20	20kA	C60N 25A curva C		C60H 25A curva C	NG 125L 25A Curva C		
PRD40	40kA	C60N 40A curva C		C60H 40A curva C	NG 125L 40A Curva C		
PRD65	65kA	C60N 50A curva C		C60H 50A curva C	NG 125L 50A Curva C		

## Protección de instalaciones

Los limitadores de sobretensiones transitorias Quick PRD desenchufables permiten el cambio rápido del cartucho dañado. Tienen señalización a distancia de la información: cartucho debe ser reemplazado.



Quick PRD 8r, 1P+N



Quick PRD 40r, 3P+N

# 1.1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

## 11.4 Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión. tipo 2 y 3, Quick PRD

### Funciones

El QUICK PRD incluye un automático de desconexión de seguridad para cuando el limitador llega a su final de vida.

Cada limitador tiene una función determinada:

Protección de la cabecera (tipo 2):

Quick PRD 40r está recomendado para un nivel de riesgo elevado.

Quick PRD 20r está recomendado para un nivel de riesgo moderado.

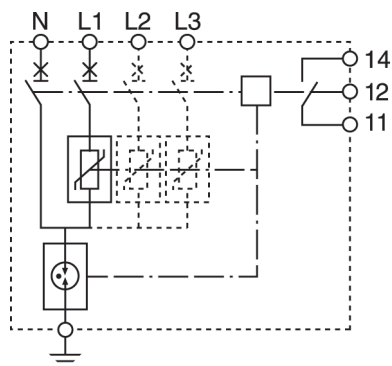
Protección fina (tipo 2 y 3)

Quick PRD 8r asegura protección fina de las instalaciones y se sitúa en cascada con los limitadores de cabecera. Está recomendado instalar este limitador cuando los receptores a proteger están a más de 30 metros del limitador de la cabecera.

### • Características técnicas generales

Características técnicas	
Tensión de empleo	230/400 V CA
Resistencia de corto-circuito del desconectador	ICC=25kA (50Hz)
Frecuencia de operación	50/60 Hz
Corriente de funcionamiento constante	<1 mA
Tiempo de respuesta	<25 ns
Tipo de protección	IP20 en los terminales o bornas IP40 en el panel frontal IK05
Conexión	2.5 a 35 mm <sup>2</sup>
Indicador de fin de vida	Mediante cartuchos <span style="float: right;">blanco: en funcionamiento rojo: en su final de vida</span>  Por medio de la palanca de mando en OFF y el indicador mecánico rojo  Mediante la señalización a distancia del contacto NA/NC 250 V CA/2A
Temperatura de funcionamiento	-25°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +70°C
Homologadas	IEC 61643 T2 y EN 61643-11 tipo 2
Peso	1P+N: 430 (Quick PRD 40r: 440) 3P+N: 840 (Quick PRD 40r: 860)

### Diagrama



# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

Nombre del limitador	N° de polos	Ancho en pasos de 9 mm	I <sub>max</sub> (kA)	I <sub>n</sub> (kA)	U <sub>p</sub> (kV)			Red de distribución	U <sub>n</sub> (V)	U <sub>c</sub> (V)			Referencias
					CM		DM			CM		DM	
					L/±	N/±	L/N			L/±	N/±	L/N	
Quick PRD 40r													
Quick PRD 40r	1P+N	8	40	20	-	1.5	2.5	TT y TN-S	230	-	264	350	16292
Quick PRD 40r	3P+N	15	40	20	-	1.5	2.5	TT y TN-S	230/400	350	264	350	16294
Quick PRD 20r													
Quick PRD 20r	1P+N	8	20	5	-	1.5	1.5	TT y TN-S	230	-	264	350	16295
Quick PRD 20r	3P+N	15	20	5	-	1.5	1.5	TT y TN-S	230/400	350	264	350	16297
Quick PRD 8r													
tipo 2 / tipo 3													
Quick PRD 8r	1P+N	8	8	2	-	1.5	1.2	TT y TN-S	230	-	264	350	16298
Quick PRD 8r	3P+N	15	8	2	-	1.5	1.2	TT y TN-S	230/400	350	264	350	16300

CM: Modalidad común (entre tierra y neutro/tierra)

DM: Modalidad diferencial (entre fase y neutro)



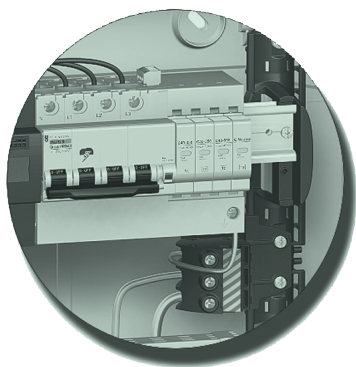
Cartuchos de recambio

### • Cartuchos de recambio

Cartuchos de recambio			
Tipo	Cartuchos de recambio para	U <sub>p</sub> (cartucho) (kV)	Referencia
C 40-350	Quick PRD 40r	1.4	16310
C 20-350	Quick PRD 20r	1.2	16311
C 8-350	Quick PRD 8r	1.1	16312
C neutral-350	Todos los productos	1.5	16313

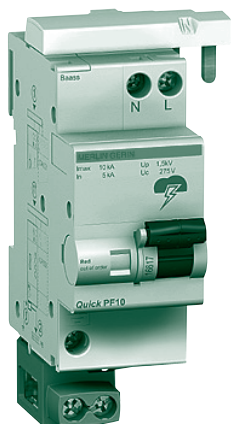
### • Accesorios

Borneros de tierra			
Tipo			Referencia
Kit de soporte	L=4 bloques	Lote de 1	PRA90053
Kit de bloque de 25 mm	L= 1 bloque	Lote de 5	PRA90046



Kit de soporte lateral para borneros de tierra.

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias



## 11.5 Limitadores de sobretensiones transitorias con automático de desconexión. tipo 2, Quick PF

### Funciones

Protege los equipos eléctricos y electrónicos contra las sobretensiones indirectas debidas al efecto de los rayos.

El Quick PF incluye un automático de desconexión de seguridad para cuando llega el final de su vida útil y una borna de tierra.

Cumple con las siguientes normas:

- EN 61643-11 tipo 2.
- Normas de instalación IEC 60364-443 y 60364-534.

### • Características técnicas Quick PF

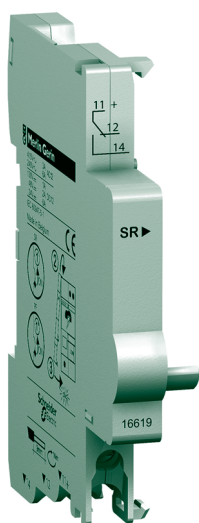
- Tensión nominal de red:
  - Ref. **16617**: 230 V CA.
  - Ref. **16618**: 230/400 V CA.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Capacidad de cortocircuito: 60 kA.
- Tensión máxima admisible en régimen permanente  $U_c$ : 275 V.
- Intensidad máxima de descarga  $I_{m\acute{a}x}$  (8/20): 10 kA.
- Intensidad nominal de descarga  $I_n$  (8/20): 5 kA.
- Nivel de protección (limitador de sobretensiones + automático de desconexión)  $U_p$  (In) < 1.500 V.
- Indicación de vida útil mediante cambio de la posición OFF e indicador mecánico rojo.
- Conexión mediante bornes de caja: 16 mm<sup>2</sup>.
- Grado de protección: terminales IP20, vista frontal IP40.
- Peso (g):
  - Ref. **16617**: 370.
  - Ref. **16618**: 640.
- Temperatura de funcionamiento y de almacenamiento: –5/+40 °C.
- Accesorios suministrados:
  - Borna para el cable a tierra de 16 mm<sup>2</sup>.
  - Quick PF 1P + N: 2 peines de conexión suministrados (distancia central entre ejes: 9 mm y 18 mm).

Tipo	Nº de polos	$I_n$ (kA) MC/MD	$I_{m\acute{a}x}$ (kA)	$U_p$ (kV)	$U_c$ (V) MC/MD	$U_n$ V CA	Ancho pasos de 9 mm	Referencia
Quick PF	1P + N	5	10	1,5	275	230	4	<b>16617</b>
	3P + N	5	10	1,5	275	230/400	10	<b>16618</b>

### SR auxiliar remoto

Mediante la señalización auxiliar remota puede controlar a distancia el estado de funcionamiento del Quick PF.

Tipo	Contacto	Ancho en pasos de 9 mm	Referencia
SR	Cambio	1	<b>16619</b>

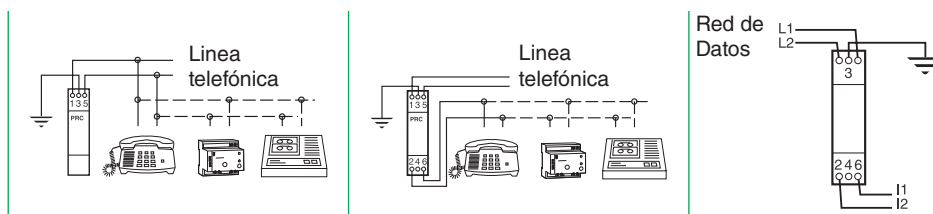


# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

## 11.6 Limitadores de sobretensiones transitorias para líneas telefónicas y redes informáticas. Serie PRC y PRI

### Funciones

Estos limitadores protegen los equipos sensibles conectados a las redes analógicas (PRC) y a las redes digitales (PRI) como teléfonos, aparatos de fax, redes informáticas, etc., de sobretensiones transitorias de origen atmosférico debido a la caída de rayos.



Tensión de la red de distribución (Un)	PRC Paralelo	PRC Serie	PRI
	< 200 V	< 200 V	12...48 V < 6 V
Función			
Redes de teléfonos analógicos	■	■	
Transmisores telefónicos	■	■	
Redes digitales			■
Redes de automatización			■
Redes informáticas			■
Bucle de corriente (12...48 V)			■

### • Características Técnicas

Tipo	Ancho en mod. de 9 mm	Tensión	Intensidad máxima de descarga (Imáx)	Intensidad nominal de descarga (In)	Nivel de protección	Referencias
PRI	2	12...48 V	10	5	70	16595
	2	6 V	10	5	15	16594
PRC Serie	2	200 V CA	10	5	300	16593
PRC Paralelo	2	200 V CA	10	5	700	15462



16593



16594



16595



15462

- Frecuencia de funcionamiento: 50/60 Hz.
- Corriente asignada: 20 mA.
- Resistencia 50 Hz (15 min): 25 A.
- Tiempo de respuesta: < 25 ns.
- Número de pares protegidos: 1.
- Señalización de funcionamiento por visualización mecánica:
  - Blanco: funcionamiento normal.
  - Rojo: el limitador debe ser cambiado.
- Conexión: por bornes de cja para cables de 0,5 a 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a +60°C.
- Temperatura de almacenamiento: -40°C a +70°C.
- Grado de protección:
  - IP20 en los bornes.
  - IP40 en el panel frontal.
- Peso: 65 (g).

# 1.1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

Los limitadores contra sobretensiones continuas permiten cambiar rápidamente los cartuchos dañados. Disponen de señalización a distancia de la información "cartucho a cambiar".



PRD 40r-600DC: 400



PRD 40r-1000DC: 400

## 11.7 Limitadores de sobretensiones para corriente continua tipo 2, PRD-DC

### Funciones

Asegurar la protección contra las sobretensiones inducidas o conducidas en la parte del generador y en la parte de conversión de un sistema de potencia fotovoltaica.

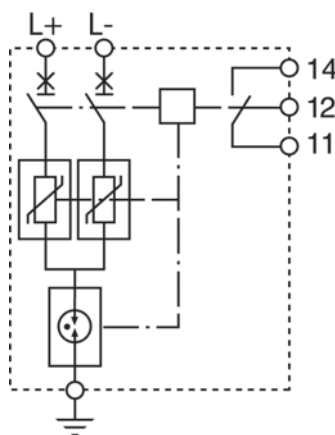
Está diseñado para proteger contra sobretensiones atmosféricas. Debe ser instalado en un panel dentro de la construcción, si el panel está localizado fuera, debe de ser a prueba de agua o impermeable.

Dependiendo de la distancia entre la parte generadora y la parte de conversión, es necesario instalar dos o más limitadores para asegurar la protección a ambas partes.

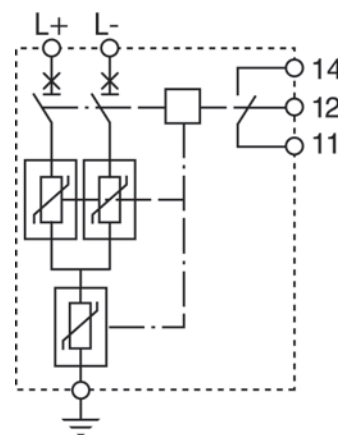
### Datos técnicos generales

Frecuencia operativa	Directa
Tiempo de respuesta	< 25 ns
Tipo de protección	IP20 en los bornes IP20 en la parte frontal IK03
Tipo de conexión	Bornes de caja, 2,5 a 35 mm <sup>2</sup>
Indicador de funcionamiento	Indicador mecánico por los cartuchos Blanco: en funcionamiento Rojo: fin de vida
	Señalización a distancia: contacto 250 V AC / 0,25 NA NC
Ancho en mód. de 9 mm	6
Temperatura de funcionamiento	-25°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +85°C
Homologados	IEC 61643-1 T2 y EN 61643-11 tipo 2
Certificaciones	CE
Peso (g)	PRD 40r-600DC: 400 PRD 40r-1000DC: 400

### Diagramas



PRD 40r-600DC: 400



PRD 40r-1000DC: 400



# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

• Características Técnicas

Nombre del limitador	I <sub>max</sub> (kA) Intensidad máxima de descarga	I <sub>n</sub> (kA) Intensidad nominal de descarga	U <sub>p</sub> (kV DC) Nivel de protección			U <sub>n</sub> (V DC) Tensión nominal	U <sub>c</sub> (V DC) Tensión máxima			U <sub>oc stc</sub> (V DC) Tensión en circuito abierto	Referencia
			CM	DM			CM	DM			
		<b>Poder de corte nominal</b>	L+/ $\pm$	L-/ $\pm$	L+/L-		L+/ $\pm$	L-/ $\pm$	L+/L-		
<b>PRDr-DC</b>											
PRD 40r-600DC 2P	40	15	1,6	1,6	2,8	600	600	600	840	600	<b>16434</b>
PRD 40r-1000DC 2P	40	15	3,9	3,9	3,9	1000	1230	1230	1230	1000	<b>16436</b>

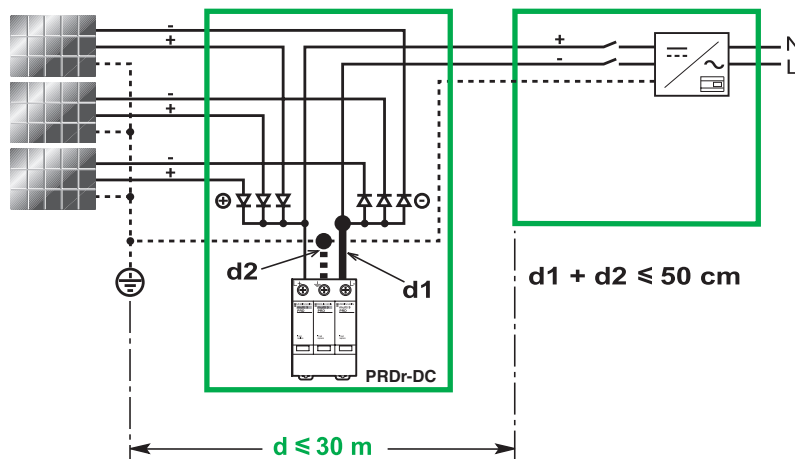


Cartuchos de recambio

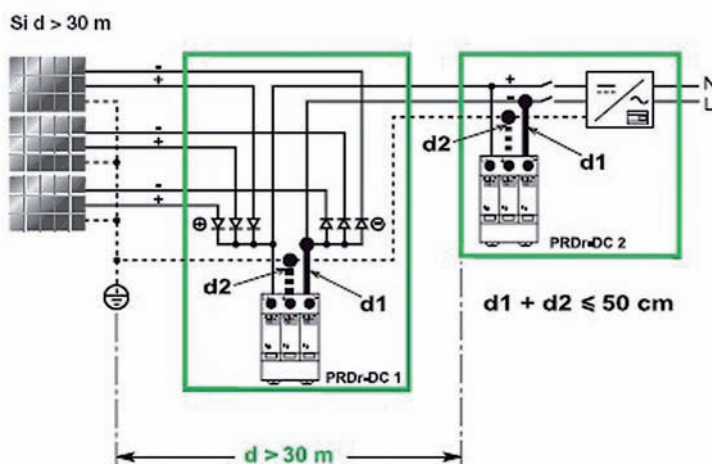
Tipo	Cartucho de recambio para	Referencia
C 40-460	PRD 40r-1000DC	<b>16684</b>
C 40-340	PRD 40r-600DC	<b>16685</b>
C neutral-340	PRD 40r-600DC	<b>16691</b>

• Conexión

Si  $d \leq 30$  m



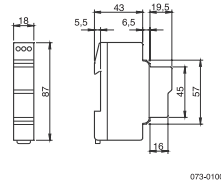
Si  $d > 30$  m



# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

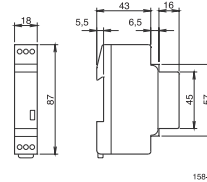
## 11.8 Dimensiones limitadores de sobretensiones transitorias

PRC paralelo



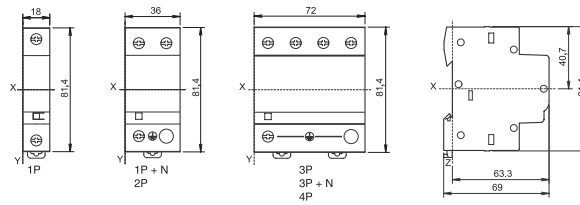
073-0100

PRC serie - PRI

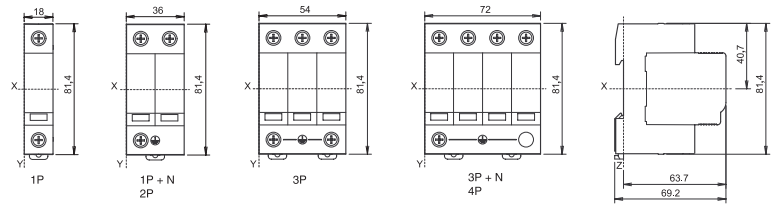


158-0100

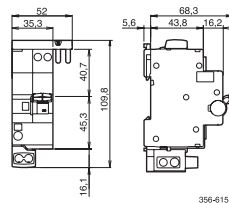
PF



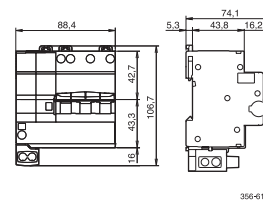
PRD



Quick PF

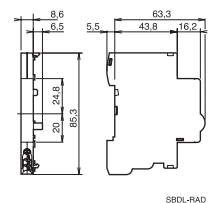


356-0153



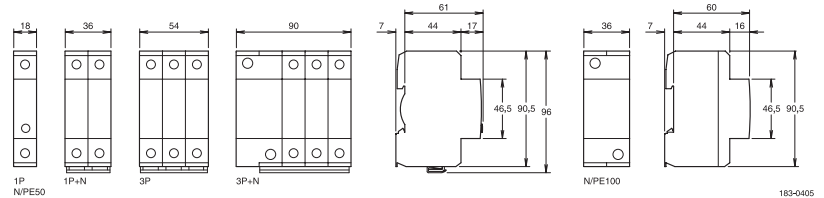
356-0154

SR para Quick PF



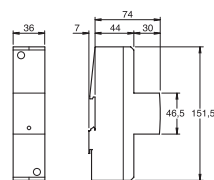
SBDL-RAD

PRF1



183-0405

PRF1 Master

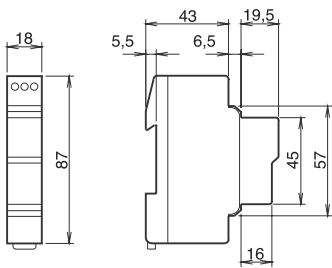


192-0405

# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

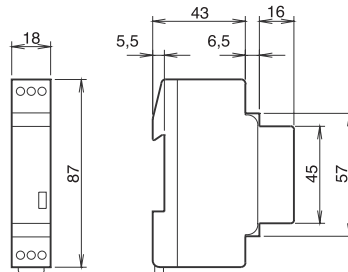
## 11.8 Dimensiones limitadores de sobretensiones transitorias

### PRC paralelo



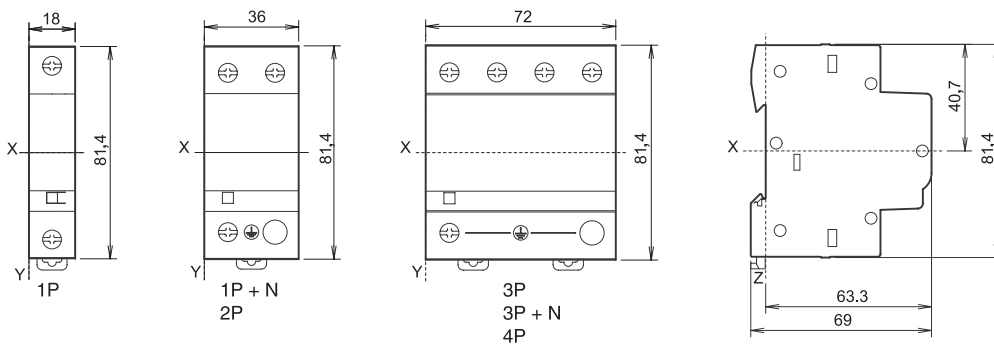
073-0100

### PRC serie - PRI

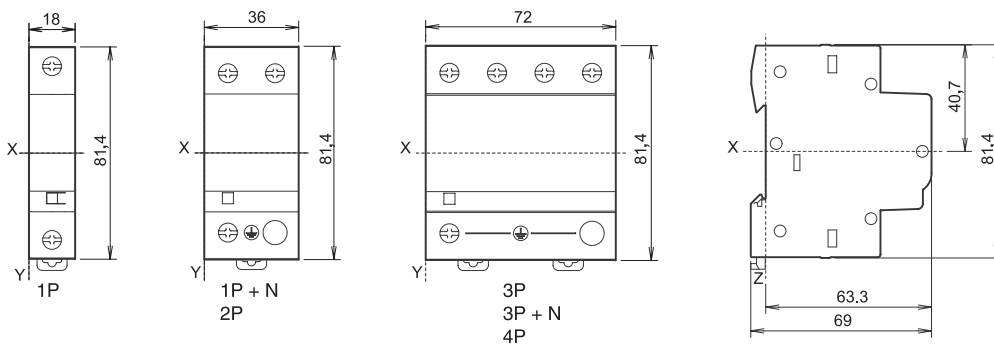


158-0100

### PF



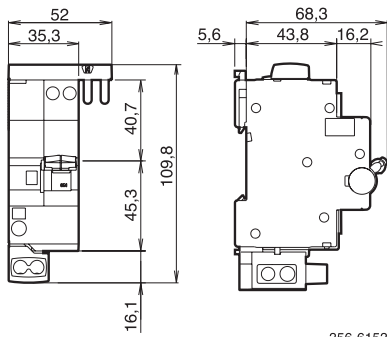
### PF



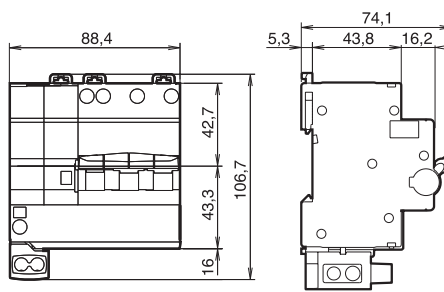
# 1 1. Gamas Schneider Electric para la protección contra las sobretensiones transitorias

## Quick PF

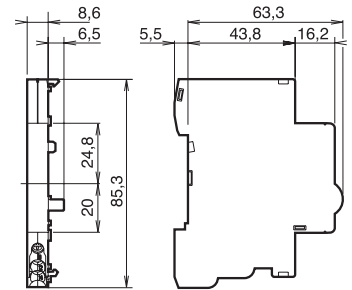
## SR para Quick PF



356-6153

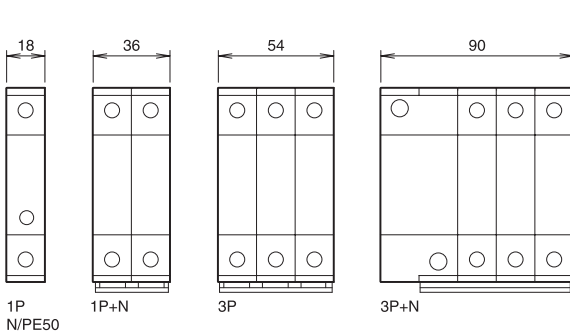


356-6154



SBDL-RAD

## PRF1

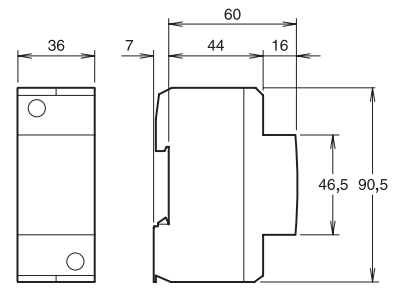
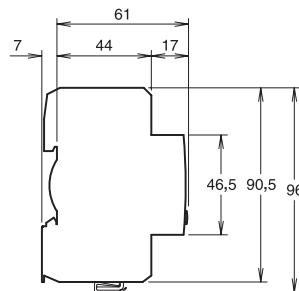


1P  
N/PE50

1P+N

3P

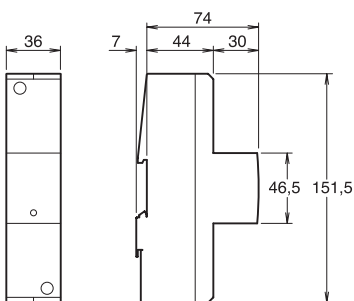
3P+N



N/PE100

183-0405

## PRF1 Master



192-0405



# Aplicaciones por segmentos de mercado

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

12

Residencial

12/2

Terciario

12/6

Industria

12/22

Infraestructuras

12/30

## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Residencial



### 12.1 ¿Cómo evitar averías en aparatos electrodomésticos de baja tensión en caso de tormenta?

#### Sus necesidades

Cada año los rayos provocan numerosos daños. Son la primera causa de destrucción de los aparatos domésticos. Además, provocan disparos intempestivos y la parada inesperada de los receptores. En caso de tormenta, los rayos pueden en cualquier momento inutilizar su congelador y causar daños que requieran sustituir su material así como la pérdida de los alimentos conservados. A menudo, estos fenómenos ocurren durante el verano, cuando disfruta de sus vacaciones. Con el fin de solucionar este problema, le proponemos aquí una solución sencilla para **proteger su instalación eléctrica de BT** y sus **receptores**.

#### Entorno

- Esta vivienda construida de forma tradicional está situada en un barrio residencial en la periferia de una aglomeración urbana.
- Esta villa no dispone de pararrayos y está alimentada por una línea aérea de baja tensión monofásica.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material eléctrico que se debe proteger:
  - Tiene un **coste medio**.
  - Tiene una tensión de resistencia a los impulsos estándar ( $U_{impulsos} \geq 2,5 \text{ kV}$ ).
- La vivienda está equipada:
  - Con un **congelador** de 150 litros.
  - Con una **lavadora** y una **secadora**.
  - Con un **lavavajillas**.
  - Con un **horno** tradicional y un **microondas**.
  - Con un **refrigerador** y **aparatos portátiles** (cafetera, radio, herramientas, etc.).
  - Con un **calentador de agua** de 200 litros.

#### Soluciones Schneider Electric

- Con el fin de proteger el conjunto de los equipos eléctricos de la vivienda contra las sobretensiones transitorias atmosféricas, basta con instalar un solo limitador de sobretensiones transitorias en el cuadro eléctrico.

#### Ventajas de la solución

- Sencillez.
- Economía.
- Facilidad de cableado.
- Conformidad a la normativa.
- Protección del conjunto de la instalación.
- Seguridad reforzada de los bienes y de las personas.
- Protección contra los disparos intempestivos.

La protección de cabecera evita que las sobretensiones transitorias penetren en el interior de la vivienda y provoquen el desgaste de los aislantes de los cables y la destrucción de los aparatos eléctricos más sensibles

#### Consejos para el cableado

- Equipotencialidad de las masas y la tierra:
  - Todas las masas metálicas deben estar conectadas.
- Red de tomas de tierra única:
  - Una sola toma de tierra para el conjunto de los equipos eléctricos, informáticos y de comunicación.
- Reducir las superficies de bucle.
- Alejar los hilos de entrada al limitador de sobretensiones transitorias de los hilos de salida hacia la instalación.

#### Consejos para la instalación

- Colocar un limitador de sobretensiones transitorias PRD 20, con un nivel de protección  $U_p$ : 1,2 kV en el cuadro principal de su instalación.
- Montar un interruptor automático de desconexión adaptado al limitador de sobretensiones transitorias, en este caso un C60 de 20 A curva C.

## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado



- Instalar un interruptor diferencial de 30 mA tipo “si” (superinmunizado) o bien un reconectador diferencial RED en el circuito de alimentación del congelador, con el fin de garantizar la continuidad de servicio de su instalación eléctrica.

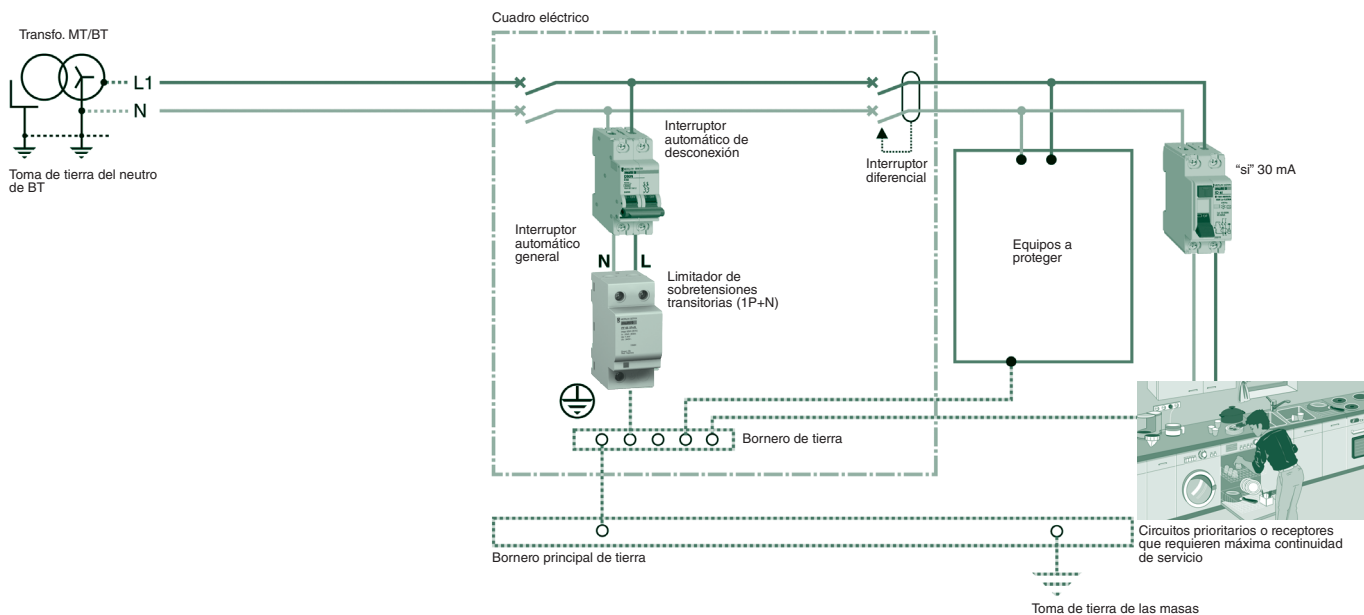
### Función de la protección

- Dirigir a tierra la corriente de descarga procedente de la red de alimentación, garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con la tensión de resistencia a los impulsos de descarga inherente a cada material.
- En caso de descarga cercana, la subida de potencial de la tierra, y el campo magnético inducido que se propaga en la red, quedan limitados por el limitador de sobretensiones transitorias.

### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n = 5 \text{ kA}$  (8/20) según la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:  
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.
- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima ( $I_{m\acute{a}x.} = 20 \text{ kA}$ ) del limitador de sobretensiones transitorias.

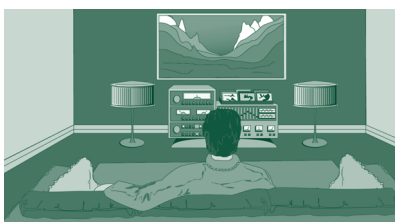
## Esquema eléctrico





## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Residencial



### 12.2 ¿Cómo evitar la destrucción de aparatos electrónicos de la vivienda en caso de tormenta?

#### Sus necesidades

Cada año los rayos provocan numerosos daños.

Son la primera causa de destrucción de los aparatos domésticos.

Además, provocan disparos intempestivos y la parada inesperada de los receptores. En caso de tormenta, los rayos pueden en cualquier momento inutilizar sus aparatos electrónicos sensibles y causar daños que requieran sustituir su material así como inutilizar su dispositivo de alarma contra intrusiones.

Con el fin de solucionar este problema, le proponemos aquí una solución sencilla para **proteger su instalación eléctrica de BT** y sus **receptores**.

#### Entorno

- Esta vivienda, construida de forma tradicional, está situada en una zona rural.
- Esta villa no dispone de limitadores de sobretensiones transitorias y está alimentada por una línea parcialmente aérea de baja tensión monofásica.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material eléctrico que se debe proteger:
  - Tiene un **coste importante**.
  - Tiene una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ).
- La vivienda está equipada:
  - Con aparatos electrodomésticos diversos: congelador, lavadora, lavavajillas, hornos, calefacción, etc.
  - Con un sistema de cine en casa de recepción por satélite y cadena hifi.
  - Con una sala multimedia con PC, módem, impresora, fax, juegos de vídeo.
  - Con una alarma contra incendios.
  - Con una alarma contra intrusiones.
  - Con un portal eléctrico de control remoto.
  - Con puertas y toldos eléctricos.

#### Soluciones Schneider Electric

- La instalación cada vez más frecuente de materiales electrónicos sensibles en los edificios de viviendas requiere una protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas. Además, estos receptores alimentados con una intensidad de 230 VCA y mediante redes de comunicación (teléfono, vídeo, etc.), deben estar provistos de un limitador de sobretensiones transitorias específico para cada red.

#### Ventajas de la solución

- Sencillez.
- Economía.
- Facilidad de cableado.
- Conformidad a la normativa.
- Protección del conjunto de la instalación.
- Seguridad reforzada de los bienes y de las personas.
- Protección contra los disparos intempestivos.

La protección de cabecera evita que las sobretensiones transitorias penetren en el interior de la vivienda y provoquen el desgaste de los aislantes de los cables y la destrucción de los aparatos eléctricos más sensibles.

#### Consejos para el cableado

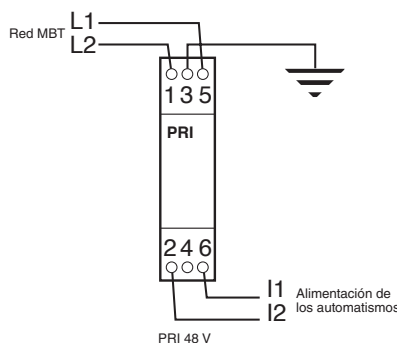
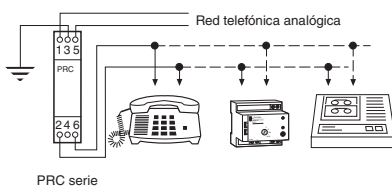
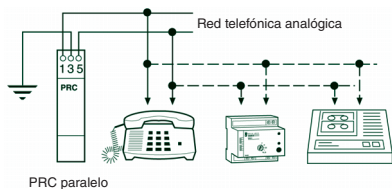
- Equipotencialidad de las masas y la tierra:
  - Todas las masas metálicas deben estar conectadas.
- Red de tomas de tierra única:
  - Una sola toma de tierra para el conjunto de los equipos eléctricos, informáticos y de comunicación.
- Reducir las superficies de bucle.
- Alejar los hilos de entrada al limitador de sobretensiones transitorias de los hilos de salida hacia la instalación.

#### Consejos para la instalación

- Colocar un limitador de sobretensiones transitorias PRD40, con un nivel de protección  $U_p$ : 1,2 kV en el cuadro principal de su instalación.

## 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Esquema de conexión para redes de comunicación



- Montar un interruptor automático de desconexión adaptado al limitador de sobretensiones transitorias, en este caso un C60 de 20 A curva C.
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias tipo PRC serie para proteger: el fax, el módem, el teléfono, etc.
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias tipo PRI 12-48 V para proteger el sistema de protección contra incendios y otros automatismos de la vivienda.

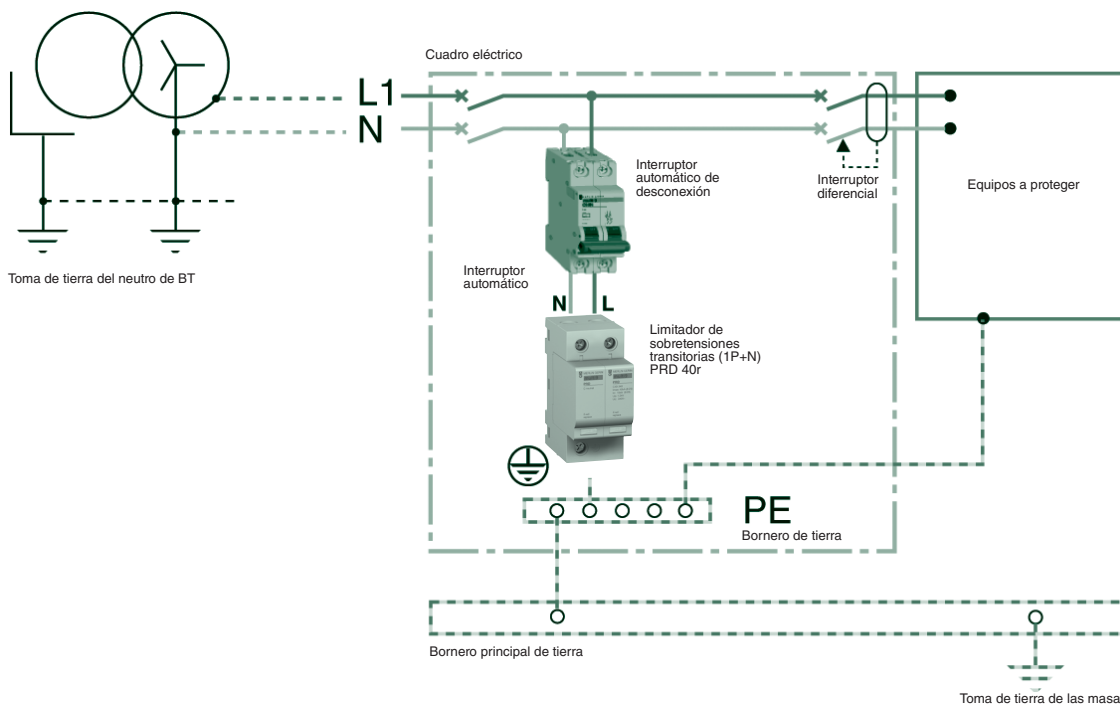
### Función de la protección

- Dirigir a tierra la corriente de descarga procedente de la red de alimentación, garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con la tensión de resistencia a los impulsos de descarga inherente a cada material.
- En caso de descarga cercana, la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido que se propaga en la red, quedan reducidos por el limitador de sobretensiones transitorias.

### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 15 \text{ kA (8/20)}$  por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:  
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.
- Asociado siempre a un disyuntor de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de choque de descarga que supere la capacidad de descarga máxima ( $I_{\text{máx}} = 40 \text{ kA}$ ) del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico



## Terciario



## 12.3 ¿Cómo proteger una estación de servicio contra las sobretensiones transitorias

**Sus necesidades**

Una estación de servicio compuesta por 3 tipos de edificios: el **garaje**, la **tienda** y las **bombas de carburante** equipadas con un **autómata de distribución 24/24** y una estación de **lavado automático**.

El edificio “garaje/tienda” alberga equipos sensibles como **microordenadores**, **cajas registradoras**, **teléfonos** y **frigoríficos** para la conservación de alimentos. La necesidad de continuidad del servicio es más elevada debido a la **transmisión de datos**.

La **seguridad** del emplazamiento contra los **incendios** y los riesgos de **explosión** es obligatoria.

**Entorno**

- Está protegido por un limitador de sobretensiones transitorias con dispositivo de cebado.
- Situado en la periferia de una gran aglomeración, esta estación de servicio puede estar sometida a sobretensiones de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es de TT.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **aparatos industriales** de tipo **motores**, **bombas**, **compresores**, **carteles**, **balizas** y **alumbrado**.
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para las **cajas registradoras**, la **informática** y los **autómatas programables** de regulación y distribución de fluidos.
  - Los aparatos de **telecomunicación** y **automatismos del edificio** necesitan una protección contra los rayos tipo PRI.

**Soluciones Schneider Electric**

- Dicho estudio conduce a recomendar la instalación de un limitador de sobretensiones transitorias en el edificio así como la protección de los equipos eléctricos contra las sobretensiones transitorias generadas por los rayos.
- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar los disparos intempestivos en las salidas de la tienda y las alarmas, se utilizarán interruptores diferenciales superinmunizados de tipo “sí”.
  - Para conseguir la máxima continuidad de servicio de la instalación, utilizaremos un reconector diferencial RED.
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un limitador de sobretensiones transitorias para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en la cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos en cuadros secundarios.

**Consejos para el cableado**

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

**Consejos para la instalación**

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera con  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA (8/20)}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias (\*).
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA (8/20)}$  y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 12 a 48 V para proteger los automatismos del edificio; la detección de incendios está instalada en serie con éstos.

(\*) Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

## Función de la protección con un limitador de sobretensiones transitorias

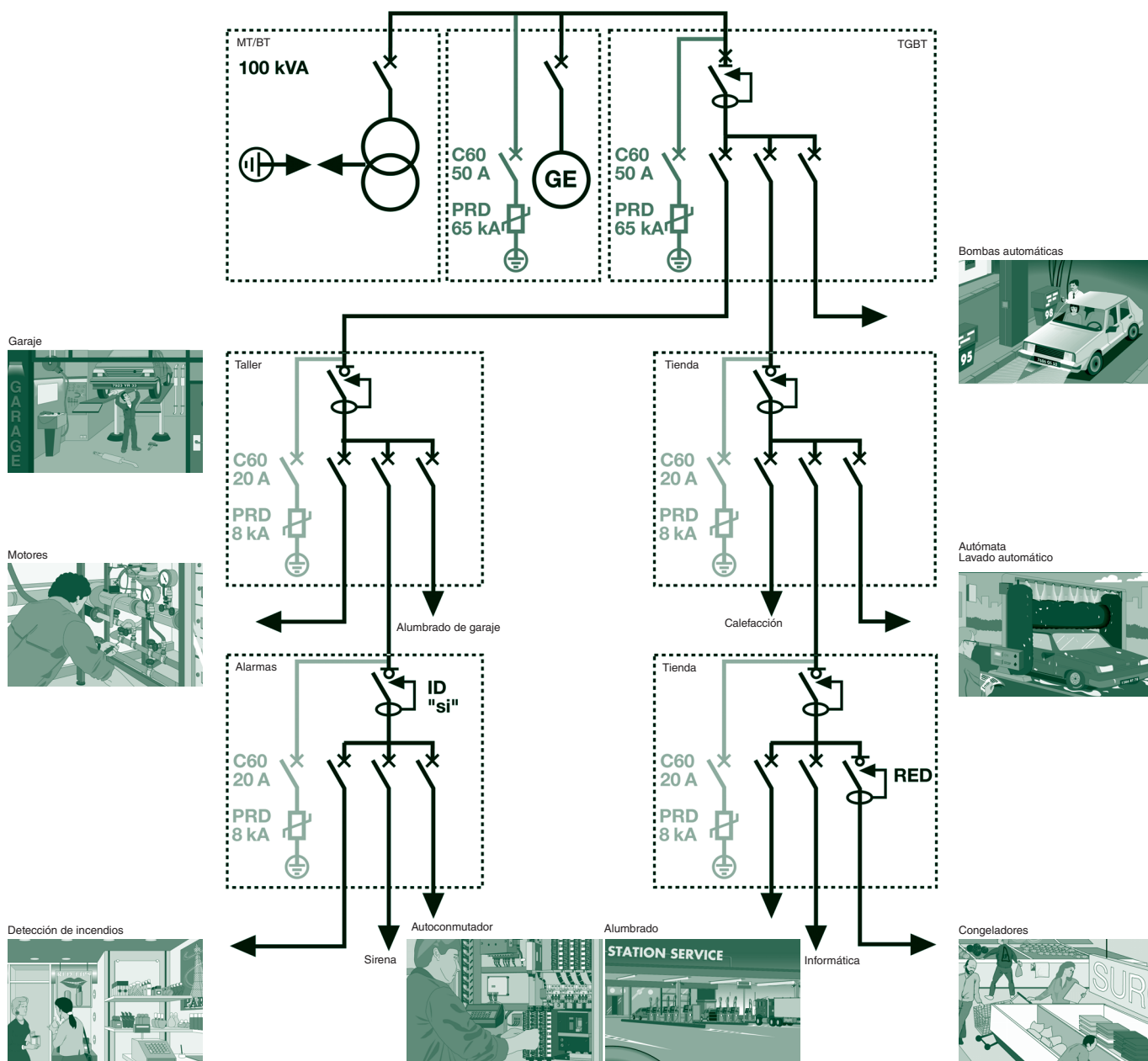
- Dirigir a la tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

## Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n = 20 \text{ kA (8/20)}$  por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:  
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.
- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

(\*) Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

## Esquema eléctrico



## Terciario



## 12.4 ¿Cómo proteger un edificio de oficinas contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

## Sus necesidades

Este edificio administrativo de 4 plantas situado en una gran ciudad alberga oficinas y su centro de tratamiento informático.

- Se compone:
  - De **oficinas**.
  - De mostradores de **recepción**.
  - De salas de **informática**.
  - De una sala de **comunicación**.
  - De un espacio de **restauración colectiva** que incluye: una cafetería, una cocina y un frigorífico.
  - Un **taller** de mantenimiento y una **caldera**.
  - Una sala de **archivos**.
  - En el exterior, un aparcamiento iluminado.

## Entorno

- Situado en una zona de fuerte densidad de descarga, este edificio está protegido con un limitador de sobretensiones transitorias colocado por encima de la maquinaria del ascensor.
- Rodeado de centros comerciales y residencias, domina el conjunto de los demás edificios y puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- La continuidad de servicio es necesaria para la alimentación eléctrica de los **refrigeradores** y los **congeladores**, y sobre todo para garantizar la transmisión de la información y de los datos desde el centro de tratamiento informático hacia la dirección regional, que impone la protección de los receptores contra los rayos.
- Los materiales principales que se deben proteger (**microordenadores, impresoras**, etc.), tienen una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_p \leq 1,5 \text{ kV}$ ) y un **coste importante**.
- Además, esta instalación alberga:
  - **Autoconmutadores**.
  - Un equipo de **extracción de humos** de la cocina.
  - Un sistema de **detección** y alarma contra **incendios**.
  - Alumbraos de seguridad.
  - Montacargas y **ascensores**.
  - El alojamiento del vigilante incluye el **teléfono, material hifi**, la **televisión** con su antena en la terraza y el sistema de **vigilancia remota** y **gestión del edificio**.
  - El aparcamiento exterior está equipado con farolas de baja altura.

## Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar los disparos intempestivos en las salidas de la tienda y las alarmas y para proteger la alimentación de la informática y el autoservicio, se utilizan interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
  - Para rearmar los diferenciales automáticamente en caso de disparo intempestivo utilizaremos un reconectador diferencial RED.
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un **pararrayos**, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias tipo 1 PRF1 y a continuación en cascada la instalación de un segundo limitador tipo 2 ( $I_{m\acute{a}x.} = 40 \text{ kA}$ ) situados en la cabecera de la instalación eléctrica, y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos y a más de 10 metros del limitador de sobretensiones transitorias de cabecera.

## Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

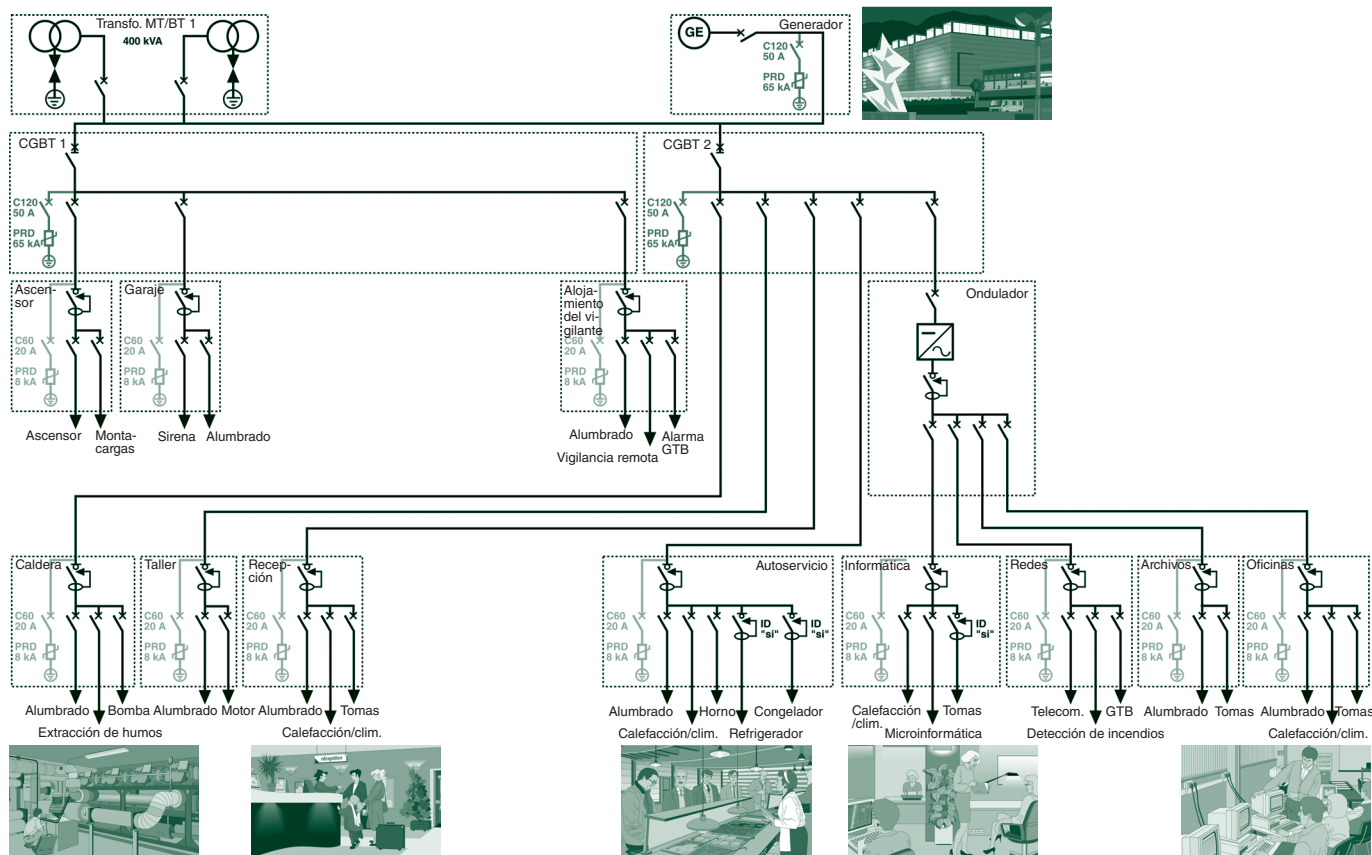
### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de cabecera tipo 1 PRF1 (10/350) y en cascada un tipo 2,  $I_{m\acute{a}x.} = 40 \text{ kA}$  (8/20).
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias (\*).
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{m\acute{a}x.} = 8 \text{ kA}$  (8/20) y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI 48 V que protege la red de telecomunicaciones está instalado en serie con ésta.

(\*). Debe elegirse el automático de desconexión con un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto de la instalación.

**Nota:** el PRD 40r está equipado con un sistema de señalizacion a distancia de información hacia el puesto de vigilancia que indica el final de vida del limitador de sobretensiones transitorias y la necesidad de sustituir el cartucho intercambiable.

## Esquema eléctrico



## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Terciario



#### 12.5 ¿Cómo proteger contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico la instalación eléctrica de una residencia de la tercera edad?

##### Sus necesidades

- Un sistema de **señalización de incendios** con señalización a distancia de la información, **alarma** general selectiva y sirena de baja intensidad.
- Un dispositivo con **puertas cortafuegos** de seguridad contra incendios.
- Un **control de acceso de parada del ascensor** y **extracción de humos**.
- Un equipo de **vigilancia de vídeo**.
- Además, está equipado con diferentes locales de uso general:
  - **Enfermería** con timbre de noche, **farmacia**.
  - **Restaurante, cocina** con **congeladores**.
  - Una oficina con material **informático** (PC, impresora).
  - Una sala de **televisión**.

##### Entorno

- Situado en la periferia de una gran aglomeración, este establecimiento puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- Riesgo medio de caída de rayos.
- Está alimentado por una línea aérea de baja tensión trifásica + neutro.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material que se debe proteger:
  - Tiene un **coste importante**.
  - Tiene una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \geq 4 \text{ kV}$ ) para los aparatos de **ventilación y alumbrado**.
  - Tiene una tensión de resistencia a los impulsos normal ( $U_{\text{impulsos}} \geq 2,5 \text{ kV}$ ) para los **lavavajillas, hornos, refrigeradores, congeladores**.
  - Tiene una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para los **equipos informáticos, la televisión, los dispositivos de alarma** y de **telecomunicación**.
  - Los aparatos de telecomunicación y **automatismos del edificio** (detección de incendios y GTB) necesitan una protección contra los rayos tipo PRI.

##### Soluciones Schneider Electric

- La protección contra incendios y la continuidad de la alimentación de los receptores es especialmente importante en este tipo de establecimientos que recibe personas con movilidad reducida.
- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos, deben utilizarse interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
  - Para rearmar los diferenciales automáticamente en caso de disparo intempestivo utilizaremos un reconector diferencial RED.
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un limitador de sobretensiones transitorias para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en la cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

##### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las redes de masas y tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

##### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de cabecera  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA (8/20)}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V para proteger los automatismos del edificio; la detección de incendios está instalada de serie con éstos.

# 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a la tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

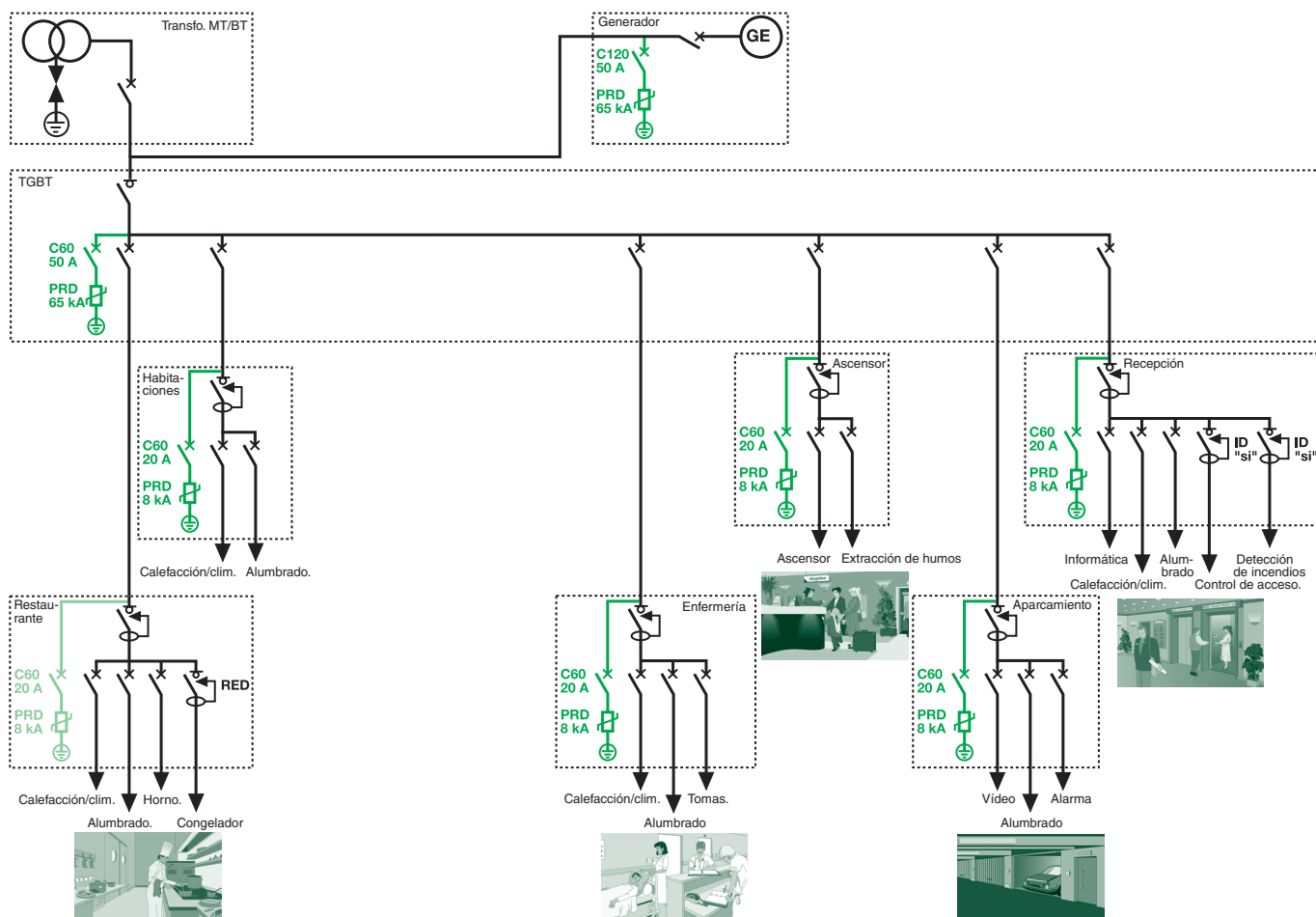
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 5 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

## Esquema eléctrico





## Terciario



## 12.6 ¿Cómo proteger un instituto o universidad contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

**Sus necesidades**

El instituto incluye varios edificios:

- 2 edificios: “colegio” e “internado” de 2 plantas con ascensor.
- 1 gimnasio: vestuarios y campo de deportes.
- 1 edificio de media pensión: restaurante y cocina.
- 1 taller técnico y una caldera de gas.
- 1 edificio administrativo.

Este lugar está sujeto a la normativa sobre protección contra incendios y dispone de un **sistema de seguridad** y de alarma contra incendios como todos los establecimientos escolares o colonias de vacaciones que disponen de **zonas de descanso**. Se recomienda vigilar la continuidad de servicio de los dispositivos de **detección automática** y de **alarma contra incendios** en cualquier circunstancia, incluso en caso de sobretensiones transitorias de origen atmosférico.

**Entorno**

- Situado en la periferia de una gran aglomeración, este establecimiento puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico, asociadas a descargas cercanas o alejadas.
- Riesgo medio de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material que se debe proteger es de **coste medio**, pero al no disponer el establecimiento de un gran presupuesto para la previsión de riesgos (sustitución), es indispensable proteger adecuadamente los **aparatos sensibles: microscopios electrónicos, aparatos de medida, equipos electrónicos e informáticos**.
- Numerosos materiales pedagógicos tienen una resistencia a impulsos de tensión reducida ( $U_{impulsos} \leq 1,5 \text{ kV}$ ), en particular los de las aulas de trabajos prácticos: **biología, química, electrónica e informática** necesitan una protección adaptada contra los rayos lo más cerca posible de los receptores. Lo mismo ocurre para los **dispositivos de alarma** y de **detección de incendios**. El edificio, de construcción tradicional, no cuenta con dispositivos particulares de puesta a tierra, pero cumple las normas vigentes.

**Soluciones Schneider Electric**

- El armario de distribución principal de BT (CGBT) instalado en el local técnico del edificio del colegio dispone de protección contra los rayos de 40 kA (limitador de sobretensiones transitorias de BT desenchufable PRD40 asociado a un interruptor automático de desconexión de 20 A). Los cuadros secundarios de distribución, repartidos en cada planta de los demás edificios, están protegidos mediante limitadores de sobretensiones transitorias de BT de 8 kA (limitador de sobretensiones transitorias PRD 8 asociado a un interruptor automático de desconexión de 20 A).
- Los aparatos de telecomunicación y de alarma contra incendios están protegidos por limitadores de sobretensiones transitorias de comunicación de tipo:
  - PRC, para las redes telefónicas analógicas.
  - PRI 12/48 V para las redes telefónicas digitales y automatismos.
  - PRI 6 V para las redes informáticas.

**Ventajas de la solución**

- Limitador de sobretensiones transitorias de cabecera: deriva la corriente de descarga a tierra y limita las sobretensiones transitorias de los equipos situados cerca (alejados a 30 m como máximo).
- Limitador de sobretensiones transitorias de protección fina: situados cerca de receptores sensibles, reducen la tensión entre F-T y N-T a fin de que la tensión asignada de resistencia a los impulsos sea inferior a 1.500 V.
- Conforme a la normativa.

**Consejos para el cableado**

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Consejos para la instalación

- Alejar los cables de llegada al limitador de sobretensiones transitorias de los cables de salida hacia la instalación.
- Asociar sistemáticamente al limitador de sobretensiones transitorias un interruptor automático de desconexión.
- Si el edificio cuenta con pararrayos, procede instalar un limitador de sobretensiones transitorias en cabecera de tipo 1 PRF1 y a continuación en cascada la instalación del limitador tipo 2 ( $I_{m\acute{a}x.} = 40 \text{ kA}$ ).

### Función del interruptor automático de desconexión

- Aislar el limitador de sobretensiones transitorias del resto de la instalación en caso de superarse la capacidad de descarga  $I_{m\acute{a}x.}$  después de una descarga especialmente intensa.

Cuando el interruptor automático queda abierto, los receptores ya no están protegidos contra las sobretensiones atmosféricas.

Se recomienda en tal caso cambiar el limitador de sobretensiones transitorias.

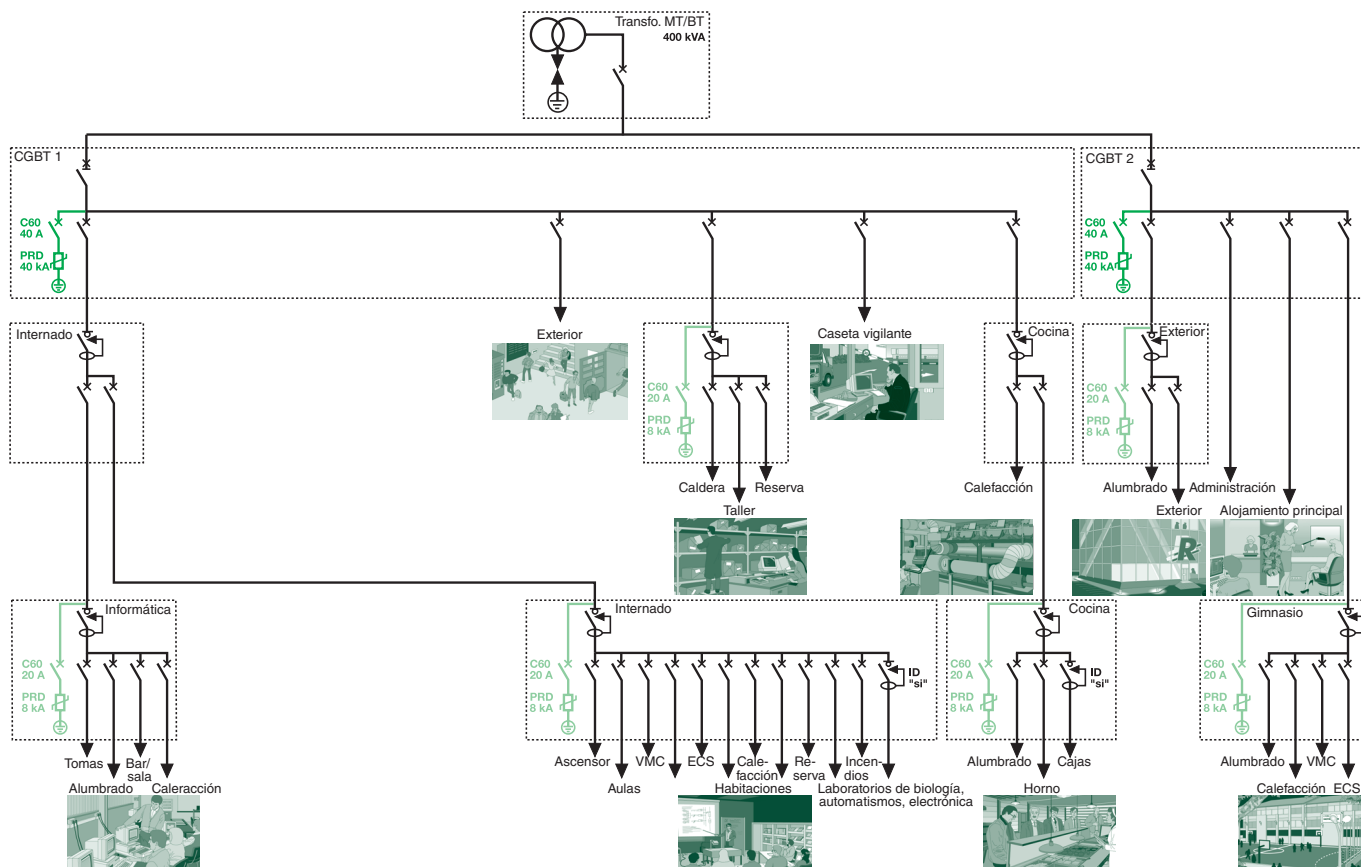
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 2 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima (8 kA) del limitador de sobretensiones transitorias.

## Esquema eléctrico



## Terciario



### 12.7 ¿Cómo proteger la instalación eléctrica de un supermercado contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

#### Sus necesidades

Este supermercado de 500 m<sup>2</sup> está equipado con una superficie de venta con cámaras de frío y una **caja registradora** con **terminal para tarjetas de crédito**, un local de **reserva** y **almacenamiento**, una **oficina** con material **informático** (PC, impresora, fax) para gestión de stock y tratamiento de pedidos.

#### Entorno

- Situado en una aglomeración, este establecimiento puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- Riesgo medio de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material que debe protegerse tiene un **coste medio**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **motores**, los **compresores** de los **refrigeradores** y **congeladores** (cámaras de frío), las **tomas de corriente**, la **calefacción** y la **iluminación**.
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para los dispositivos de **alarma** y control de acceso, y la **informática** (caja, tarjetas crédito, PC).
- Los aparatos de **telecomunicación** necesitan también una protección contra sobretensiones transitorias.
- Puesto que el edificio no está equipado con limitador de sobretensiones transitorias, la oficina técnica ha procedido a evaluar el riesgo de sobretensión con el fin de determinar la protección con limitador de sobretensiones transitorias adaptada.

#### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad de servicio para las zonas de las cámaras de frío:
  - Se utilizan interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si" con el fin de evitar disparos intempestivos en el momento del paso de la onda de descarga.
  - Para conseguir la máxima continuidad de servicio de la instalación, utilizaremos un reconector diferencial RED.
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Prever un limitador de sobretensiones transitorias situado en el CGBT.
  - Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de protección fina en cada cuadro 1 y 2 que alimenta los equipos sensibles situados a más de 10 m del limitador de sobretensiones transitorias de cabecera.
  - Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la red de telecomunicación para proteger los aparatos alimentados de tipo alarma contra incendios, módem, teléfono, fax.

#### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

#### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias  $I_{\text{máx.}} = 40 \text{ kA}$  (8/20) y un interruptor automático de desconexión C60 de calibre 40 A.
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA}$  (8/20) y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.

#### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

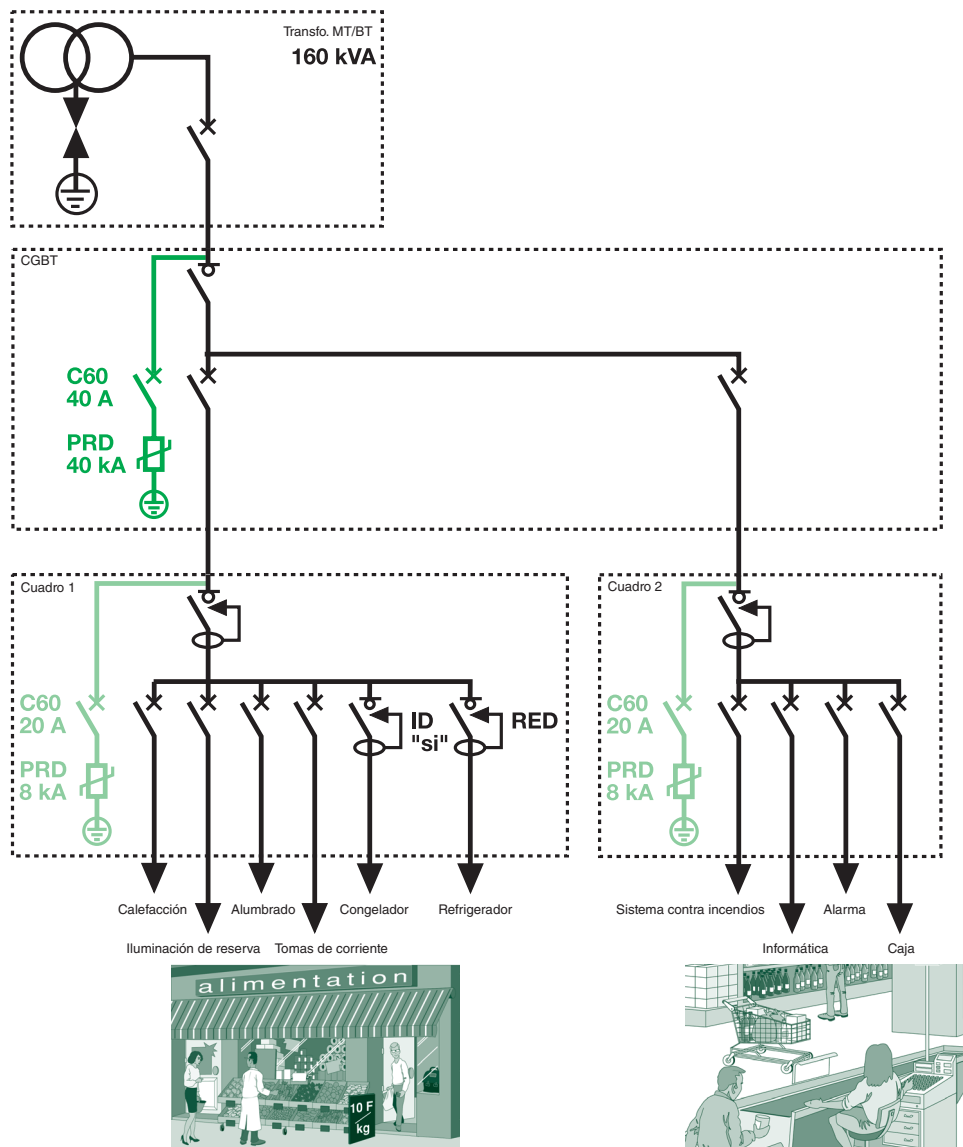
- $I_n \geq 2 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.

- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico



## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Terciario



#### 12.8 ¿Cómo proteger un taller-laboratorio de un hipermercado?

##### Sus necesidades

Esta tienda de venta al por menor con una superficie total de 2.500 m<sup>2</sup> incluye más de 40.000 referencias de las cuales 5.000 son alimentarias. Dispone de un espacio para la elaboración de los productos alimentarios, con 2 cámaras de congelación y 2 cámaras de refrigeración para las materias primas y los productos acabados.

Integra también:

- Hornos eléctricos.
- Placas calefactoras.
- Batidoras mezcladoras.
- Amasadoras.

Este laboratorio necesita una **continuidad de servicio total** que respete la **cadena de frío** y la **higiene alimentaria** de los productos a lo largo de toda la elaboración. Es obligatorio proteger los alimentos y los productos acabados.

##### Entorno

- Esta gran superficie de distribución está protegida por una protección primaria de vara sencilla y una jaula mallada compuesta de una armadura metálica.
- Situado en la periferia de una gran aglomeración, este taller-laboratorio puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociados a descargas directas o indirectas.
- Riesgo elevado de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante**.
- La resistencia de tensión a los impulsos de los materiales que deben protegerse:
  - Es elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **aparatos industriales** tipo **motores, ondula-dores, etc.**, y para la **iluminación**.
  - Es reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para los **aparatos sensibles** tipo **cajas registrado-ras, ordenadores, automatismos y control de acceso**.

##### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos, deben utilizarse interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
  - Para conseguir la máxima continuidad de servicio de la instalación, utilizaremos un reconectador diferencial RED.
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas.
  - Puesto que el edificio está equipado con un limitador de sobretensiones transitorias para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

##### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

##### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en cabecera con  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$  (8/20).
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA}$  (8/20) y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V para proteger los automa-tismos del edificio; la detección de incendios está instalada en serie con éstos.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

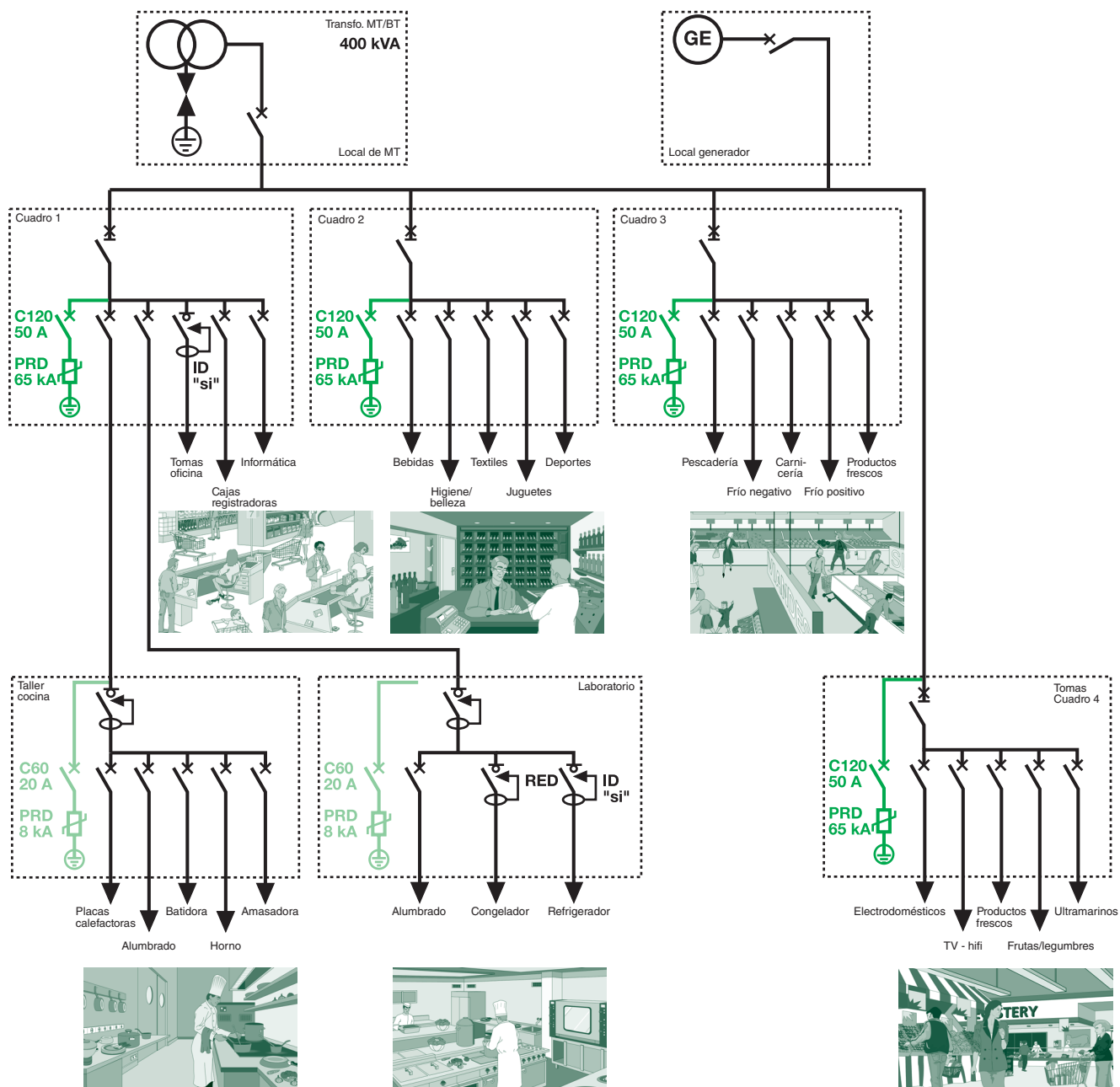
### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 2$  kA (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:  
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.
- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

## Esquema eléctrico



## Terciario



### 12.9 ¿Cómo proteger la sede social de una empresa y sus diferentes edificios contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

#### Sus necesidades

La sede social de una gran empresa de distribución de alimentos alberga a 1.800 personas en 10 edificios con una superficie total de 60.000 m<sup>2</sup>.

- La energía eléctrica se distribuye a través de **8 puestos de AT/BT** compuestos por:
  - Células modulares de la gama SIM6 equipadas con unidades de mando Sepam 2000 y baterías de condensadores de compensación de energía reactiva para una potencia de 880 kVAr.
  - **Transformadores de 630 a 1.000 kVA.**
  - CGBT con Masterpact y Compacts NS motorizados.
  - La distribución BT se realiza mediante **transformadores de seguridad BT/BT de 80 a 250 kVA** y está respaldada por un **ondulador EPS 2000** de 120 kVA.
  - El sistema de protección y de mando se realiza a través de 9 sistemas de supervisión Isis 2000, 8 autómatas TSX 47/67 y 30 variadores de velocidad ATV16 y ATV66. Con el fin de garantizar la continuidad de servicio en los 10 edificios, conviene instalar limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros de distribución de la sede social.

#### Entorno

- Situado en la periferia de una gran aglomeración, este conjunto puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- Riesgo medio de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- Puesto que los edificios están alejados los unos de los otros, todos están equipados con limitador de sobretensiones transitorias con dispositivo de cebado.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **aparatos tipo motores, bombas, compresores, tomas de corriente, ventilación y alumbrado.**
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para las **centrales de gestión** automática de los automatismos necesarios para la disponibilidad de los equipos, para la **Gestión Técnica del Edificio** (GTB) destinada a la iluminación, la **regulación** de la temperatura, el cierre de los toldos, la **central de acceso**, la detección de intrusiones, la **televigilancia**, el sistema de **seguridad contra incendios** y el material **informático.**

#### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos, deben utilizarse interruptores diferenciales superinmunizados de tipo "si".
  - Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
    - Puesto que los edificios están equipados con **pararrayos** para protegerlos contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones tipo 1 PRF1 y a continuación en cascada la instalación de un segundo limitador tipo 2 ( $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$ ) situados en la cabecera de la instalación eléctrica de cada edificio, y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

#### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra de los edificios.
- Las redes de tierra de cada edificio deben estar interconectadas.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

#### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera tipo 1 PRF1 (10/350) y en cascada un tipo 2  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$  (8/20).

## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Instalar limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{r\max} = 8 \text{ kA}$  (8/20) y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A en cascada con la protección de cabecera (edificios A y F).
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V para proteger los automatismos del edificio; la detección de incendios está instalada en serie con éstos.

### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

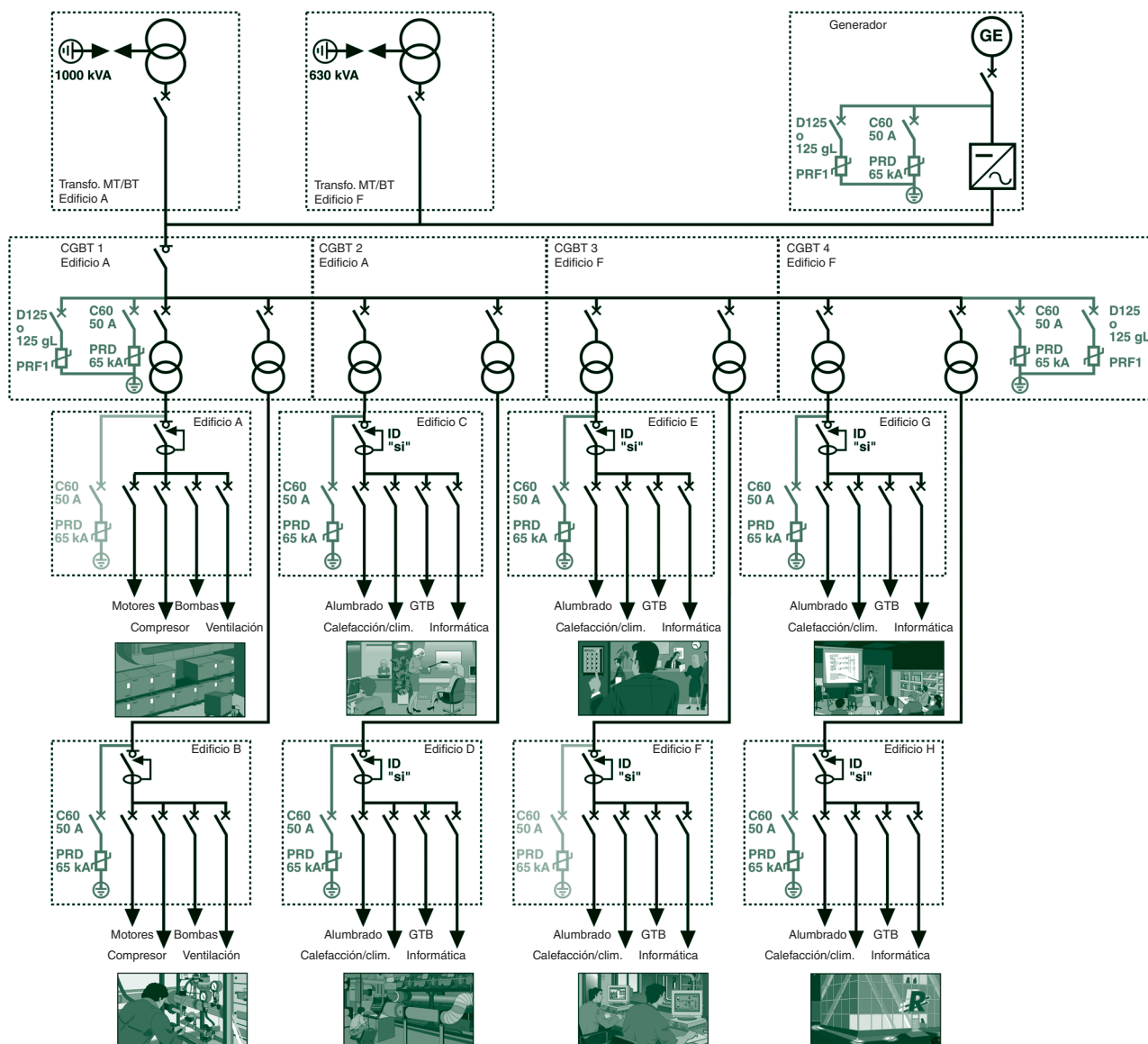
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_r \geq 5 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico





## Terciario



## 12.10 ¿Cómo proteger un edificio agrícola de ganadería contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

**Sus necesidades**

Esta instalación de producción láctea con unas cincuenta cabezas incluye un “establo”, con una reserva de heno, una **sala de tratamiento de la leche** equipada con **ordeñadoras semiautomáticas**, una **unidad de pasteurización y refrigeración** a fin de conservar las cualidades bacteriológicas y gustativas de la leche.

Las protecciones contra los rayos tienen por objeto limitar los riesgos de incendio y proteger los equipos para **garantizar la conformidad del producto** con las normas sanitarias y veterinarias.

Esta explotación incluye asimismo un edificio residencial equipado con material informático de gestión.

**Entorno**

- Esta granja de ganadería:
- Está situada en una zona montañosa fuertemente expuesta a los riesgos de descargas; además, está rodeada de numerosos árboles de gran altura que atraen los rayos.
- Está alimentada por una línea aérea de baja tensión trifásica + neutro.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- Riesgo elevado de caída de rayos.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante** y tiene:
  - Una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \geq 4 \text{ kV}$ ) para los aparatos tipo **motores, bombas, compresores y alumbrado**.
  - Una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para el **materi al informático** como PC e impresoras.
- La protección de la red eléctrica contra las sobretensiones transitorias atmosféricas se realiza mediante limitadores de sobretensiones transitorias modulares tipo PRD.
- La instalación telefónica, que incluye un teléfono y un fax conectados a la cooperativa local, necesita una protección contra los rayos tipo PRC serie.

**Soluciones Schneider Electric**

- Puesto que la explotación incluye varios edificios, es importante prever la interconexión de las redes de tierra con el fin de obtener una correcta equipotencialidad y garantizar la eficacia de las protecciones de los limitadores de sobretensiones transitorias.
  - El armario de distribución principal (CGBT) instalado en el taller del edificio agrícola dispone de limitador de sobretensiones transitorias de cabecera con una  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$ .
- Otros limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina están instalados en los cuadros secundarios respectivamente en el alojamiento, el establo y las unidades de producción láctea.

**Consejos para el cableado**

- Asegurarse de la equipotencialidad de las redes de masa y tierra de cada edificio y la interconexión de éstas.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

**Consejos para la instalación**

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera con  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Prever un interruptor diferencial de tipo “si” para evitar los disparos intempestivos
- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias tipo PRC serie en la línea telefónica.

**Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias**

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

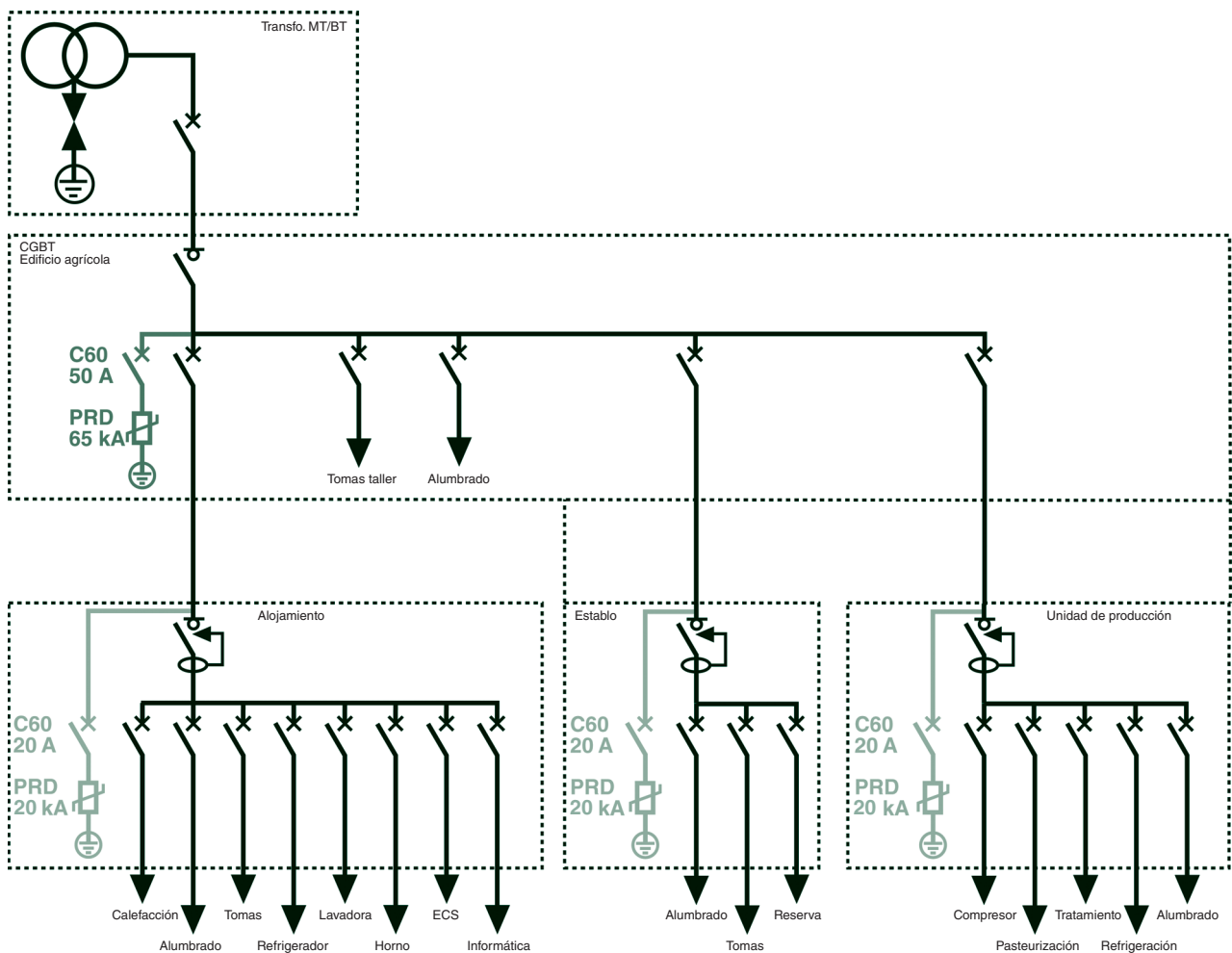
## Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 5 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

## Esquema eléctrico



## Industria



## 12.11 ¿Cómo proteger la instalación eléctrica de una empresa de plásticos en caso de tormenta?

## Sus necesidades

- Un **taller de moldeo** por inyección.
- Locales de **almacenamiento** de materias primas y productos acabados.
- Un **laboratorio de ensayos** y una **sala de control**.
- Una **sala de recepción** y **exposiciones**.
- **Oficinas** y una **sala de informática**.

## Entorno

- Está protegido por un **pararrayos**.
- Situado en la periferia de una gran aglomeración, este establecimiento puede estar sometido a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- Riesgo medio de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es de TT.
- El material que debe protegerse tiene un **coste medio**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **motores**, los **compresores**, las **tomas de corriente**, la **ventilación** y el **aluminado**.
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para los **autómatas programables** de regulación y distribución de fluidos, la **televisión** de la sala de exposiciones, los dispositivos de **alarma** y de control de acceso y la informática.
- Los aparatos de **telecomunicación** y **automatismos del edificio** necesitan una protección contra los rayos (detección de incendios y GTB).

## Soluciones Schneider Electric

- Recomendar la instalación de un limitador de sobretensiones transitorias en el edificio así como la protección de los equipos eléctricos contra las sobretensiones transitorias generadas por los rayos.
- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos de los automatismos y para proteger los equipos de la línea 2 se utilizan interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un pararrayos para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

## Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

## Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera tipo 1 PRF1 y a continuación en cascada la instalación de un segundo limitador tipo 2 ( $I_{\text{máx.}} = 40 \text{ kA}$ ) en cuadros principales.
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Instalar limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA}$  (8/20) y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V para proteger los automatismos del edificio; la detección de incendios está instalada en serie con éstos.

## Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

# 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

## Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

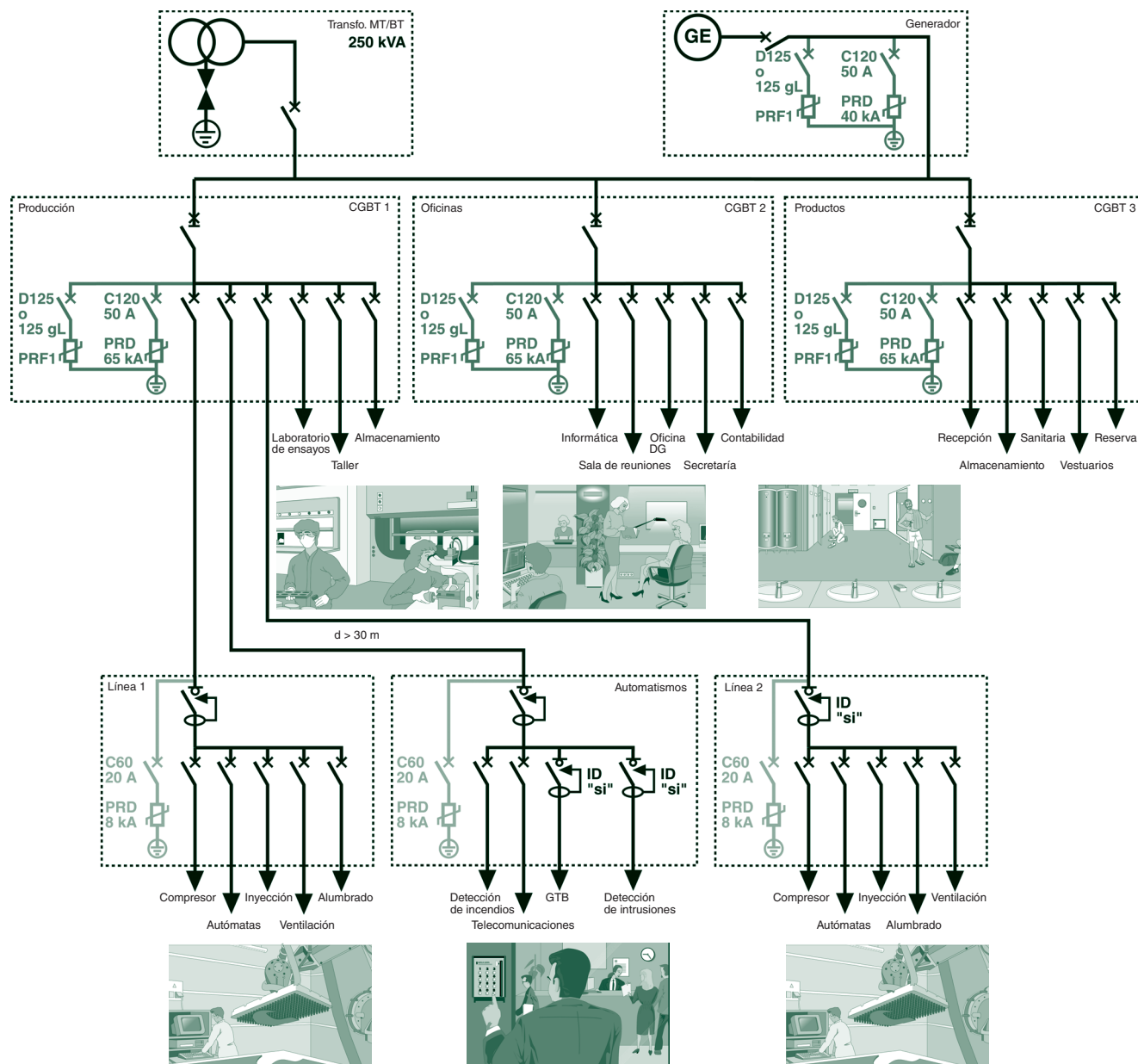
- $I_n \geq 2 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.

- Señalización de final de vida en la parte frontal:

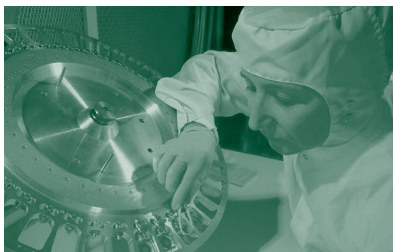
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

## Esquema eléctrico



## Industria



### 12.12 ¿Cómo proteger contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico un centro de logística de la industria cosmética?

#### Sus necesidades

Esta instalación, destinada a la industria cosmética, cuenta con edificios de servicios generales incluidos salas de informática, **caldera**, ascensores, **climatizador**, **tiendas de preparación y almacenamiento**.

Las protecciones contra los rayos tienen por objeto limitar los riesgos de incendio y explosión y proteger el conjunto de los sistemas informáticos y las redes de comunicación.

- Los **riesgos de incendio** pueden surgir en:
  - Combustibles sólidos: cartones (embalaje), madera (paletas), polietileno (películas para embalaje).
  - Combustibles líquidos: alcoholes (que componen los cosméticos), combustible doméstico (calefacción).
- Los **riesgos de explosión** pueden aparecer en:
  - El **almacenamiento** de productos de cosmética que contienen **alcohol**.
  - El **taller** de carga de las **carretillas elevadoras** (baterías).
  - Los **depósitos de propano**.
  - Las **bombas de aerosoles** (de butano).
  - Las **calderas** (combustible).

#### Entorno

Esta instalación, con una superficie construida de 12.500 m<sup>2</sup>, está situada en una zona industrial en una parcela con una superficie total de 40.000 m<sup>2</sup> y a lo largo de una carretera nacional en una región de baja densidad de descargas atmosféricas. Las 3 chimeneas de la caldera constituyen elementos que atraen los rayos y están protegidas con un pararrayos.

- Además, algunos edificios están equipados con:
  - **Antenas de TV y telecomunicaciones**.
  - **Torres de extracción** de humos y condensados.
  - **Cajas de recuperación de aire nuevo y ventilación** en cubetas de almacenamiento.
- Una **farola** de gran altura se encarga del alumbrado exterior de los aparcamientos.
- El terreno es de tipo calcáreo recubierto de grava.
- Se ha instalado un circuito de tierra que rodea el edificio principal con ramificaciones para la conexión a tierra de las estructuras metálicas con el fin de garantizar la correcta equipotencialidad de las masas.

#### Soluciones Schneider Electric

- El edificio principal, constituido de armaduras y postes metálicos, actúa como una jaula mallada natural.
- Colocar limitadores de sobretensiones transitorias con un nivel de protección  $U_p$ : 2 kV (secundario transformador y grupo electrógeno) en todos los puestos de transformación de BT de la fábrica.
- Para los equipos sensibles o que presenten un factor agravante del riesgo, colocar limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina en los cuadros secundarios cerca de:
  - Servidores informáticos.
  - Centrales de alarma y detección de incendios.
  - Cuadros sinópticos de supervisión y notificación de alarmas al puesto de vigilancia autoconmutador telefónico.
  - Dispositivos de buscapersonas.
  - Dispositivos de seguridad y detección de gas.
  - Sirenas de incendios.
- Proteger las alimentaciones del alumbrado exterior, generalmente muy expuesto, mediante limitadores de sobretensiones transitorias de BT, en la medida de lo posible en el punto de entrada de las estructuras.
- Proteger las líneas telefónicas internas y externas para permitir llamadas de emergencia, mediante un limitador de sobretensiones transitorias para redes de comunicación.

# 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

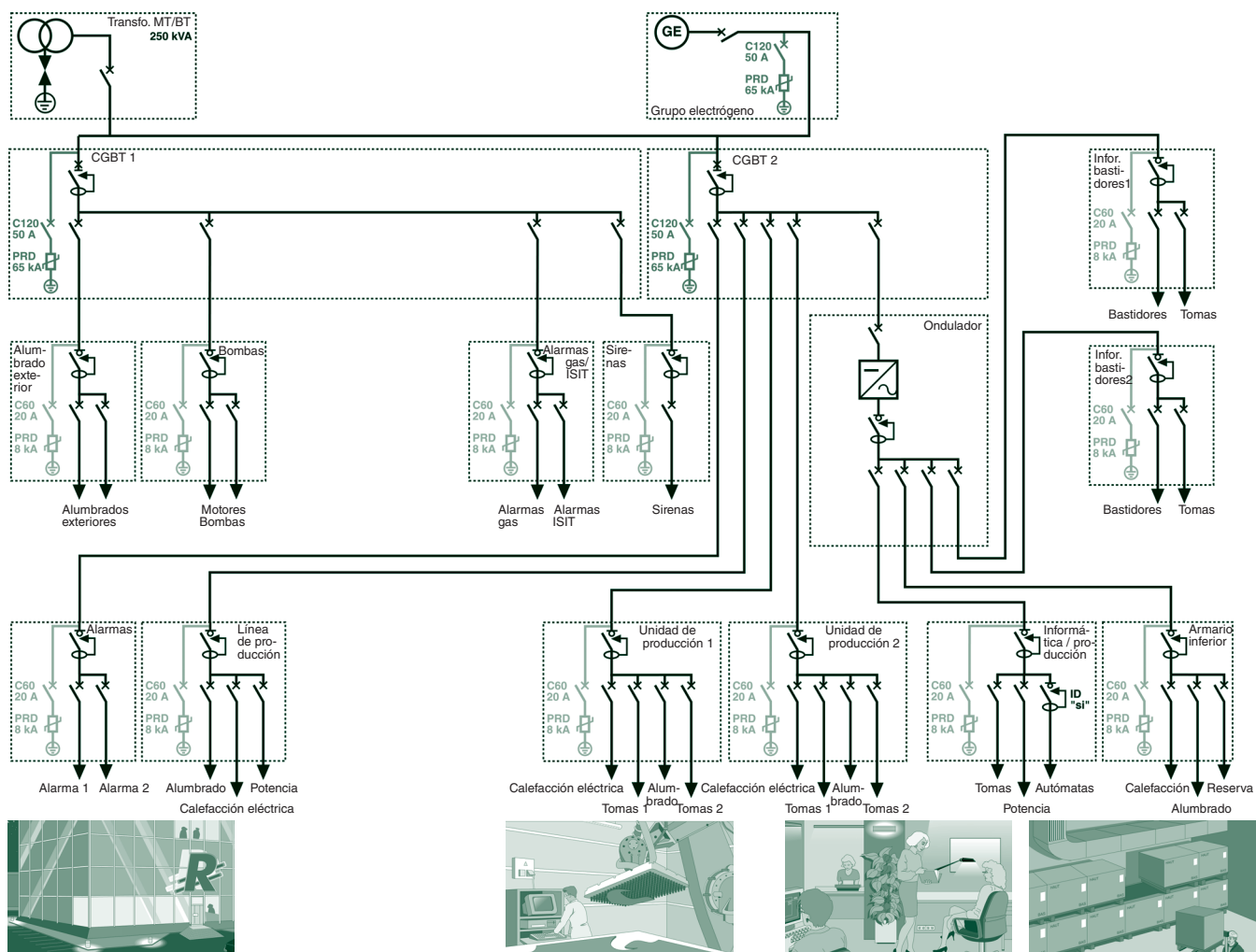
### Consejos para el cableado

- Realizar un enlace equipotencial general que reúna: circuitos de tierra, canalizaciones (agua, gas e incendios), conductores de protección y fleje de cables.
  - Conectar al plano de masa las pantallas de los cables, los drenajes, los 2 extremos de los cabos no utilizados de los cables multiconductores (reglas CEM).
- Dejar una distancia de 30 cm entre los cables telefónicos y los cables eléctricos perturbadores (AT, BT).

### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

## Esquema eléctrico



## Industria



### 12.13 ¿Cómo proteger una línea de embotellado industrial contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

#### Sus necesidades

En esta instalación industrial de producción de agua mineral con gas, el encargado de la explotación desea proteger la línea de embotellado con una capacidad de 12.000 botellas/hora.

La cadena incluye:

- Una **envasadora**.
- Una **tajonadora**.
- Una **encapsuladora**.
- Una **prelisadora**.
- Una **selladora**.
- Tres **cintas transportadoras**.

Estas máquinas funcionan con motores de corriente alterna con una potencia de 0,5 a 5 kW.

Para que la instalación funcione correctamente son necesarios **flujos idénticos** para cada máquina y una **continuidad de servicio** que garantice al mismo tiempo la **seguridad de las personas**.

#### Entorno

- Está protegido por un pararrayos.
- Situado en la periferia de una gran aglomeración, esta línea de embotellado puede estar sometida a sobretensiones transitorias de origen atmosférico asociadas a descargas directas o indirectas.
- Riesgo elevado de caída de rayos.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los **aparatos industriales** de tipo **motores, bombas, compresores, cintas transportadoras**.
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para la **informática** y los **autómatas programables** de control y producción.
  - Los aparatos de **telecomunicación** y **automatismos del edificio** necesitan una protección contra los rayos (detección de incendios y GTB).

#### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos de los automatismos, deben utilizarse interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un pararrayos para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en la cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

#### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

#### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en cabecera con  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA (8/20)}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Instalar limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA (8/20)}$  y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V que protege los automatismos del edificio y la detección de incendios está instalado en serie con éstos.

## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de tierra y el campo magnético inducido.

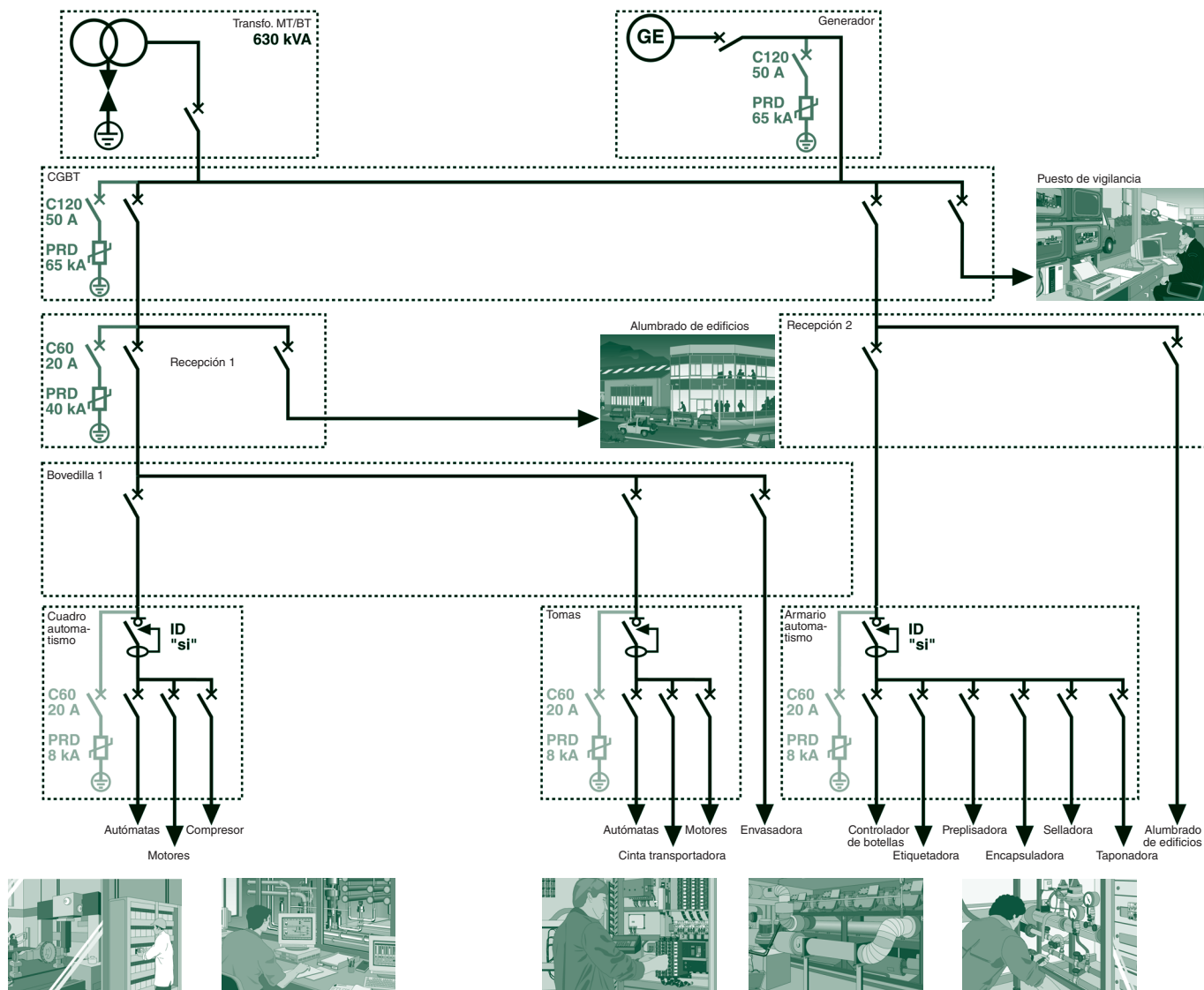
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 2 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico





## Industria



### 12.14 ¿Cómo proteger la central de vapor de una fábrica de papel contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

#### Sus necesidades

Esta instalación industrial de fabricación de papel en continuo consume gran cantidad de energía, especialmente para el secado de la pasta.

Son necesarias aproximadamente 2 toneladas de vapor de agua para fabricar 1 tonelada de papel.

Para producir a partir de papel reciclado 200 toneladas diarias de papel de embalaje, se ha instalado una **central de vapor** completamente **automatizada**.

Esta unidad produce 100.000 toneladas de vapor al año, con 15 bares de presión, a la vez que permite **reducir** al máximo los **gastos de explotación**, garantizando al mismo tiempo la **seguridad** y la **continuidad de servicio total**.

La producción de papel no debe detenerse nunca, ya que ello generaría costes de arranque y mantenimiento importantes.

#### Entorno

- Esta instalación incluye dos **calderas** con quemadores mixtos **gas/combustible**, una **caldera eléctrica** de electrodos sumergidos alimentada por un puesto de media tensión, una cadena de **tratamiento del agua** con **bombas dosificadoras** y un **desgasificador térmico**.
- Está protegida con un limitador de sobretensiones transitorias con dispositivo de cebado.
- El esquema de las conexiones a tierra de la red es TT.
- Riesgo elevado de caída de rayos.
- El material que debe protegerse tiene un **coste importante**:
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \leq 4 \text{ kV}$ ) para los aparatos industriales tipo **motores, bombas, compresores y válvulas electromecánicas** de alimentación de gas y combustible.
  - Con una tensión de resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para los **automatas programables** de regulación del vapor así como el puesto de vigilancia equipado con **material informático** como PC e impresoras.
- Los aparatos de **telecomunicación y automatismos de gestión centralizada** requieren una protección específica contra los rayos.

#### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad del servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar los disparos intempestivos en las salidas de procesos y automatismos, se utilizarán interruptores diferenciales superinmunizados tipo "si".
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con un pararrayos para protegerlo contra las descargas directas, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias que esté situado en **cabecera** de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

#### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

#### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en **cabecera** con  $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA (8/20)}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Instalar limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina  $I_{\text{máx.}} = 8 \text{ kA (8/20)}$  y los interruptores automáticos de desconexión asociados C60 de calibre 20 A.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V para proteger los automatismos del edificio y la detección de incendios está instalado en serie con éstos.

## 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

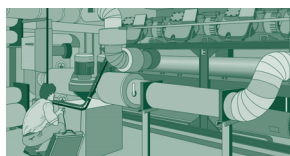
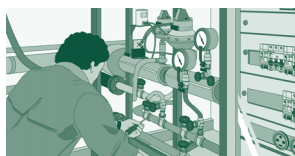
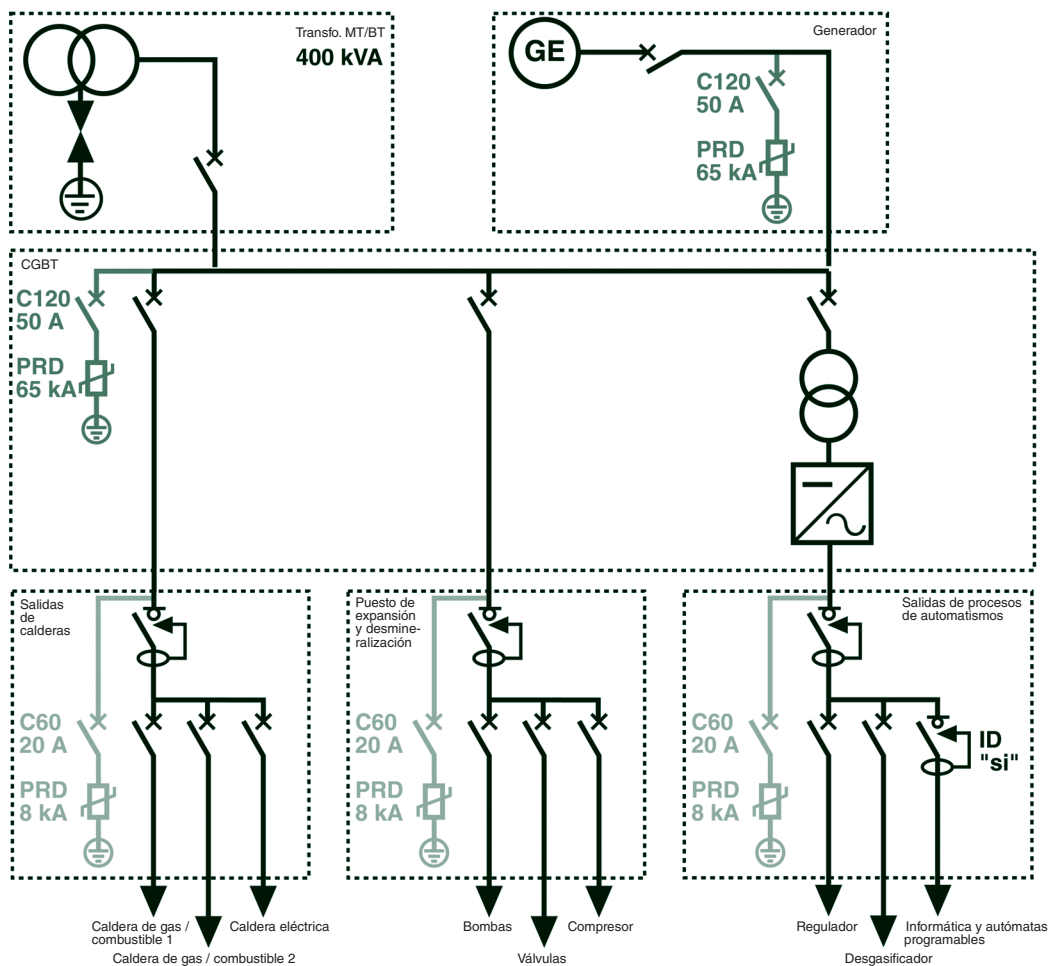
### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de tierra y el campo magnético inducido.

### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 2 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:  
La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.
- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico



## Infraestructuras



## 12.15 ¿Cómo proteger la instalación eléctrica de una planta eólica en caso de tormenta?

**Sus necesidades**

Esta planta eólica es una instalación de pruebas de producción de energía eléctrica renovable. Permite estudiar el comportamiento de varios motores eólicos con una potencia de 750 a 2.000 kW y medir su rendimiento.

El encargado de la explotación desea proteger la instalación contra los efectos de los rayos para garantizar a sus clientes (gestores de energía y fabricantes de motores eólicos) las mejores condiciones posibles de explotación. Debe asimismo garantizar una continuidad de servicio permanente para contribuir así a la calidad general de la energía producida en la red.

**Entorno**

- Este conjunto está instalado en una región montañosa, en crestas **fuertemente expuestas** a las sobretensiones transitorias de origen atmosférico.
- La instalación está sometida a descargas directas e indirectas.
- Estos motores eólicos cuentan con un dispositivo de protección contra los rayos conforme con la norma IEC 62305 que incluye:
  - Un **pararrayos** de vara sencilla situado en la barquilla del generador.
  - **Puntas de captación** en el extremo de cada pala del rotor.
  - Un **enlace equipotencial de las masas** de las diferentes máquinas (transformador, generador, rotor, sistema de refrigeración, etc.).
  - Una **toma de tierra** única al pie de cada poste.
- Este lugar de difícil acceso debido a su situación geográfica ha necesitado la instalación de una protección global contra los rayos con el fin de limitar las intervenciones de mantenimiento relativas a los problemas de sobretensiones transitorias.
- Además, los materiales sensibles están situados en la cima de postes metálicos con una altura que varía entre 50 y 100 metros.
- Los receptores que deben protegerse tienen tensiones de resistencia a los impulsos diferentes:
  - Resistencia a los impulsos muy elevada ( $U_{\text{impulsos}} > 6 \text{ kV}$ ) para los **contadores eléctricos** y los **transformadores para medida**.
  - Resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} \geq 4 \text{ kV}$ ) para los **ventiladores**, los **climatizadores** de regulación de temperatura, los **transformadores de potencia**, los **cargadores** de baterías y los **convertidores de corriente** asociados.
  - Resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} \leq 1,5 \text{ kV}$ ) para el sistema de **detección de incendios** y el **dispositivo de mando a distancia por módem**. Este último transmite los datos meteorológicos (velocidad y dirección del viento) y permite gestionar de forma remota los motores eólicos (velocidad de rotación, inclinación de las palas, seguridad de la instalación, etc.).

**Soluciones Schneider Electric**

- De forma general, los motores eólicos de difícil acceso están especialmente expuestos a los rayos, además, los equipos eléctricos situados en la barquilla en la cima del poste están muy cerca del punto de impacto, por lo que debe prestarse especial atención a la hora de instalar el limitador de sobretensiones transitorias y a la equipotencialidad de las tierras y las masas de cada motor eólico. Es por ello que se aconseja la instalación de un limitador tipo 1 PRF1 en cabecera de la instalación.
- Los equipos eléctricos que deben protegerse tienen distintas tensiones de resistencia a los impulsos (6 kV, 2 kV, 1,5 kV). Es necesario instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera de las instalaciones más sensibles (circuitos auxiliares).

**Consejos para el cableado**

- Asegurarse de la equipotencialidad de las redes, las masas y las tierras de cada instalación y de la interconexión del conjunto del poste y los locales técnicos.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

**Consejos para la instalación**

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en la cabecera tipo 1 PRF1 y a continuación en cascada la instalación de un segundo limitador tipo 2 ( $I_{\text{máx.}} = 65 \text{ kA}$ ).

## 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

- Prever un automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.

### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.
- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

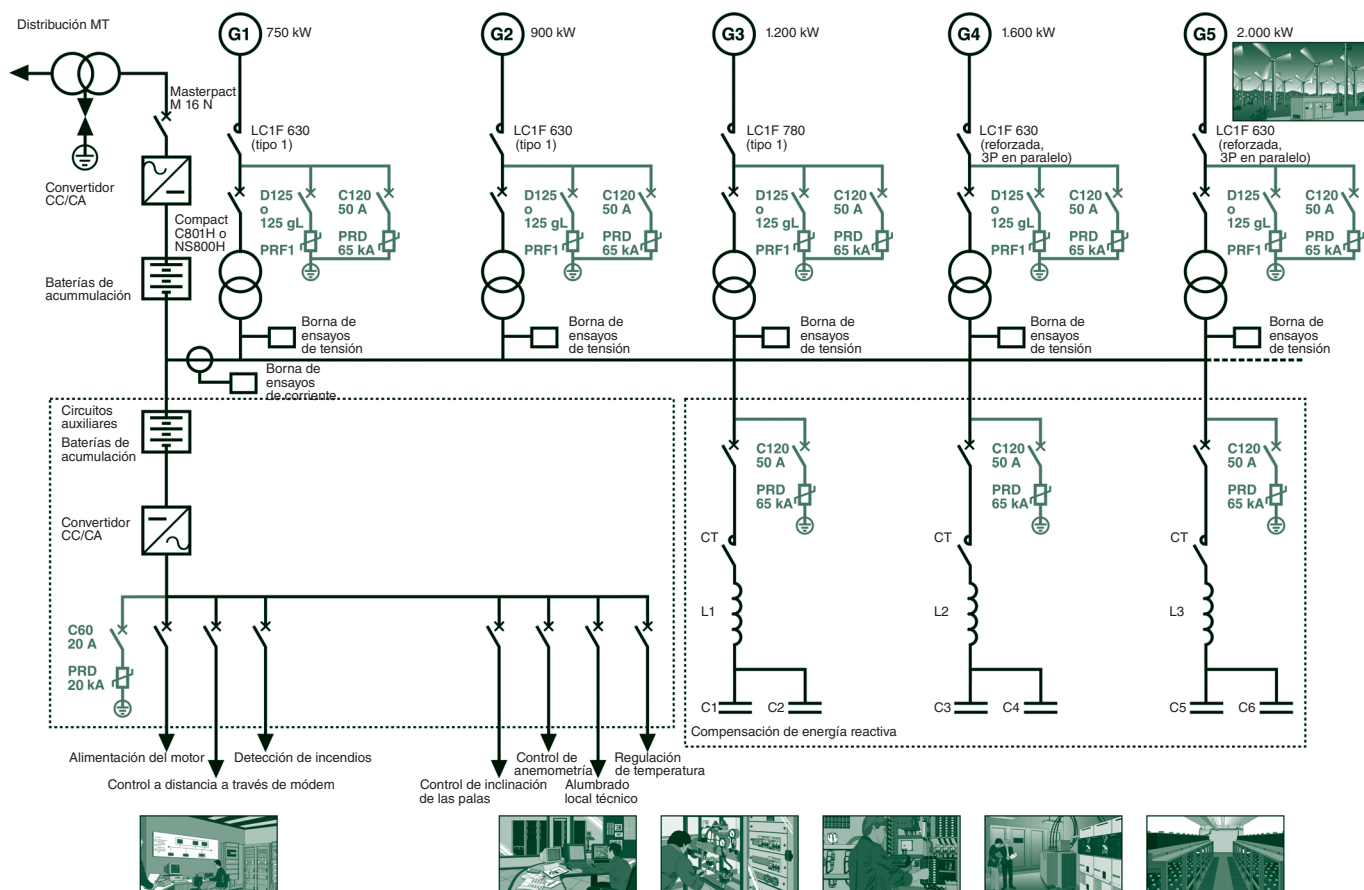
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 5 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico



## 12. Aplicaciones por segmentos de mercado

### Infraestructuras



#### 12.16 ¿Cómo proteger un repetidor de telecomunicaciones GSM contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico?

##### Sus necesidades

Esta estación de repetición **GSM**, instalada en pleno campo, dispone de un local técnico de alimentación eléctrica con TGBT y de un poste metálico equipado con **antenas de radiocomunicación**. Cada instalación GSM transmite también datos técnicos (**alarmas, notificación a distancia** en caso de producirse algún fallo...) al centro de tránsito regional. Éste debe garantizar una cobertura telefónica las 24 h del día a sus abonados.

Por estos motivos, todas las estaciones sobre tierra de radiocomunicación deben garantizar una continuidad de servicio óptima y así protegerse de los efectos de las perturbaciones de origen atmosférico y electromagnético (CEM). A tal fin, un sistema de rearme automático de los disyuntores vuelve a poner en servicio de forma remota los principales receptores en caso de fallo: **conmutadores locales** y de **abonados, bastidores técnicos**.

##### Entorno

- Este GSM con equipamiento sobre suelo está instalado en una zona **fuertemente expuesta** a las sobretensiones transitorias de origen atmosférico.
- La protección contra los efectos directos se realiza a través de un **pararrayos** de vara sencilla situado en la cima del poste metálico.
- La protección de la red de alimentación contra los efectos indirectos se realiza mediante limitadores de sobretensiones transitorias modulares PRD y PRF1.
- La protección de las redes de comunicación e informática se realiza con limitadores de sobretensiones transitorias modulares tipo PRI.
- El cableado de las redes de las masas está optimizado con la estructura metálica del poste, considerada como una bajada de tierra natural.
- La conexión de la toma de tierra realizada con un piqueta triangular se efectúa en la cuaderna opuesta a los equipos de radio y a la bajada de los coaxiales.
- Los cables coaxiales están conectados a tierra con 2 kits específicos, uno en las antenas y otro en el cambio de plano vertical/horizontal.
- En la entrada del local técnico, los coaxiales están conectados a tierra en los bastidores informáticos a través de conectores.
- Los receptores que deben protegerse tienen tensiones de resistencia a los impulsos diferentes:
  - Resistencia a los impulsos muy elevada ( $U_{\text{impulsos}} > 6 \text{ kV}$ ) para los **aparatos de medida**.
  - Resistencia a los impulsos elevada ( $U_{\text{impulsos}} > 4 \text{ kV}$ ) para los **dispositivos de regulación** de la temperatura, del local técnico.
  - Resistencia a los impulsos reducida ( $U_{\text{impulsos}} < 1,5 \text{ kV}$ ) para los sistemas de **detección de incendios e inundaciones, modulación y amplificación** de la señal.

##### Soluciones Schneider Electric

- Para garantizar una mejor continuidad de servicio:
  - La distribución de la energía se realiza de forma redundante gracias a la utilización de una fuente de alimentación autónoma (GE).
  - Para evitar disparos intempestivos, se utilizará un interruptor automático diferencial superinmunizado tipo "si".
- Para garantizar la protección contra las sobretensiones transitorias atmosféricas:
  - Puesto que el edificio está equipado con limitador de sobretensiones transitorias tipo 1 para protegerlo contra las **descargas directas**, es necesario prever un limitador de sobretensiones transitorias situado en la cabecera de la instalación eléctrica y limitadores de sobretensiones transitorias de protección fina situados cerca de los equipos eléctricos.

##### Consejos para el cableado

- Garantizar la equipotencialidad de las masas y la tierra del edificio.
- Reducir las superficies de bucle constituidas por cables de alimentación.

##### Función de la protección con limitador de sobretensiones transitorias

- Dirigir a tierra la corriente de descarga garantizando al mismo tiempo un nivel de protección  $U_p$  compatible con los equipos eléctricos que se van a proteger.

## 1.2. Aplicaciones por segmentos de mercado

- Limitar la subida de potencial de la tierra y el campo magnético inducido.

### Consejos para la instalación

- Instalar un limitador de sobretensiones transitorias en cabecera tipo 1 (10/350) PRF1 y en cascada un limitador tipo 2 (8/20) con  $I_{m\acute{a}x.} = 65 \text{ kA}$ .
- Prever un interruptor automático de desconexión asociado a cada limitador de sobretensiones transitorias.
- Para el cuadro de seguridad (esquema contiguo), prever un dispositivo de rearme (ATm + Tm C60) que permita un reenganche automático sin intervención.
- Un limitador de sobretensiones transitorias PRI de 48 V que protege la red de telecomunicaciones está instalado en serie sobre ésta.

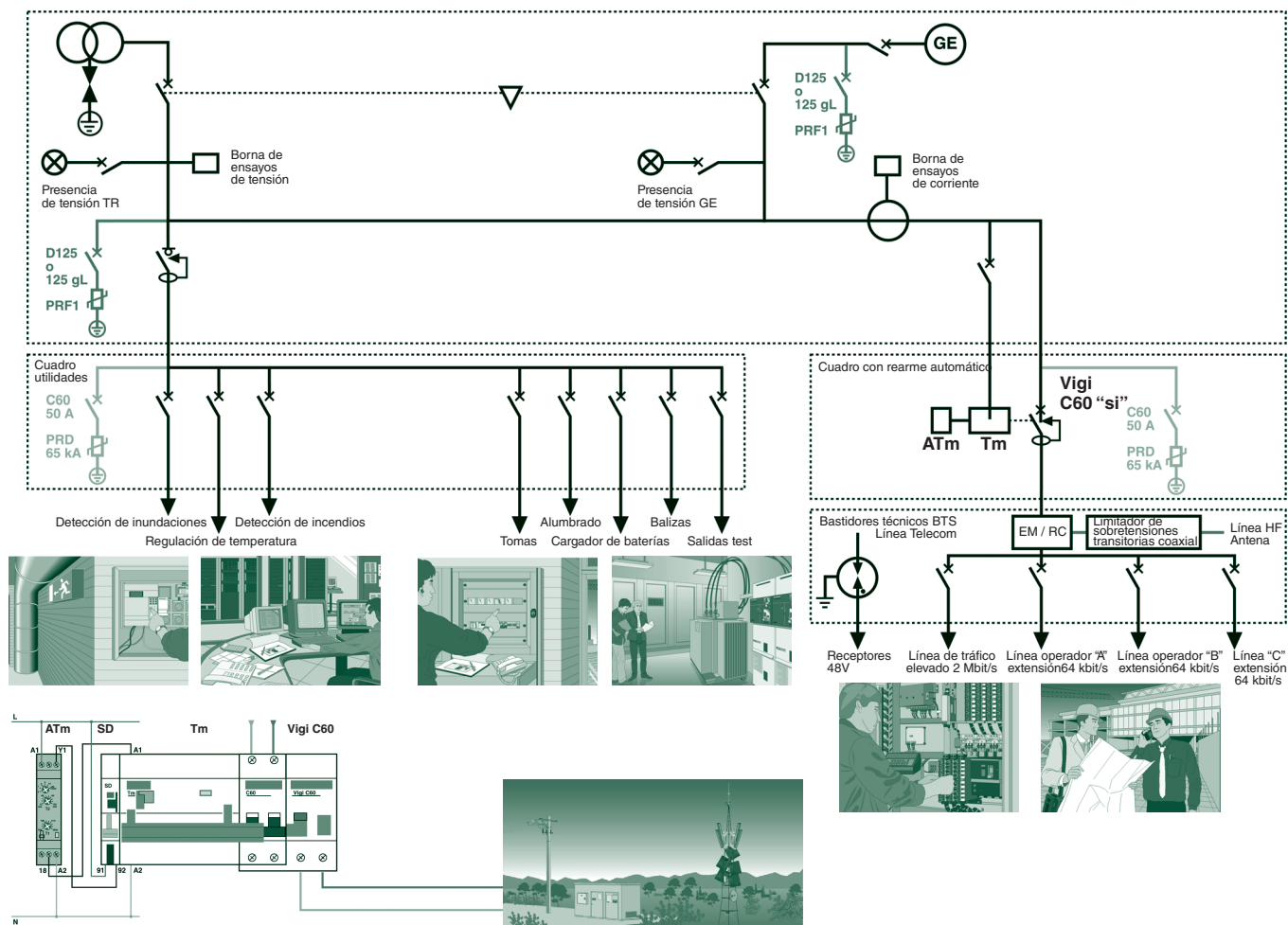
### Especificaciones de un limitador de sobretensiones transitorias conforme a la norma

- $I_n \geq 5 \text{ kA}$  (8/20) recomendado por la norma IEC 61643.
- Señalización de final de vida en la parte frontal:

La aparición de una pestaña roja en la parte frontal del limitador de sobretensiones transitorias indica que es preciso cambiarlo.

- Asociado siempre a un interruptor automático de desconexión para interrumpir el cortocircuito en caso de descarga que supere la capacidad de descarga máxima del limitador de sobretensiones transitorias.

### Esquema eléctrico





# Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

## Guía de protección contra sobretensiones transitorias

13	Objeto y campo de aplicación	13/2
	Categorías de las sobretensiones	13/2
	Medidas para el control de las sobretensiones	13/3
	Selección de los materiales en la instalación	13/6
	Selección del tipo de los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias a instalar	13/7
	Selección de las características del dispositivo de protección contra sobretensiones	13/8
	Coordinación entre los dispositivos de protección contra sobretensiones	13/8
	Conexión a tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones	13/9



## 13. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

### 13.1 Objeto y campo de aplicación

Esta instrucción trata de la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

*Conforme al artículo 16.1 del Reglamento, dentro del concepto de instalación interior hay que incluir cualquier instalación receptora aunque toda ella o alguna de sus partes esté situada a la intemperie, por lo que las instalaciones receptoras para fines especiales tales como parques de caravanas, marinas, ferias y stands, instalaciones provisionales y de obra, instalaciones agrícolas, generadores eólicos, etc., se consideran incluidas en el campo de aplicación de esta instrucción, dado que pueden estar muy expuestas a las sobretensiones transitorias de origen atmosférico.*

*Las causas más frecuentes de aparición de sobretensiones transitorias de origen atmosférico son las siguientes:*

- *La caída de un rayo sobre la línea de distribución o en sus proximidades.*
- *El funcionamiento de un sistema de protección externa contra descargas atmosféricas (pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday, etc.), situado en el propio edificio o en sus proximidades.*
- *La incidencia directa de una descarga atmosférica en el propio edificio, tanto más probable cuanto más alto sea éste, o en sus proximidades.*

*A estos efectos se considera proximidad una distancia de aproximadamente 50 m.*

El nivel de sobretensión que puede aparecer en la red es función del nivel isocerámico estimado, tipo de acometida aérea o subterránea, proximidad del transformador de MT/BT, etc. La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos.
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.
- La existencia de una adecuada red de tierras.

Esta instrucción contiene las indicaciones a considerar para cuando la protección contra sobretensiones está prescrita o recomendada en las líneas de alimentación principal 230/400 V en corriente alterna, no contemplándose en la misma otros casos como, por ejemplo, la protección de señales de medida, control y telecomunicación.

*En general, las sobretensiones originadas por maniobras en las redes son inferiores, en valor de cresta, a las atmosféricas y por ello, generalmente, los requisitos de protección contra sobretensiones atmosféricas garantizan la protección contra sobretensiones de maniobra.*

*Esta instrucción no trata la protección contra sobretensiones permanentes, por ejemplo debidas a la rotura o desconexión del neutro.*

### 13.2 Categorías de las sobretensiones

#### Objeto de las categorías

Las categorías de sobretensiones permiten distinguir los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación, equipos y receptores. Mediante una adecuada selección de la categoría, se puede lograr la coordinación del aislamiento necesario en el conjunto de la instalación, reduciendo el riesgo de fallo a un nivel aceptable y proporcionando una base para el control de la sobretensión.

## 13. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos. La reducción de las sobretensiones de entrada a valores inferiores a los indicados en cada categoría se consigue con una estrategia de protección en cascada que integra tres niveles de protección: basta, media y fina, logrando de esta forma un nivel de tensión residual no peligroso para los equipos y una capacidad de derivación de energía que prolonga la vida y efectividad de los dispositivos de protección.

### Descripción de las categorías de sobretensiones

En la tabla 13.1 se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

- Categoría I:

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

- Categoría II:

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

- Categoría III:

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad.

Ejemplo: armarios de distribución, embarrados, apartamentas (interruptores, seccionadores, tomas de corriente...), canalizaciones y sus accesorios (cables, caja de derivación...), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales...), etc.

- Categoría IV:

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución.

Ejemplo: contadores de energía, aparatos de teledistribución, equipos principales de protección contra sobrecorrientes, etc.

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 kV			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690/1.000	-	8	6	4	2,5

Tabla 13.1.

### 13.3 Medidas para el control de las sobretensiones

Es preciso distinguir dos tipos de sobretensiones:

- Las producidas como consecuencia de la descarga directa del rayo. Esta instrucción no trata este caso.

*Esta instrucción no contempla las características del sistema externo de protección contra el rayo (dispositivo captador, derivadores o bajadas y la toma de tierra), que están recogidas en la NTE-IPP:*

*Pararrayos y en el Código Técnico de la Edificación. Sin embargo, sí que se consideran los sistemas internos mediante dispositivos de protección contra sobretensiones que reducen los efectos eléctricos y magnéticos de la corriente de la descarga atmosférica dentro del espacio a proteger.*

## 13. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

- Las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de red, efectos inductivos, capacitivos, etc.

Los efectos capacitivos e inductivos son debidos a:

- Descargas atmosféricas en:
  - El propio sistema de protección externa (pararrayos...).
  - Las inmediaciones (árboles, estructuras, etc.).
- El acoplamiento capacitivo entre primario y secundario en el caso de descargas atmosféricas en la línea aérea de AT.
- El acoplamiento inductivo por las maniobras de equipos con reactancia de valor elevado (hornos de inducción, máquinas de soldadura eléctrica, transformadores, etc.).

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.
- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.

### Situación natural

Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos que se indica en la tabla 13.1 y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias. Una línea aérea constituida por conductores aislados con pantalla metálica unida a tierra en sus dos extremos, se considera equivalente a una línea subterránea.

### Situación controlada

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (por ejemplo, continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

*En base a un análisis de riesgos contemplado en la norma IEC 61662, se consideran situaciones controladas que deberán disponer de protección contra sobretensiones, todas aquellas instalaciones en las que el fallo del suministro o de los equipos debido a la sobretensión pudiera afectar a:*

- La vida humana, por ejemplo servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales.
- La vida de los animales, por ejemplo explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc.
- Los servicios públicos, por ejemplo pérdida de servicios para el público, centros informáticos, sistemas de telecomunicación.
- Las instalaciones de los locales de pública concurrencia cubiertos por la ITC-BT-28.
- La actividad agrícola o industrial en función del impacto económico que pudieran implicar las sobretensiones (continuidad del servicio, destrucción de equipos, etc.).

*Además, es recomendable tener en cuenta el coste y sensibilidad de los equipos ya que cuanto más sensible sea un aparato y mayor coste tenga, mayor protección debería recibir. Éste es el caso de equipos informáticos en general, pantallas de plasma, etc.*

## 1.3. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

Asimismo, aunque la situación sea natural, la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones es recomendable en aquellas provincias con al menos 20 días de tormenta al año y muy recomendable en aquellos con al menos 25 días, según el mapa de la fig. 13.1.



Fig. 13.1. Clasificación de las provincias de España en función del número medio anual de días de tormenta.

*Cuando la instalación esté en un lugar elevado (sobre una montaña, colina o promontorio), se considerará como criterio de seguridad adecuado escoger el nivel inmediato superior al asignado a la provincia.*

*Es recomendable una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en las instalaciones de edificios que tengan sistemas de protección externa contra el rayo (pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday, etc.).*

*Se recomienda disponer de dispositivos de protección contra sobretensiones en las instalaciones ubicadas en un radio de aproximadamente 50 m alrededor de un pararrayos (aunque no estén en el mismo edificio), para evitar perturbaciones electromagnéticas considerables que pueden perjudicar la instalación y los equipos.*

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT o IT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación. En redes TN-S, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores de fase y el conductor de protección. En redes TN-C, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores de fase y el neutro o compensador. No obstante se permiten otras formas de conexión, siempre que se demuestre su eficacia.

*En el sistema TT, el dispositivo de protección contra sobretensiones podrá instalarse tanto aguas arriba (entre el interruptor general y el propio diferencial) como aguas abajo del interruptor diferencial. En caso de instalarse aguas abajo del diferencial, éste deberá ser selectivo de tipo S (o retardado).*

*Para instalaciones en viviendas con un único diferencial, con el fin de evitar disparos intempestivos del interruptor diferencial en caso de actuación del dispositivo*

## 1.3. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

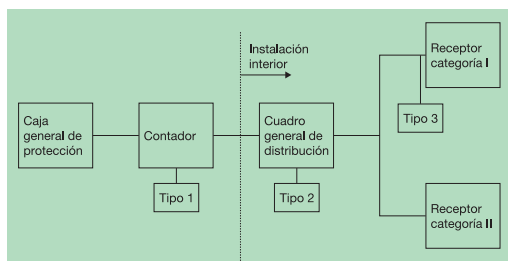


Fig. 13.2. Ejemplo de instalación que incluye los tres tipos de dispositivos de protección contra sobretensiones.

de protección contra sobretensiones, dicho dispositivo debe instalarse aguas arriba del interruptor diferencial (entre el interruptor general y el propio interruptor diferencial).

Con el fin de optimizar la continuidad de servicio en caso de destrucción del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias a causa de una descarga de rayo superior a la máxima prevista, cuando el dispositivo de protección contra sobretensiones no lleve incorporada su propia protección, se debe instalar el dispositivo de protección recomendado por el fabricante, aguas arriba del dispositivo de protección contra sobretensiones, con objeto de mantener la continuidad de todo el sistema, evitando el disparo del interruptor general.

Ante la eventual necesidad de instalar varios dispositivos de protección contra sobretensiones en cascada (por ejemplo uno general o de cabecera y otros en determinados circuitos de salida), se deberá consultar la información de utilización facilitada por el fabricante para conseguir la adecuada coordinación.

En las tablas 13.2 y 13.3 se resumen las situaciones en las que es obligatorio y/o recomendable, respectivamente, el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones. Cuando una instalación pueda estar considerada en ambas tablas, se aplicará la tabla 13.2.

Situaciones	Ejemplos	Requisitos
Línea de alimentación de baja tensión total o parcialmente aérea o cuando la instalación incluye líneas aéreas	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Obigatorio
Riesgo de fallo afectando la vida humana	Los servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales	Obigatorio
Riesgo de fallo afectando la vida de los animales	Las explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc.	Obigatorio
Riesgo de fallo afectando los servicios públicos	La pérdida de servicios para el público, centros informáticos, sistemas de telecomunicación	Obigatorio
Riesgo de fallo afectando actividades agrícolas o industriales no interrumpibles	Industrias con hornos o en general procesos industriales continuos no interrumpibles	Obigatorio
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que tengan servicios de seguridad no autónomos	Sistemas de alumbrado de emergencia no autónomos	Obigatorio
Instalaciones en edificios con sistemas de protección externa contra descargas atmosféricas o contra rayos tales como: pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday instalados en el mismo edificio o en un radio menor de 50m	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Obigatorio

Tabla 13.2. Situaciones en las que es obligatorio el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones, sea cual sea el sistema de alimentación.

### 13.4 Selección de los materiales en la instalación

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla 13.1, según su categoría.

## 13. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla 13.1, se pueden utilizar, no obstante:

- En situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

### 13.5 Selección del tipo de los dispositivos de protección contra sobretensiones a instalar

Los dispositivos de protección contra sobretensiones son dispositivos capaces de garantizar la protección contra sobretensiones de origen atmosférico, debidas a conmutaciones, etc., que se producen en la instalación. Estos dispositivos pueden ser descargadores a gas, varistores de óxido de zinc, diodos supresores, descargadores de arco, combinaciones de los anteriores, etc.

Se considera que cumplen con las prescripciones de esta instrucción los dispositivos de características equivalentes a los establecidos en la serie de normas EN 61643. Según la norma EN 61643-11 existen 3 tipos de protectores de sobretensión denominados: tipo 1, tipo 2 y tipo 3.

Los parámetros más significativos para cada uno de estos tipos son:

El objetivo a conseguir es que la actuación del dispositivo de protección reduzca la sobretensión transitoria a un valor de tensión inferior a la soportada por el equipo protegido (de acuerdo con su categoría de sobretensión según se definen en la tabla 13.1). Para alcanzar este objetivo puede ser necesario utilizar más de un dispositivo de protección.

En general, se puede lograr la protección de la instalación mediante un dispositivo tipo 2, instalado lo más cerca posible del origen de la instalación interior, en el cuadro de distribución principal.

En función del dispositivo instalado en cabecera y de las distancias entre éste y los equipos a proteger, puede ser necesario instalar dispositivos de protección adicionales para proteger equipos sensibles. Éstos podrán ser de tipo 2 o de tipo 3.

Situaciones	Ejemplos	Requisitos
Viviendas (cuando no sea obligatorio según los casos anteriores)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con sistemas domóticos (ITC-BT-51)</li> <li>• Con sistemas de telecomunicaciones en azotea</li> </ul>	Recomendado
Instalaciones en zonas con más de 20 días de tormenta al año	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.	Recomendado
Equipos especialmente sensibles y costosos	Pantallas de plasma, ordenadores, etc.	Recomendado
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que no sean servicios de seguridad	Los locales incluidos en la ITC-BT-28	Recomendado
Actividades industriales y comerciales no incluidas en la tabla A		Recomendado

Tabla 13.3. Situaciones en las que es recomendable el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones.

Cuando el edificio disponga de sistemas de protección externa contra el rayo (pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday), además será necesario instalar en el origen de la instalación (preferentemente antes de los contadores), un dispositivo de protección de tipo 1.

## 13. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

Para garantizar la coordinación adecuada entre dispositivos se seguirán las recomendaciones del fabricante.

### 13.6 Selección de las características del dispositivo de protección contra sobretensiones

Para la correcta selección de los dispositivos de protección contra sobretensiones es necesario consultar al fabricante, ya que deben tenerse en cuenta varios factores, tales como:

- Nivel de protección o tensión limitada, en función de la categoría de los equipos a proteger.
- Tensión máxima de servicio permanente.
- Intensidad nominal de descarga e intensidad máxima de descarga, en función de las intensidades de descarga previstas.

**Nivel de protección ( $U_p$ ):** es el parámetro que caracteriza el funcionamiento del dispositivo de protección contra sobretensiones por limitación de la tensión entre sus bornes. Debe ser inferior a la categoría de sobretensión de la instalación o equipo a proteger (ver descripción de las categorías de sobretensiones en el apartado 13.2 y tabla 13.1). No obstante, si el protector está alejado de dicho punto puede ser necesario utilizar protectores adicionales.

Ejemplo: instalación en la que los equipos más sensibles correspondan a la categoría de sobretensión II, como electrodomésticos o herramientas portátiles, la  $U_p$  del protector seleccionado debe ser  $\leq 2,5$  kV.

**Tensión máxima de servicio permanente ( $U_c$ ):** es el valor eficaz de tensión máximo que puede aplicarse permanentemente a los bornes del dispositivo de protección.

Ejemplo: en una red de distribución

TT 230/400 V, la tensión máxima permanente se considerará un 10% superior al valor nominal ( $230 \times 1,1 = 253$  V).

Por tanto, la tensión máxima de servicio permanente  $U_c$  del protector seleccionado debe ser superior a 253 V.

**Corriente nominal de descarga ( $I_n$ ):** es la corriente de cresta que puede soportar el dispositivo de protección sin fallo. La forma de onda de la corriente aplicada está normalizada como 8/20.

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Capacidad de absorción de energía	Muy alta - Alta	Media - Alta	Baja
Rapidez de respuesta	Baja - Media	Media - Alta	Muy alta
Origen de la sobretensión	Impacto directo del rayo	Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones, conducida o inducidas	

Tabla 13.4.

### 13.7 Coordinación entre los dispositivos de protección contra sobretensiones

Para garantizar la coordinación adecuada entre dispositivos se seguirán las recomendaciones del fabricante.

Para asegurar la coordinación entre los dispositivos de protección instalados en cascada, puede ser necesaria la instalación de inductancias de desacoplo, si la longitud del cable que los conecta es inferior a la mínima especificada por el fabricante. Por ello y para verificar que existe coordinación entre los dispositivos ubicados en cuadros principales y cuadros secundarios se debe comprobar la distancia del cable entre los mismos.

## 1.3. Anexo guía técnica de aplicación ITC-BT-23 del nuevo REBT

*Asimismo, será necesaria la instalación en cascada de un segundo dispositivo de protección contra sobretensiones próximo al receptor, cuando la distancia entre el dispositivo de protección contra sobretensiones y el receptor sea superior a la especificada por el fabricante.*

### 13.8 Conexión a tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones

*Para el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección será necesario que el conductor que une el dispositivo con la instalación de tierra del edificio tenga una sección mínima de cobre, en toda su longitud, según la siguiente tabla:*

Tipo de dispositivo	Sección mínima del conductor (mm <sup>2</sup> )	Conexión entre el dispositivo y...
Tipo 1	16	El borne principal de tierra o punto de puesta a tierra del edificio
Tipo 2	4	El borne de entrada de tierra de la instalación interior
Tipo 3	2, 5 o lo especificado por el fabricante	Un borne de tierra de la instalación interior

Tabla 13.5.



## DIRECCION REGIONAL NORDESTE

### Delegación BARCELONA

Sicilia, 91-97, 6.º · Tel.: 93 484 31 01 · Fax: 93 484 31 57  
08013 BARCELONA · [del.barcelona@es.schneider-electric.com](mailto:del.barcelona@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### BALEARES

Gremi de Teixidors, 35, 2.º · Tel.: 971 43 68 92 · Fax: 971 43 14 43  
07009 PALMA DE MALLORCA

##### GIRONA

Pl. Josep Pla, 4, 1.º, 1.ª · Tel.: 972 22 70 65 · Fax: 972 22 69 15  
17001 GIRONA

##### LLEIDA

Ivars d'Urgell, 65, 2.º 2.ª · Edificio NeoParc 2 ·  
Tel.: 973 18 45 38 · Fax: 973 19 45 19  
25191 LLEIDA

##### TARRAGONA

Carles Riba, 4 · Tel.: 977 29 15 45 · Fax: 977 19 53 05  
43007 TARRAGONA

## DIRECCION REGIONAL NOROESTE

### Delegación A CORUÑA

Pol. Ind. Pocomaco, parcela D, 33 A · Tel.: 981 17 52 20 · Fax: 981 28 02 42  
15190 A CORUÑA · [del.coruna@es.schneider-electric.com](mailto:del.coruna@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### ASTURIAS

Parque Tecnológico de Asturias · Edif. Centroelena, parcela 46, oficina 1.º F  
Tel.: 98 526 90 30 · Fax: 98 526 75 23 · 33428 LLANERA (Asturias)  
[del.oviedo@es.schneider-electric.com](mailto:del.oviedo@es.schneider-electric.com)

##### GALICIA SUR-VIGO

Ctra. Vella de Madrid, 33, bajos · Tel.: 986 27 10 17 · Fax: 986 25 23 81  
36214 VIGO · [del.vigo@es.schneider-electric.com](mailto:del.vigo@es.schneider-electric.com)

##### LEON

Moisés de León, bloque 43, bajos · Tel.: 987 21 88 61 · Fax: 987 21 88 49  
24006 LEON · [del.leon@es.schneider-electric.com](mailto:del.leon@es.schneider-electric.com)

## DIRECCION REGIONAL NORTE

### Delegación VIZCAYA

Estartetxe, 5, 4.º · Tel.: 94 480 46 85 · Fax: 94 480 29 90  
48940 LEIOA (Vizcaya) · [del.bilbao@es.schneider-electric.com](mailto:del.bilbao@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### ALAVA

Portal de Gamarra, 1.º · Edificio Deba, oficina 210  
Tel.: 945 12 37 58 · Fax: 945 25 70 39 · 01013 VITORIA-GASTEIZ

##### CANTABRIA

Sainz y Trevilla, 62, bajos  
Tel.: 942 54 60 68 · Fax: 942 54 60 46 · 39611 GUARNIZO (Santander)

##### GUIPUZCOA

Parque Empresarial Zuatzu · Edificio Urumea, planta baja, local 5  
Tel.: 943 31 39 90 · Fax: 943 21 78 19 · 20018 DONOSTIA-SAN SEBASTIAN  
[del.donosti@es.schneider-electric.com](mailto:del.donosti@es.schneider-electric.com)

##### NAVARRA

Parque Empresarial La Muga, 9, planta 4, oficina 1  
Tel.: 948 29 96 20 · Fax: 948 29 96 25 · 31160 ORCOYEN (Navarra)

## DIRECCION REGIONAL CASTILLA-ARAGON-RIOJA

### Delegación CASTILLA-BURGOS

Pol. Ind. Gamonal Villimar · 30 de Enero de 1964, s/n, 2.º  
Tel.: 947 47 44 25 · Fax: 947 47 09 72  
09007 BURGOS · [del.burgos@es.schneider-electric.com](mailto:del.burgos@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### ARAGON-ZARAGOZA

Pol. Ind. Argualas, nave 34 · Tel.: 976 35 76 61 · Fax: 976 56 77 02  
50012 ZARAGOZA · [del.zaragoza@es.schneider-electric.com](mailto:del.zaragoza@es.schneider-electric.com)

##### CENTRO/NORTE-VALLADOLID

Topacio, 60, 2.º · Pol. Ind. San Cristóbal  
Tel.: 983 21 46 46 · Fax: 983 21 46 75  
47012 VALLADOLID · [del.valladolid@es.schneider-electric.com](mailto:del.valladolid@es.schneider-electric.com)

##### LA RIOJA

Avda. Pío XII, 14, 11.º F · Tel.: 941 25 70 19 · Fax: 941 27 09 38  
26003 LOGROÑO

## DIRECCION REGIONAL CENTRO

### Delegación MADRID

Ctra. de Andalucía km 13 · Pol. Ind. Los Angeles  
Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 48 · 28906 GETAFE (Madrid)  
[del.madrid@es.schneider-electric.com](mailto:del.madrid@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### GUADALAJARA-CUENCA

Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 47

##### TOLEDO

Tel.: 91 624 55 00 · Fax: 91 682 40 47

## DIRECCION REGIONAL LEVANTE

### Delegación VALENCIA

Font Santa, 4, local D · Tel.: 963 18 66 00 · Fax: 963 18 66 01  
46910 ALFAFAR (Valencia) · [del.valencia@es.schneider-electric.com](mailto:del.valencia@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### ALBACETE

Paseo de la Cuba, 21, 1.º A · Tel.: 967 24 05 95 · Fax: 967 24 06 49  
02005 ALBACETE

##### ALICANTE

Monegros, s/n · Edificio A-7, 1.º, locales 1-7 · Tel.: 96 510 83 35  
Fax: 96 511 15 41 · 03006 ALICANTE · [del.alicante@es.schneider-electric.com](mailto:del.alicante@es.schneider-electric.com)

##### CASTELLON

República Argentina, 12, bajos · Tel.: 964 24 30 15 · Fax: 964 24 26 17  
12006 CASTELLON

##### MURCIA

Senda de Enmedio, 12, bajos · Tel.: 968 28 14 61 · Fax: 968 28 14 80  
30009 MURCIA · [del.murcia@es.schneider-electric.com](mailto:del.murcia@es.schneider-electric.com)

## DIRECCION REGIONAL SUR

### Delegación SEVILLA

Avda. de la Innovación, s/n · Edificio Arena 2, 2.º · Tel.: 95 499 92 10  
Fax: 95 425 45 20 · 41020 SEVILLA · [del.sevilla@es.schneider-electric.com](mailto:del.sevilla@es.schneider-electric.com)

#### Delegaciones:

##### ALMERIA

Lentisco, s/n · Edif. Celulosa III, oficina 6, local 1 · Pol. Ind. La Celulosa  
Tel.: 950 15 18 56 · Fax: 950 15 18 52 · 04007 ALMERIA

##### CADIZ

Polar, 1, 4.º E · Tel.: 956 31 77 68 · Fax: 956 30 02 29  
11405 JEREZ DE LA FRONTERA (Cádiz)

##### CORDOBA

Arfe, 16, bajos · Tel.: 957 23 20 56 · Fax: 957 45 67 57  
14011 CORDOBA

##### GRANADA

Baza, s/n · Edificio ICR · Pol. Ind. Juncaril  
Tel.: 958 46 76 99 · Fax: 958 46 84 36 · 18220 ALBOLOTE (Granada)

##### HUELVA

Tel.: 959 99 92 10 · Fax: 959 15 17 57

##### JAEN

Paseo de la Estación, 60 · Edificio Europa, 1.º A  
Tel.: 953 25 55 68 · Fax: 953 26 45 75 · 23007 JAEN

##### MALAGA

Parque Industrial Trevezes · Escritora Carmen Martín Gaité, 2, 1.º, local 4  
Tel.: 95 217 92 00 · Fax: 95 217 84 77 · 29196 MALAGA

##### EXTREMADURA-BADAJOS

Avda. Luis Movilla, 2, local B  
Tel.: 924 22 45 13 · Fax: 924 22 47 98 · 06011 BADAJOZ

##### EXTREMADURA-CACERES

Avda. de Alemania · Edificio Descubrimiento, local TL 2  
Tel.: 927 21 33 13 · Fax: 927 21 33 13 · 10001 CACERES

##### CANARIAS-LAS PALMAS

Ctra. del Cardón, 95-97, locales 2 y 3 · Edificio Jardines de Galicia  
Tel.: 928 47 26 80 · Fax: 928 47 26 91 · 35010 LAS PALMAS DE G.C.  
[del.canarias@es.schneider-electric.com](mailto:del.canarias@es.schneider-electric.com)

##### CANARIAS-TENERIFE

Custodios, 6, 2.º · El Cardonal · Tel.: 922 62 50 50 · Fax: 922 62 50 60  
38108 LA LAGUNA (Tenerife)

# Make the most of your energy

[www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es)

Soporte y Servicio Técnico a clientes

[es-sat@es.schneider-electric.com](mailto:es-sat@es.schneider-electric.com)

 902 10 18 13

Instituto Schneider Electric de Formación

93 433 70 03

 [www.isefonline.es](http://www.isefonline.es)

En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios. Los precios de las tarifas pueden sufrir variación y, por tanto, el material será siempre facturado a los precios y condiciones vigentes en el momento del suministro.