

1

Capítulo 1

Distribución en Baja Tensión

Índice/Manual

1	Ambitos de una instalación	4 - 5
2	Elección de aparatos	5
3	Funciones de una salida	6 - 9
4	Características de la red	9
5	Intensidad de cortocircuito	10 - 13
6	Poder de corte	13 - 16
7	Curvas de disparo	17 - 18
8	Selectividad de protecciones	19 - 22
9	Carac. del lugar de la instalación	23
10	Cálculo de la sec. de conductores	24 - 29
11	Riesgos de contactos eléctricos	30 - 31
12	Protección Diferencial	31 - 35
13	Esquemas de conexión a tierra	35 - 39
14	Cálculo de resist. de puesta a tierra	39 - 41
15	Cálculo de redes asistido por computador	42 - 44

Catálogo

■ Sistema Multi 9	45 - 76
Interruptores termomagnéticos riel DIN hasta 125A	
■ Enchufes Industriales	77 - 78
Machos y Hembras IEC 309	
■ Tableros Estancos	79 - 80
Modelo KAEDRA - IP65	
■ Sistema Compact y NS	81 - 95
Interruptores automáticos compactos hasta 1000A	
■ Interpact	96 - 98
Interruptores manuales	
■ Easypact	99 - 104
Interruptores en caja moldeada	
■ PowerLogic	105 - 119
Monitor de circuitos	

1 Ambitos de una instalación

En las instalaciones eléctricas podemos distinguir dos ámbitos que influyen en las características de elección de los aparatos y en su instalación:

Ambito de características residenciales

Se trata de instalaciones domiciliarias unifamiliares, múltiples y comercios de pequeña envergadura.

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 60898.

La operación de los sistemas es realizada, generalmente por personal no calificado (usuarios BA1).

La alimentación es siempre en baja tensión, y los consumos de energía son pequeños. El concepto más importante a considerar cuando se realiza un proyecto para este ámbito es el de **seguridad para el operador**.

El instalador tiene la responsabilidad de cumplir con la Reglamentación AEA para ambientes donde se desempeñan y operan la instalación personal no idóneo en electricidad (BA1).

Los aparatos a instalar en los tableros de distribución domiciliarios son modulares, para montaje sobre riel simétrico de 35 mm. El sistema MULTI 9 de Merlin Gerin está basado en los conceptos de seguridad para el usuario, modularidad (todos los productos poseen un ancho que es múltiplo de 9 mm), estética y fijación rápida norma IEC 60439-3. En un mismo tablero, conservando un aspecto armonioso, pueden asociarse interruptores, interruptores diferenciales, contadores, interruptores horarios, automáticos de escalera y muchos otros productos que no se mencionarán en este manual.

En particular, los interruptores termomagnéticos que hemos incluido son los que poseen la curva de disparo tipo B, C y D. Las características de cada una de ellas se mencionan en el punto 7 de este capítulo.

Ambito de características industriales y comerciales

Se trata de Instalaciones Industriales, comerciales donde las instalaciones son mantenidas y operadas por personal Idóneo en electricidad (BA4-BA5).

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 60947.

En estos casos los consumos de energía son importantes, y puede haber suministro en alta y/o media tensión.

En el sistema de baja tensión, la instalación comienza en el tablero general de distribución, que contiene los aparatos de corte y seccionamiento que alimentan a los tableros secundarios.

En este ámbito, los aparatos involucrados abarcan desde los interruptores termomagnéticos y diferenciales del sistema Multi 9, hasta los interruptores automáticos de potencia del tipo Masterpact de Merlin Gerin, que permiten maniobrar hasta 6300A e interrumpir cortocircuitos de hasta 150kA en 415 VCA.

2 Elección de aparatos

En cualquiera de los dos ámbitos existen las reglas dadas en la Reglamentación AEA partes 1 a 6 y sus específicas correspondientes de las partes 7 como por ejemplo la 771 Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios) y la 701 Cuartos de Baños.

Así se deberá conocer para definir los aparatos:

- Funciones de la salida.
- Características de la red.
- Características de la carga.
- Corriente nominal de consumo.
- Factor de potencia (ver capítulo 2).
- Continuidad de servicio deseada.
- Característica del lugar de la instalación.

3 Funciones de una salida

La aptitud para el seccionamiento está definida por la norma IEC 60947-1-3, y los aparatos que la posean deben indicarlo expresamente.

En una salida (o entrada) alojada en un tablero o cuadro de distribución de baja tensión se deberán contemplar diversas funciones que definirán la elección de los aparatos a instalar.

La aptitud para el seccionamiento es una condición esencial de seguridad.

Un aparato de maniobra cumple con esta condición cuando se garantiza la aislación de los contactos abiertos con maneta en posición “O” tanto bajo la tensión nominal como ante las sobretensiones esperables en el sistema.

Un aparato de corte sin aptitud para el seccionamiento pone en riesgo la seguridad de las personas.

Esta aptitud, indicada en los aparatos, forma parte de la garantía de los mismos en cuanto a sus prestaciones.

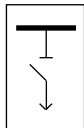
De manera general todos los aparatos de corte **Merlin Gerin** y **Telemecanique** incluyen la aptitud seccionamiento.

Las funciones a cumplir según la necesidad pueden ser:

- Interrupción
- Protección
- Conmutación

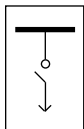
La función interrupción

La norma IEC 60947-1 define claramente las características de los aparatos según sus posibilidades de corte.



Seccionador

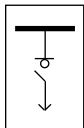
Cierra y abre sin carga, puede soportar un cortocircuito estando cerrado. Apto para el seccionamiento en posición abierto.



Interruptor

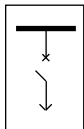
Se lo denomina vulgarmente interruptor manual o seccionador bajo carga.

Cierra y corta en carga y sobrecarga hasta 8 In. Soporta y cierra sobre cortocircuito pero no lo corta.



Interruptor seccionador

Interruptor que en posición abierto satisface las condiciones especificadas para un seccionador. Es el caso de los interruptores **Interpact** y **Vario**.



Interruptor automático

Interruptor que satisface las condiciones de un interruptor seccionador e interrumpe un cortocircuito.

Es el caso de los interruptores **Compact**, **Masterpact**, **C60**, **C120**, **NG125**, **GV2**, **GV7**, entre otros.

La función protección

Una elevación de la corriente normal de carga es un síntoma de anomalía en el circuito. De acuerdo a su magnitud y a la rapidez de su crecimiento, se puede tratar de sobrecargas o cortocircuitos. Esta corriente de falla aguas abajo del aparato de maniobra, si no es cortada rápidamente, puede ocasionar daños irreparables en personas y bienes.

Por ello es indispensable considerar ambos aspectos:

- Protección de personas
- Protección de bienes

El elemento de protección tradicional, tanto para circuitos de distribución de cargas mixtas o circuitos de cargas específicas (motores, capacitores, etc.), era el fusible.

Esta función, común en todos los receptores, en este capítulo está tratada para circuitos de distribución. En el capítulo 3 se ven las características para una salida motor y otros receptores.

Su utilización, en la práctica, presenta desventajas operativas y funcionales:

- Envejecimiento del elemento fusible por el uso (descalibración).
- Diversidad de formas, tamaños y calibres.
- Ante la fusión de un fusible hay que cambiar el juego completo de la salida.
- Disponibilidad del calibre adecuado para el reemplazo.

Frecuentemente los siniestros de origen eléctrico se producen por la falta de coordinación del elemento fusible con los aparatos y cables situados aguas abajo; al ser superado su límite térmico (I_2t), se dañan de forma permanente y crean focos de incendio.

- Invariabilidad de sus tiempos y forma de actuación para adaptarlo a nuevas configuraciones.

La reglamentación AEA Edición 2006 prohíbe la utilización de fusibles en ambientes y locales domésticos donde operan no idóneos en electricidad (BA1)

Hoy los interruptores automáticos evitan todos estos inconvenientes aportando una protección de mejor performance, invariable con el tiempo, flexible por su capacidad de adaptación a nuevas cargas y que asegura la continuidad de servicio.

El elemento de protección clásico para detectar fallas a tierra es el interruptor diferencial.

Para la correcta elección de un aparato que proteja sobrecargas y cortocircuitos es necesario contemplar dos aspectos:

- 1-** El nivel de cortocircuito en el punto de su instalación, lo que determinará el poder de corte del interruptor automático.
- 2-** Características que asuma la corriente de falla en función del tiempo, lo que determinará el tipo de curvas de disparo del interruptor automático.

La función conmutación

Se utiliza cuando se requiere un comando automático y gran cadencia de maniobra. Esta función se desarrolla en el capítulo de Comando y Protección de Potencia y Variación de Velocidad, ya que es una exigencia típica de los accionamientos de máquinas.

4 Características de la red

Tensión

La tensión nominal del interruptor automático debe ser superior o igual a la tensión entre fases de la red.

Frecuencia

La frecuencia nominal del interruptor automático debe corresponder a la frecuencia de la red.

Los aparatos Merlin Gerin funcionan indistintamente con frecuencias de 50 ó 60 Hz en aplicaciones de uso corriente.

Cantidad de polos

El número de polos de un aparato de corte se define por las características de la aplicación (receptor mono o trifásico), el tipo de puesta a tierra (corte del neutro con o sin protección) y la función a cumplir.

Potencia de cortocircuito de la red

Es el aporte de todas las fuentes de generación de la red en el punto de suministro si allí se produjera un cortocircuito. Se expresa en MVA.

Es un dato a ser aportado por la compañía prestataria.

El poder de corte del interruptor debe ser al menos igual a la corriente de cortocircuito susceptible de ser producida en el lugar donde él está instalado. La definición expresada posee una excepción, denominada **Filiación**, la cual se desarrolla más adelante.

5 Intensidad de cortocircuito

Los procedimientos de cálculo, han sido simplificados de forma que resultan casi de igual dificultad calcular las I_{cc} que la I_n de un sistema.

Conocer el aporte al cortocircuito en un punto de la instalación es una condición excluyente para elegir un interruptor automático.

La magnitud de la I_{cc} es independiente de la carga, y sólo responde a las características del sistema de alimentación y distribución. En función de los datos disponibles se proponen dos alternativas para la determinación de la I_{cc} :

■ Por cálculo

■ Por tabla

En ambos casos, las hipótesis sobre las cuales se basan los cálculos son maximalistas, es decir que la I_{cc} real estará, normalmente, por debajo de la I_{cc} calculada.

Determinación de la ICC por cálculo

El método consiste en:

1- Hacer la suma de las resistencias y reactancias situadas aguas arriba del punto considerado.

$$\begin{aligned}R_T &= R_1 + R_2 + R_3 + \dots \\X_T &= X_1 + X_2 + X_3 + \dots\end{aligned}$$

2- Calcular:

$$I_{cc} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}} \quad [KA]$$

donde:

U_0 = Tensión entre fases del transformador en vacío, lado secundario de baja tensión, expresada en Voltios (V).

R_T y X_T = Resistencia y reactancia total expresadas en miliohmios ($m\Omega$)

Determinar resistencias y reactancias en cada parte de la instalación.

Parte de la instalación	Valores a considerar (mΩ)	Reactancias (mΩ)
Red aguas arriba	$R_1 = Z \cos\varphi \cdot 10^{-3}$ $Z_1 = \frac{U^2}{P}$ $P = P_{cc}$ de la red aguas arriba en MVA $\cos\varphi = 0,15$ $P = P_{cc}$	$X_1 = Z_1 \sin\varphi \cdot 10^{-3}$ $\sin\varphi = 0,98$
Transformador	$R_2 = \frac{W_c \cdot U^2 \cdot 10^{-3}}{S^2}$ W_c = Pérdidas en el Cu S = Potencia aparente transformador (kVA)	$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$ $Z_2 = \frac{U_{cc} \cdot U^2}{100 \cdot S}$ U_{cc} = Tensión de cortocircuito del transform.
En cables	$R_3 = \frac{\rho L}{S}$ $\rho = 22,5$ (Cu) $L = m$ $S = mm^2$	$X_3 = 0,08L$ (cable trifásico) $X_3 = 0,12L$ (cable unipolar) L en m
En barras	$R_3 = \frac{\rho L}{S}$ $\rho = 36$ (AL) $L = m$ $S = mm^2$	$X_3 = 0,15L$ L en m

La P_{cc} es un dato de la compañía prestataria.

Si no es posible conocerla, una buena aproximación sería considerar $P_{cc} = \infty$. Entonces la I_{cc} queda sólo limitada por la Z_2 , que en porcentaje, es igual a la U_{cc} .

La U_{cc} del transformador es un dato que está fijado por la norma IRAM 2250 y los constructores deben ceñirse a ésta. Como ejemplo, la norma establece que para transformadores de distribución en baño de aceite entre 25 y 630 kVA, la U_{cc} es igual a 4%.

Para potencias normalizadas de 800 y 1000 kVA, la U_{cc} es igual a 5%.

$$I_{cc} [KA] = \frac{1}{Z_2 [\%]} I_n (\text{transformador}) [KA]$$

Ejemplo:

Esquema	Parte de la instalación	Resistencias (mΩ)	Reactancias (mΩ)
	Red aguas arriba Pcc = 500MVA	$R_1 = \frac{410^2}{500} 0,15 \cdot 10^{-3}$ $R_1 = 0,05$	$X_1 = \frac{410^2}{500} 0,98 \cdot 10^{-3}$ $X_1 = 0,33$
	Transformador S = 630 KVA Ucc = 4% U = 410V Wc = 6500	$R_2 = \frac{6500}{630^2} 410^2 \cdot 10^{-3}$ $R_2 = 2,75$	$X_2 = \sqrt{\frac{4}{100 \cdot 630}}$ $X_2 = 10,31$
	Unión T - M1 Cable Cu por fase 3 (1 x 150mm²) L = 3m	$R_3 = \frac{22,5 \times 3}{150 \times 3}$ $R_3 = 0,15$	$X_3 = 0,12 \times 3/3$ $X_3 = 0,12$
	Interruptor rápido M1	$R_4 = 0$	$X_4 = 0$
	Unión M1 - M2 1 barra (AL) 1 (100 x 5) mm² por fase L = 2m	$R_5 = \frac{36 \times 2}{500}$ $R_5 = 0,14$	$X_5 = 0,15 \cdot 2$ $X_5 = 0,30$
	Interruptor rápido M2	$R_6 = 0$	$X_6 = 0$
	Unión TGBT - CS Cable Cu por fase 1 (1 x 185mm²) L = 70m	$R_7 = \frac{22,5 \times 70}{185}$ $R_7 = 8,51$	$X_7 = 0,12 \times 70$ $X_7 = 8,40$

Cálculo de los Icc en kA

	Resistencias (mΩ)	Reactancias (mΩ)	Icc (kA)
M1	$R_{t1} = R_1 + R_2 + R_3$ $R_{t1} = 2,95$	$X_{t1} = X_1 + X_2 + X_3$ $X_{t1} = 10,76$	$\frac{410}{\sqrt{3} \sqrt{(2,95)^2 + (10,76)^2}} = 21,22 \text{ kA}$
M2	$R_{t2} = R_{t1} + R_4 + R_5$ $R_{t2} = 3,09$	$X_{t2} = X_{t1} + X_4 + X_5$ $X_{t2} = 11,06$	$\frac{410}{\sqrt{3} \sqrt{(3,09)^2 + (11,06)^2}} = 20,61 \text{ kA}$
M3	$R_{t3} = R_{t2} + R_6 + R_7$ $R_{t3} = 11,6$	$X_{t3} = X_{t2} + X_6 + X_7$ $X_{t3} = 19,46$	$\frac{410}{\sqrt{3} \sqrt{(11,6)^2 + (19,46)^2}} = 10,45 \text{ kA}$

El Anexo “ E” de la Reglamentación AEA secciones 771-701, contiene tablas de doble entrada donde se puede calcular las corrientes de cortocircuito en el punto Terminal de un conductor. Se deberá tener

como datos : el valor de la corriente en el origen, la sección del conductor y su material Cu o Al y la longitud del tramo de cable considerado.

A partir del último punto, se puede, por iteraciones sucesivas y ante cambios de secciones de conductor, seguir calculando los niveles de cortocircuito aguas abajo.

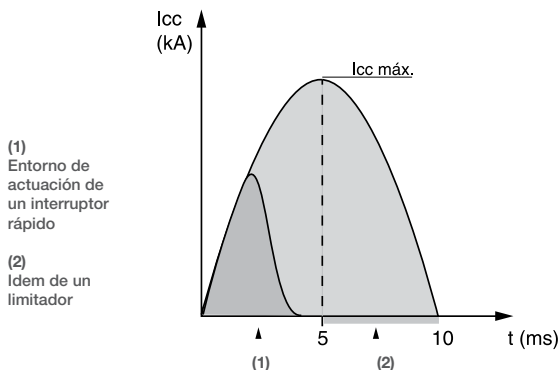
6 Poder de corte

Características de corte de un interruptor automático

El poder de corte de un interruptor automático, define la capacidad de éste para abrir un circuito automáticamente al establecerse una corriente de cortocircuito, manteniendo el aparato su aptitud de seccionamiento y capacidad funcional de restablecer el circuito. De acuerdo a la tecnología de fabricación, existen dos tipos de interruptores automáticos:

- Rápidos
- Limitadores

La diferencia entre un interruptor rápido y un limitador está dada por la capacidad de este último a dejar pasar en un cortocircuito una corriente inferior a la corriente de defecto presunta.



La velocidad de apertura de un limitador es siempre inferior a 5ms (en una red de 50Hz). El interruptor automático según IEC 60947-2 tiene definidos dos poderes de corte:

- Poder de ruptura último (Icu)
- Poder de ruptura de servicio (Ics)

Poder de ruptura último (Icu)

La Icu del interruptor es la máxima corriente de cortocircuito que puede interrumpir dos veces en la secuencia Normalizada C-t-CO. Luego de la apertura de esta corriente máxima dos veces, especificada a la tensión nominal del interruptor el arco se debe cortar en forma segura sin ningún daño para la instalación u operadores. Puede ser necesario revisar contactos del interruptor.

Poder de ruptura de servicio (Ics)

La Ics se expresa en % de la Icu (cada fabricante elije un valor entre 25, 50, 75 y 100 % de la Icu).

El calculo de la Icc presunta, como lo hemos visto, se realiza siempre bajo hipótesis maximalistas encaminadas hacia la seguridad, pero de hecho, cuando se produce un cortocircuito, el valor de la corriente es inferior a la Icc de cálculo. Son estas corrientes, de mayor probabilidad de ocurrencia, las que deben ser interrumpidas en condiciones de asegurar el retorno al servicio, de manera inmediata y segura, una vez eliminada la causa del defecto.

La Ics es la que garantiza que un interruptor automático, luego de realizar tres aperturas sucesivas a esa corriente, mantiene sus características principales y puede continuar en servicio.

Los criterios para elegir un interruptor en base a su capacidad o poder de ruptura son:

Icu = Icc

Seguridad del operador y la instalación.

Ics = Icc

Seguridad del operador y de la instalación y continuidad operativa del interruptor.

Un interruptor que tenga una $I_{cs} = 100\%$ de I_{cu} tiene ventajas operativas desde el punto de vista de la continuidad del servicio.

Corte Roto-activo

Con cortocircuitos elevados el aumento de la presión dentro de las unidades de corte accionan directamente el mecanismo de disparo del **Compact NS**. Esta técnica le confiere un disparo muy rápido: el tiempo de reacción es del orden del milisegundo.

En los interruptores **Compact C** y **Mas-terpact**, según sea su poder de corte, la I_{cs} puede alcanzar valores entre el 50 y el 100% de la I_{cu} .

Los Interruptores **Compact NS** poseen un dispositivo de corte denominado **rotoactivo**. Durante un cortocircuito, su arquitectura interna, en particular el movimiento rotativo de los contactos que provoca una rapidísima repulsión, consigue una limitación excepcional de los cortocircuitos.

En todos los modelos de **Compact NS**, sea cual fuere su poder de corte, la **I_{cs} es igual a 100% I_{cu}** .

Este poder de corte en servicio está certificado mediante los ensayos normativos, que consisten en:

- Hacer disparar tres veces consecutivas el interruptor automático a 100% I_{cu}
- Verificar seguidamente que:
 - Conduce su intensidad nominal sin calentamiento anormal.
 - El disparo funciona normalmente ($1,45 I_n$).
 - Se conserva la aptitud de seccionamiento.

Todo lo expresado responde a la definición de poderes de corte de la norma IEC 60947-2.

En general un interruptor automático para este uso indica ambos poderes de corte. La IEC 898 es de aplicación a aparatos de protección destinados a ser manipulados por personal no idóneo, razón por la cual esta norma es más exigente en cuanto a los ensayos de poder de corte.



Filiación o protección de acompañamiento

Utilizar el concepto de filiación en la realización de un proyecto con varios interruptores automáticos en cascada, puede redundar en una apreciable economía por la reducción de los poderes de corte de los interruptores aguas abajo, sin perjuicio de descalificación de las protecciones.

La filiación es la utilización del poder de limitación de los interruptores. Esta limitación ofrece la posibilidad de instalar aguas abajo aparatos de menor poder de corte.

Los interruptores limitadores instalados aguas arriba asumen un rol de barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito.

Ellos permiten a los interruptores de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de la instalación, ser solicitados dentro de sus condiciones normales de corte.

La limitación de la corriente se hace a todo lo largo del circuito controlada por el interruptor limitador situado aguas arriba, y la filiación concierne a todos los aparatos ubicados aguas abajo de ese interruptor, estén o no ubicados dentro del mismo tablero.

Desde luego, el poder de corte del interruptor de aguas arriba debe ser superior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto donde él está instalado.

La filiación debe ser verificada por ensayos en laboratorio y las asociaciones posibles entre interruptores deberán ser dadas por los constructores.

En la documentación específica de **Merlin Gerin** se indican todas las posibilidades de asociación entre diferentes interruptores para obtener una filiación.

7 Curvas de disparo

Una sobrecarga, caracterizada por un incremento paulatino de la corriente por encima de la I_n , puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar (falla de aislación), también pueden ser transitorias (por ejemplo, corriente de arranque de motores).

Tanto cables como receptores están dimensionados para admitir una carga superior a la normal durante un tiempo determinado sin poner en riesgo sus características aislantes.

Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta (varias veces la I_n) de manera instantánea estamos frente a un cortocircuito, el cual deberá aislarse rápidamente para salvaguardar los bienes.

Un interruptor automático contiene dos protecciones independientes para garantizar:

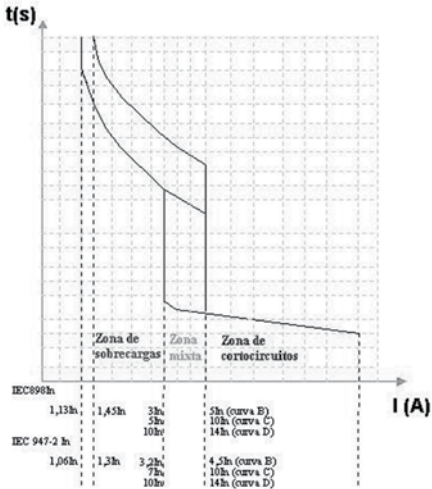
■ Protección contra sobrecargas

Su característica de disparo es a **tiempo dependiente o inverso**, es decir que a mayor valor de corriente es menor el tiempo de actuación.

■ Protección contra cortocircuitos

Su característica de disparo es a **tiempo independiente**, es decir que a partir de cierto valor de corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

Las normas IEC 60947-2 y 60898 fijan las características de disparo de las protecciones de los interruptores automáticos.



- Curva B** | Circuitos resistivos (para influencia de transitorios de arranque) o con gran longitud de cables hasta el receptor.
- Curva C** | Cargas mixtas y motores normales en categoría AC3 (protección típica en el ámbito residencial)
- Curva D** | Circuitos con transitorios fuertes, transformadores, capacitores, etc.

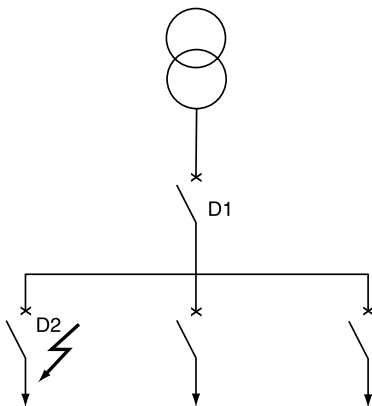
La correcta elección de una curva de protección debe contemplar que a la corriente nominal y a las posibles corrientes transitorias de arranque, el interruptor no dispare y al mismo tiempo la curva de disparo del mismo esté siempre por debajo de la curva límite térmica (Z) de las cargas a proteger en el gráfico Tiempo – Corriente.

8 Selectividad de protecciones

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación moderna. La falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultánea de más de un elemento de protección situado aguas arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial que debe ser tenido en cuenta desde su concepción.

Concepto de selectividad

Es la coordinación de los dispositivos de corte, para que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la red sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por ella. Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la coordinación es totalmente selectiva si D2 abre y D1 permanece cerrado. Si la condición anterior no es respetada la selectividad es parcial, o es nula.



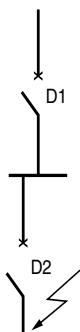
Técnicas de selectividad

Las técnicas de selectividad están basadas en la utilización de dos parámetros de funcionamiento de los aparatos:

- El valor de la corriente de disparo I_m (selectividad amperométrica)
- El tiempo de disparo T_d (selectividad cronométrica)

Sin embargo, el avance de las técnicas de disparo y la tecnología de los materiales posibilitan realizar otros tipos de selectividad.

Selectividad amperométrica



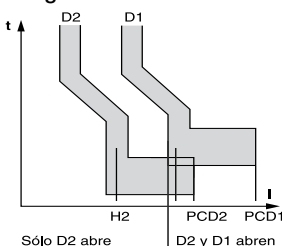
Es el resultado de la separación entre los umbrales de los relés instantáneos (o de corto retardo) de los interruptores automáticos sucesivos.

La zona de selectividad es tanto más importante cuanto mayor es la separación entre los umbrales de los relés instantáneos D_1 y D_2 y cuanto mayor sea la distancia entre el punto de defecto y D_2 (fig. 1).

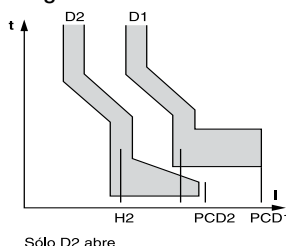
Mediante la utilización de interruptores limitadores se puede obtener una selectividad total (fig. 2).

Se usa, sobre todo, en distribución terminal. Se aplica a los casos de cortocircuito y conduce generalmente a una selectividad parcial.

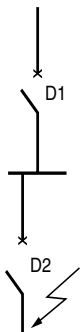
■ Fig. 1



■ Fig. 2



Selectividad cronométrica



Para garantizar una selectividad total, las curvas de disparo de los dos interruptores automáticos no deben superponerse en ningún punto, cualquiera que sea el valor de la corriente presunta.

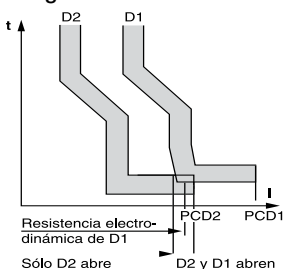
Esto se obtiene por el escalonamiento de tiempos de funcionamiento de los interruptores equipados con relés de disparo de corto retardo. Esta selectividad le impone al disyuntor D1, una resistencia electrodinámica compatible con la corriente de corta duración admisible que él debe soportar durante la temporización del corto retardo.

Esta temporización puede ser:

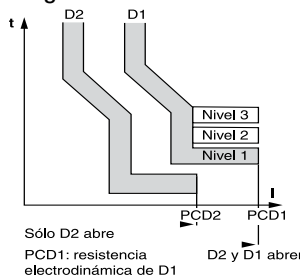
- A tiempo inverso (fig. 3)
 - A tiempo constante (fig. 4 - nivel 1)
 - A una o varias etapas selectivas entre ellas (fig. 4 - niveles 1, 2, y 3)
 - Utilizable a un valor inferior a la resistencia electrodinámica de los contactos (fig 1) en el cual la selectividad es entonces parcial, salvo que se utilice un interruptor limitador.
- A esta selectividad se la puede calificar de mixta o pseudocronométrica, ya que es cronométrica para los valores débiles de cortocircuito, y amperométrica para los fuertes. Esto da lugar a un nuevo concepto:

La selectividad energética.

■ Fig. 3



■ Fig. 4



Selectividad energética

Información detallada sobre este tema se desarrolla en los catálogos específicos.

Es una mejora y una generalización de la selectividad "Pseudocronométrica": La selectividad es total si, para cualquier valor de la corriente presunta de cortocircuito, la energía que deja pasar el interruptor situado aguas abajo es inferior a la energía necesaria para hacer entrar en acción al relé del interruptor situado aguas arriba. La tecnología del principio de selectividad energética ha sido objeto de una patente internacional por parte de **Merlin Gerin** con la creación de los interruptores **Compact NS**.

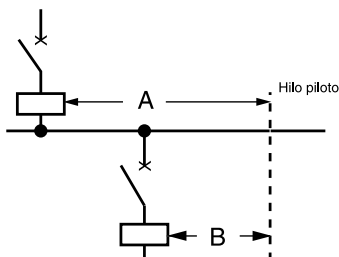
Selectividad lógica

La selectividad lógica se aplica a los interruptores automáticos de baja tensión selectivos de alta intensidad, tales como los **Compact NS6305** y **Masterpact**.

Este sistema necesita de una transferencia de información entre los relés de los interruptores automáticos de los diferentes niveles de la distribución radial.

Su principio es simple:

- Todos los relés que ven una corriente superior a su umbral de funcionamiento, envían una orden de espera lógica al que está justamente aguas arriba.
- El relé del interruptor situado aguas arriba, que normalmente es instantáneo, recibe una orden de espera que le significa: prepararse para intervenir. El relé del interruptor A constituye una seguridad en el caso de que el B no actúe.



9 Característica del lugar de la instalación

Tener en cuenta estas condiciones evitará en algunos casos el mal funcionamiento de los aparatos.

Un aparato de maniobra y/o protección (interruptor, contactor, relé de protección, etc), está concebido, fabricado y ensayado de acuerdo a la norma de producto que corresponde, la cual enmarca su performance según ciertos patrones eléctricos, dieléctricos y de entorno.

En estos dos últimos casos, las condiciones de la instalación pueden influir en la sobre o sub-clasificación de ciertas características de los aparatos, que se reflejan en la capacidad nominal de los mismos (I_n).

La polución ambiental

Determinará el grado de protección de la envoltura en la cual se instalarán los aparatos (ver cap. 10).

La temperatura ambiente

El cálculo del volumen del recinto en función del tipo de aparato, la temperatura exterior, el grado de protección y el material del envoltente, está dado por fórmulas con coeficientes empíricos que algunos fabricantes, como es el caso de Merlin Gerin, suministran.

La corriente nominal I_n de los interruptores está determinada por ensayos para una temperatura, generalmente 40°C (según la norma que corresponda), y poseen límites de funcionamiento para temperaturas extremas que pueden impedir el normal funcionamiento de ciertos mecanismos. Dentro de sus rangos de temperaturas límites, cuando ésta es superior a 40°C, se aplica una desclasificación de la I_n del interruptor, según los valores dados por el fabricante.

En ciertos casos, para obtener funcionamientos correctos deberá calefaccionarse o ventilarse el recinto donde se alojan los aparatos.

La altura

Generalmente los aparatos no sufren desclasificación en instalaciones de hasta 1.000 metros de altura. Más allá de ésta, es necesario acudir a tablas de corrección de I_n que contemplan la variación de densidad del aire.

10 Cálculo de la sección de conductores

Los conductores que unen la salida de un circuito de distribución con el receptor son uno de los elementos que deben ser protegidos en caso de cortocircuito.

Los criterios a tener en cuenta para su dimensionado son:

- Tensión nominal
- Cálculo térmico
- Verificación de la caída de tensión
- Verificación al cortocircuito

Tensión nominal o asignada

Es la que define la aislación. Se deberá cumplir en todo momento que su tensión nominal sea superior, o a lo sumo igual, a la tensión de servicio existente en la instalación ($U_n \geq U_s$).

Los conductores para las instalaciones eléctricas de baja tensión son diseñados para tensiones de servicio de 1,1 kV.

En caso de tener que constatar el estado de elementos existentes, el nivel de aislación a alcanzar no deberá ser inferior a los 1000Ω por cada Volt de tensión aplicada por el instrumento de medición.

Cálculo térmico

Será el que determine en principio la sección del conductor. El valor eficaz de la intensidad de la corriente nominal del circuito no tendrá que ocasionar un incremento de temperatura superior a la especificada para cada tipo de cable.

Para los conductores aislados y sin envoltura de protección, la norma IRAM 2183 refiere las intensidades máximas admisibles para cables instalados en cañerías, servicio continuo, con temperaturas límites de 40°C para el ambiente, 70°C en el conductor y 160°C en caso de cortocircuito, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Sección del conductor del cobre según norma IRAM 2183	Corriente máxima admisible
S (mm ²)	I (A)
1	9,6
1,5	13
2,5	18
4	24
6	31
10	43
16	59
25	77
35	96
50	116
70	148
95	180

De acuerdo con las condiciones de la instalación, estos valores son susceptibles a modificaciones. Si se colocasen de 4 a 6 conductores activos dentro de una misma canalización, los valores indicados en la tabla deberán multiplicarse por 0,8; mientras que si son instalados entre 7 y 9 conductores activos el factor de corrección será de 0,7.

En caso que la temperatura ambiente no coincida con los 40°C especificados en la norma, las intensidades máximas admisibles se verán afectadas mediante factores de corrección por temperatura, tal como a continuación se señala:

Temperatura ambiente hasta	Factor de corrección
T (°C)	I (Fc)
25	1,33
30	1,22
35	1,13
40	1
45	0,86
50	0,72
55	0,5

Cuando se trabaje con cables aislados y con envoltura de protección (llamados comúnmente "subterráneos"), es de aplicación

la norma IRAM 2220, que determina las intensidades máximas admisibles en servicio permanente.

Sección nominal de los conductores	Colocación al aire libre Para 3 cables unipolares separados un diámetro o un cable multipolar, colocados sobre bandejas perforadas. Temperatura amb. 40°C			Colocación directamente enterrada Terreno normal seco con temperatura de 25°C Profundidad de instalación de 70 cm.		
	Unipolar	Bipolar	Tetra y tripolar	Unipolar	Bipolar	Tetra y tripolar
mm ²	A	A	A	A	A	A
1,5	25	22	17	32	32	27
2,5	35	32	24	45	45	38
4	47	40	32	58	58	48
6	61	52	43	73	73	62
10	79	65	56	93	93	79
16	112	85	74	124	124	103
25	139	109	97	158	158	132
35	171	134	117	189		158
50	208	166	147	230		193
70	252	204	185	276		235
95	308	248	223	329		279

Si las instalaciones difieren de las consideraciones especificadas en la tabla precedente, deberán aplicarse las modificaciones a los valores de intensidades de servicio en correspondencia con las condiciones en que se ejecutarán los trabajos.

Para conductores en cañerías aislados tanto en PVC como de aislación libre de halógenos (Normas IRAM 2183 e 62267 se puede consultar la tabla de la Reglamentación AEA Sección 771 : Tabla 771.16.I

Tener en cuenta además los coeficientes de reducción por método de cableado y agrupamiento de conductores.

De utilizarse cables con aislación de goma etilén-propilénica tipo EPR (IRAM 2262) o polietileno reticulado tipo XLP (IRAM 2261), los que permiten desarrollar temperaturas de 90°C en servicio y de 250°C en caso de cortocircuito, los valores de las intensidades de corriente admisible resultarán hasta un 15% superior a los precedentes.

La reglamentación AEA, las normas IRAM y los fabricantes indican claramente todas las consideraciones a tener en cuenta para la determinación de la sección del cable en cualquier tipo de instalación.

Verificación de la caída de tensión

Elegido el tipo y sección (SC) de los conductores por la corriente de la carga, su modo de instalación y temperatura ambiente, es necesario realizar dos verificaciones. De no cumplirse alguna de ellas, se optará por la sección inmediata superior y se vuelve a verificar hasta que ambas cumplan. La verificación de la caída de tensión considera la diferencia de tensión entre los extremos del conductor, calculada en base a la corriente absorbida por todos los elementos conectados al mismo y susceptibles de funcionar simultáneamente. Se deberá cumplir que no supere la máxima admisible determinada por la carga, de acuerdo con:

$$\Delta U \leq \Delta U_{adm}$$

Como valores de caída de tensión admisible se deben tomar:

Circuitos de iluminación:	ΔU_{adm} 3%
Circuito de fuerza motriz:	ΔU_{adm} 5%
	(en régimen)
	ΔU_{adm} 15%
	(en arranque)

Cabe señalar la conveniencia de consultar con los fabricantes de los equipos a instalar, con el fin de determinar exactamente los valores límites de la caída de tensión para su correcto funcionamiento.

Para su cálculo debe aplicarse la expresión que se indica seguidamente:

$$\Delta U = K \ln L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Los valores de caída de tensión admisibles son desde el TPBT hasta la carga más alejada de cada circuito terminal.

Donde:

ΔU = Caída de tensión en Volt

K = Constante referida al tipo de alimentación (De valor igual a 2 para sistemas monofásicos y $\sqrt{3}$ para trifásicos).

In = Corriente nominal de la instalación.

L = Longitud del conductor en Km.

R = Resistencia del conductor en Ω/Km .

X = Reactancia del conductor en Ω/Km .

φ = Angulo de desplazamiento de fase de la carga.

Para el caso de motores deberá considerarse la ingerencia de éstos sobre los circuitos de iluminación asociados a la misma barra de alimentación.

Durante el arranque, la caída de tensión puede ocasionar molestias en la iluminación, por lo cual deberá aumentarse la sección de los conductores o cambiarse el tipo de arranque.

Los arrancadores estrella-triángulo y **Altistart** (entre otros) contribuyen a evitar el aumento de la sección del conductor limitando la corriente de arranque a valores compatibles con la caída de tensión deseada.

Verificación al cortocircuito

Se realiza para determinar la máxima sollicitación térmica a que se ve expuesto un conductor durante la evolución de corrientes de breve duración o cortocircuitos. Existirá, entonces, una sección mínima **S** que será función del valor de la potencia de cortocircuito en el punto de alimentación, el tipo de conductor evaluado y su protección automática asociada. En esta verificación se deberá cumplir con:

$$S \leq SC$$

siendo **SC** la sección calculada térmicamente y verificada por caída de tensión.

El cálculo de esta sección mínima está dado por:

$$S \geq \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{K}$$

Fórmula válida para $100 \text{ ms} \leq t \leq 5 \text{ seg}$

siendo:

S= Sección mínima del conductor en mm^2 que soporta el cortocircuito.

I_{cc}= Valor eficaz de la corriente de cortocircuito en Amperes.

t= Tiempo de actuación de la protección en segundos.

K= Constante propia del conductor, que contempla las temperaturas máximas de servicio y la alcanzada al finalizar el cortocircuito previstas por las normas:

K: 115

conductores de cobre aislados en PVC.

K: 76

conductores de aluminio aislados en PVC

K: 143

conductores de cobre tipo XLP y EPR

K: 94

idem para aluminio

Si la S que verifica el cortocircuito es menor que la SC, se adopta ésta última.

En caso contrario, se deberá incrementar la sección del cable y volver a realizar la verificación hasta que se compruebe $S \leq SC$

Otra posibilidad, ventajosa en muchos casos, es poner en valor el tiempo de disparo de los relés de cortocircuito de los interruptores automáticos.

En estos casos, los interruptores automáticos del tipo **Compact NS** contribuyen en gran manera a evitar el aumento de la sección del conductor, reduciendo el tiempo de exposición de éste a la corriente de falla.

11 Riesgos de contactos eléctricos

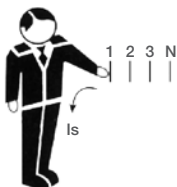
Cuando una corriente que excede los 30mA atraviesa una parte del cuerpo humano, la persona está en serio peligro si esa corriente no es interrumpida en un tiempo muy corto (menor a 500 ms).

El grado de peligro de la víctima es función de la magnitud de la corriente, las partes del cuerpo atravesadas por ella y la duración del pasaje de corriente

La norma IEC 60479-1 distingue dos tipos de contactos peligrosos:

Contacto directo

La persona entra en contacto directo con un conductor activo, el cual está funcionando normalmente.

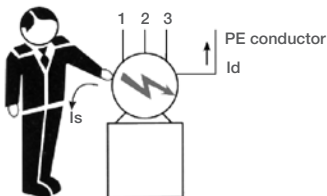


Contacto directo

Toda la corriente de falla pasa por el contacto directo
 I_s = corriente que circula por el cuerpo

Contacto indirecto

La persona entra en contacto con una parte conductora, que normalmente no lo es, pero que accedió a esta condición accidentalmente (por ejemplo, una falla de aislación).



Contacto indirecto

Solo una fracción de toda la corriente de falla pasa por el cuerpo

I_d = corriente de falla de aislación

I_s = corriente que circula por el cuerpo

Ambos riesgos pueden ser evitados o limitados mediante protecciones mecánicas (no acceso a contactos directos), y protecciones eléctricas, a través de dispositivos de corriente residual de alta sensibilidad que operan con 30mA o menos.

Las medidas de protección eléctrica dependen de dos requerimientos fundamentales:

■ La puesta a tierra de todas las partes expuestas que pueden ser conductoras del equipamiento en la instalación, constituyendo una red equipotencial.

La desconexión automática de la sección de la instalación involucrada, de manera tal que los requerimientos de tensión de contacto (U_c) y el tiempo de seguridad sean respetados.

La U_c es la tensión (V) que existe (como resultado de una falla de aislación) entre una parte conductora de la instalación y un elemento conductor (la persona) que está a un potencial diferente (generalmente a tierra). En la práctica, los tiempos de desconexión y el tipo de protecciones a usar depende del sistema de puesta a tierra que posee la instalación.

12 Protección diferencial

Principio de funcionamiento:

Hoy en día, los Interruptores Diferenciales están reconocidos en el mundo entero como un medio eficaz para asegurar protección de personas contra los riesgos de la corriente eléctrica en baja tensión, como consecuencia de un contacto indirecto o directo. Estos dispositivos están constituidos por varios elementos: El captador, el bloque

de tratamiento de la señal, el relé de medida y disparo y el dispositivo de maniobra. En el caso del captador el mas comúnmente usado es el **transformador toroidal**. Los relés de medida y disparo son clasificados en 3 categorías tanto según su modo de alimentación como su tecnología:

«A propia corriente»

Está considerado por los especialistas como el más seguro. Es un aparato en donde la energía de disparo la suministra la propia corriente de defecto. Dentro de este tipo se encuentran toda nuestra **gama ID Multi 9 de Merlin Gerin**.

«Con alimentación auxiliar»

Es un aparato (tipo electrónico) en donde la energía de disparo necesita de un aporte de energía independiente de la corriente de defecto, o sea no provocará disparo si la alimentación auxiliar no está presente. Dentro de este tipo se incluyen los relés diferenciales **Vigirex** con toroide separado.

«A propia tensión»

Este es un aparato con alimentación auxiliar, pero donde la fuente es el circuito controlado. De este modo cuando el circuito está bajo tensión, el diferencial está alimentado, y en ausencia de tensión, el equipo no está activo pero tampoco existe peligro. Es el caso de los bloques Vigi asociados a los interruptores **Compact NS de Merlin Gerin**.

A continuación se presenta la nueva tecnología «superinmunizada» para los dispositivos a propia corriente que mejora ampliamente la calidad de respuesta de los interruptores diferenciales tradicionales.
La Nueva Tecnología «Superinmunizada»

La nueva tecnología «Superinmunizada»

En la figura adjunta se observa que existen 3 tipos de interruptores diferenciales. Las diferencias entre ellos son básicamente las siguientes:

Clase AC

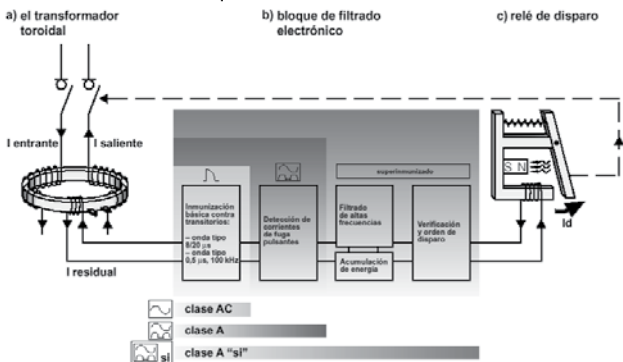
Son los dispositivos estándar y los más habitualmente utilizados

Clase A

Se diferencian de los AC en que utilizan un toroidal mejorado, más energético, e incluye un bloque electrónico de detección de corrientes rectificadas o pulsantes

Clase A superinmunizados

Se diferencian de los clase A estándar en que poseen un toroide aún mas mejorado y un bloque de filtrado electrónico muy enriquecido.



Disparos intempestivos en redes BT

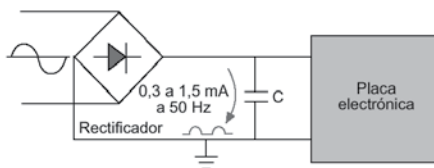
Son fenómenos anómalos que presentan los diferenciales de tipo estándar (clase AC) instalados en redes con alto contenido armónico y debido a las corrientes de fuga capacitivas permanentes (alta frecuencia) que estos armónicos producen en toda la red. La atenuación de estas corrientes de fuga a frecuencias superiores a los 50 Hz pero menores a los kHz, hacen que el ID «si» se comporte mejor que un diferencial clase AC o A estándar. En todo caso no es posible evitar al 100% que el diferencial dispare intempestivamente debido a que corrientes de fuga con armónicos de orden 3 (150Hz) o 5 (250Hz) todavía son corrientes peligrosas para las personas, según la norma IEC 61008 e IEC 60479-2.

Riesgo de no disparo o cegado del diferencial

En el otro extremo de frecuencia la capacidad de disparo del relé de un diferencial estándar se ve influida por la frecuencia de la corriente de fuga detectada por el toroide. Al aumentar la frecuencia de esta corriente se intensifica el fenómeno de bloqueo o cegado del relé de disparo, ya que la fuerza magnética creada por esta corriente de alta frecuencia varía de sentido con una rapidez tan alta que el mecanismo de disparo no lo puede seguir, debido a su propia inercia mecánica e histéresis magnética, quedando entonces «pegada» la paleta. De esta forma el equipo no puede responder ante defectos de alta frecuencia y tampoco a fallas simultáneas de corrientes de 50Hz que son las peligrosas. En la gama superimnuni-
zada hemos intercalado un filtro de altas frecuencias de modo de evitar que lleguen al mecanismo de disparo.

Aplicaciones de la tecnología Superinmunizada

- Iluminación fluorescente con ballast tradicionales
- Iluminación fluorescente con ballast electrónico
- Iluminación con variación electrónica o dimmers,
- Instalaciones con receptores electrónicos , informática y otros.



Principio de funcionamiento básico de la alimentación para placa electrónica.

13 Esquemas de conexión a tierra

Existen 3 tipos de sistemas de puesta a tierra del centro de estrella del transformador de la compañía distribuidora de energía eléctrica en instalaciones de Baja Tensión:

TN puesta al neutro.

IT neutro aislado.

TT puesta a tierra.

La primera letra indica la condición de puesta a tierra de la fuente de energía (el centro de estrella de los transformadores). La segunda letra indica las condiciones de la puesta a tierra de las masas de la instalación eléctrica (en el usuario).

T: puesta a tierra directa.

I: aislación de las partes activas con respecto a tierra o puesta a tierra en un punto de la red a través de una impedancia.

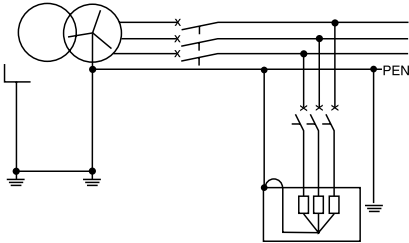
Sistema TN

Por motivos técnicos (garantizar que el conductor neutro posea un potencial 0), y económicos (la distribución se debe hacer con 4 ó 5 conductores), este sistema es muy poco utilizado, por lo cual no abundaremos en sus detalles

N: masas unidas directamente a la puesta a tierra funcional (provisto por la compañía distribuidora).

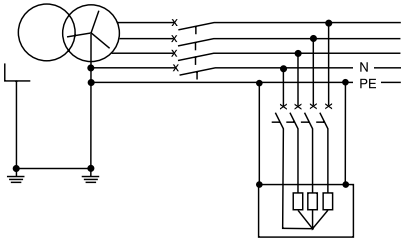
Este sistema utiliza al neutro conectado a tierra. Existen dos esquemas, el TNC donde el conductor neutro y protección son uno solo (conductor PEN), y el TNS en el que ambos conductores están separados (conductor PE y N). Se pueden usar en instalaciones aisladas de la red (SET privada o central generadora autónoma). La figura muestra los esquemas de los dos sistemas.

■ TNC



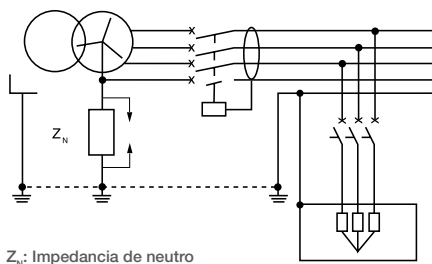
Sistema prohibido para toda instalación inmueble según reglamentación AEA.

■ TNS



Sistema IT

En este sistema el neutro no está conectado sólidamente a tierra. El neutro puede estar totalmente aislado o unido por medio de una impedancia de alto valor (neutro impedante). Se encuentra en algunas instalaciones industriales y hospitales, que disponen de transformadores de aislación o una SET privada; donde una interrupción de la alimentación pueda tener consecuencias graves, debiéndose garantizar la continuidad del servicio. La figura muestra el esquema de instalación de un sistema IT.



Z_N : Impedancia de neutro

Las masas deben interconectarse y ponerlas a tierra en un solo punto.

La corriente de la primera falla adquiere valores despreciables, por lo tanto la tensión de contacto adquiere valores no peligrosos para las personas.

La corriente de una segunda falla (estando la primera) puede adquirir valores de corriente elevados según la puesta a tierra de las masas, estén interconectadas (condición similar a TN) o separadas (condición similar a TT).

Debe darse alarma cuando ocurre la primera falla, la cual debe ser localizada y reparada. Debe monitorearse continuamente la instalación por **Controlador Permanente de Aislamiento**.

El disparo debe ocurrir a la segunda falla por los **Dispositivos de Protección contra Sobrecorriente o Diferenciales**.

Requiere personal especializado para el monitoreo y mantenimiento de la red y para la localización y reparación de la falla.

Se necesita un elevado nivel de aislación de la red, debido a la sobretensión a la que están sometidos los aparatos al ponerse una fase a tierra, ya que las fases sanas adquieren el valor de la tensión de línea.

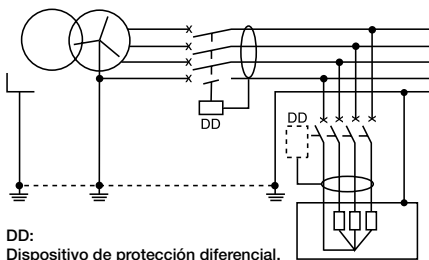
El disparo de una segunda falla debe ser considerado durante el proyecto de la instalación y verificarse indefectiblemente su actuación durante la puesta en servicio.

Si la puesta a tierra de la subestación está separada de la instalación de las masas, debe instalarse un dispositivo diferencial en la cabeza de la instalación.

Sistema TT

Es el sistema de puesta a tierra más utilizado en las redes públicas y privadas de Baja Tensión.

La figura siguiente muestra el esquema de la instalación



Las masas de la instalación deben estar interconectadas y puestas a tierra en un solo punto.

El **dispositivo diferencial** instalado en el comienzo de la instalación (puede existir otro dispositivo diferencial en otro punto de la misma), provocará la apertura del circuito en el caso de un contacto directo.

Ante una falla de aislación en un equipo cualquiera, se corre el riesgo de efectuar un contacto indirecto; en este caso actuará el dispositivo diferencial al tener el apoyo de sistema de puesta a tierra en la masa de la instalación.

Para que esto sea efectivo se deberá ejecutar tratando de obtener la menor resistencia a tierra posible (como máximo 40Ω) para instalaciones domésticas.

Se podrán conectar diferenciales para prevenir riesgo de contacto indirecto o incendio de hasta 300 ms.

La forma mas simple de acceder a esos valores se logra enterrando un electrodo o jabalina, en terreno natural.

14 Cálculo de resistencia de puesta a tierra

El método que presentamos se basa en la interpretación de un ábaco de simple lectura, y la posterior verificación con instrumental, para el caso de realización de puesta a tierra con electrodos con alma de acero y superficie de cobre electrolítico.

El ábaco ha sido perfeccionado por el Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires, quienes lo ha suministrado.

Al ser la resistividad del terreno (valor conocido), un factor preponderante en el resultado final, pudiendo ésta variar en cada lugar de posición del electrodo, el método es aproximado.

Se comienza seleccionando el electrodo por su diámetro (en pulgadas), y longitud (en metros), ejemplo: $d = 5/8"$, $L = 3\text{mts.}$.
Uniendo ambas características, al cortar la recta "q" se determina el punto A.
Consideremos un terreno con una resistividad de $20\Omega/\text{m}$.

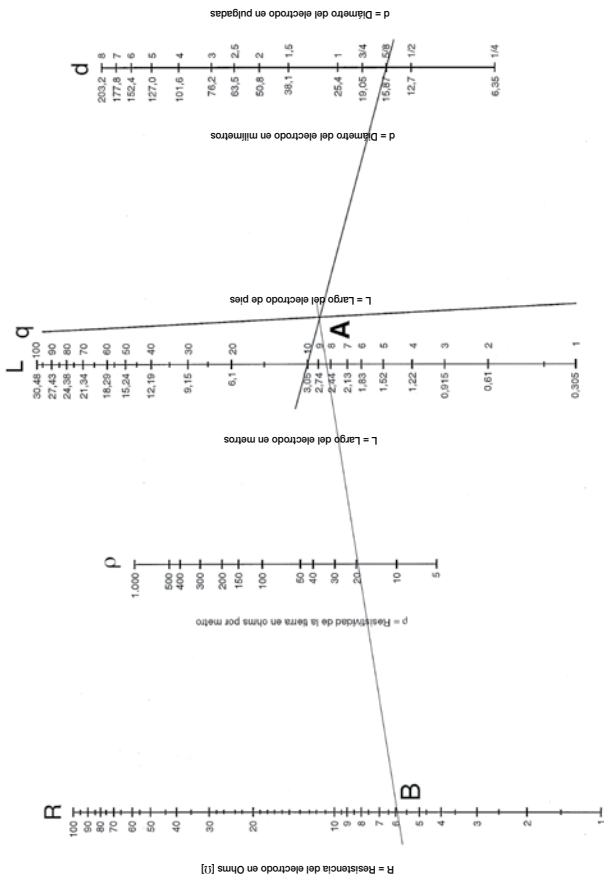
Trazando una semirecta que comience en A y corte a la recta ρ en $20\Omega/\text{m}$, finalizando en el punto B al cortar la recta R, obtendremos el valor teórico aproximado de la resistencia de puesta a tierra del electrodo en Ohm (Ω).
Si el valor de resistencia leído (con un Telurímetro) supera al teórico determinado, y sea necesario bajarlo a los niveles sugeridos por los reglamentos locales, será necesario enterrar otro electrodo y conectarlos en paralelo, a no más de 3 metros de separación entre sí.

La resistencia final de puesta a tierra en este caso será:

$$R(\Omega) = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}$$

Siendo R_1 y R_2 las resistencias individuales de ambos electrodos.

Abaco



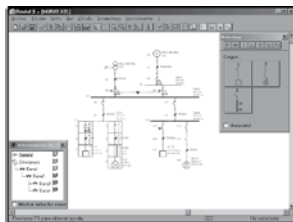
15 Cálculo de redes asistido por computador

ECOdial

El software ECOdial permite diseñar una instalación de baja tensión de manera que los elementos especificados permitan al proyectista optimizar el proyecto asegurando economía y seguridad en la protección de equipos y personas.

Características generales del programa:

- Reducción de un 75% en el tiempo de cálculo del proyecto.
- Cálculos automáticos conforme a la norma de cálculo CENELEC e IEC.
- Selección automática de productos.
- Ingreso rápido de las características principales.
- Elección de variables a considerar para los distintos componentes del sistema.
- Visualización y resumen de resultados.
- Estado del proyecto (Calculado / no calculado).
- Despliegue de las curvas de los disyuntores.
- Permite actualizar los resultados luego de realizadas las modificaciones.
- Permite exportar a cualquier programa de CAD (en formato DXF).
- Considera el contenido armónico de 3° orden para dimensionar la sección del conductor neutro.



En las características globales del sistema, se requiere:

- Tensión entre fases en kV.
- Tipo de puesta a tierra (TT, TNC, TNS, IT)
- Filiación solicitada.
- Selectividad solicitada.
- Sección máxima permitida en mm².
- Sección del neutro respecto de las fases.
- Factor de potencia.

La descripción de las cargas incluye como mínimo las siguientes variables a considerar:

- Longitudes de los cables y canalizaciones en metros.
- Corriente nominal de la carga.
- Tipo de puesta a tierra.
- Potencia en kW.
- Opción de agregar protección diferencial, telemando o equipo extraíble.
- Si es alumbrado se agrega, desde una tabla de selección predeterminada, el tipo, N° de equipos y potencia unitaria en W.
- Si es motor, se agrega desde una tabla de selección predeterminada, la potencia mecánica en kW, rendimiento, corriente de partida y tipo de coordinación.
- Salvo en circuitos de tomas donde es mandatorio.

Permite aplicar las siguientes funciones:

- Arrastrar y pegar los componentes del diagrama unilineal del sistema.
- Seleccionar circuitos que se encuentren conectados o no.
- Jerarquizar el diagrama del circuito a través de subniveles.
- Copiar circuitos o componentes de él con un límite máximo de 20.
- Desplazar circuitos.
- Alargar juegos de barras, extender las uniones eléctricas.
- Agregar información al esquema.
- Buscar circuitos o símbolos a través de la función «Buscar».
- Selección del tamaño de formato y fondo de los planos.
- Utilizar la herramienta Zoom.



NOTA: Consultar a su agencia Schneider más cercana por los requerimientos mínimos del sistema, para la instalación y ejecución del software.