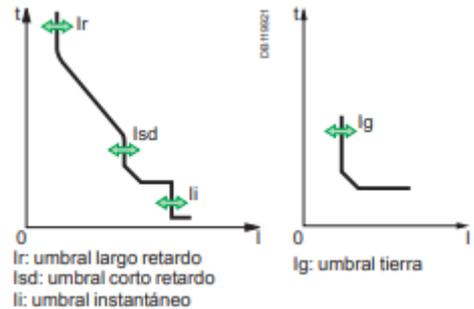


PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

El objetivo de este documento es aclarar el correcto uso de los relés de protección de los interruptores magnetotérmicos que lleva incorporada la función/protección **G** (ó ANSI 50N – TD/51N).

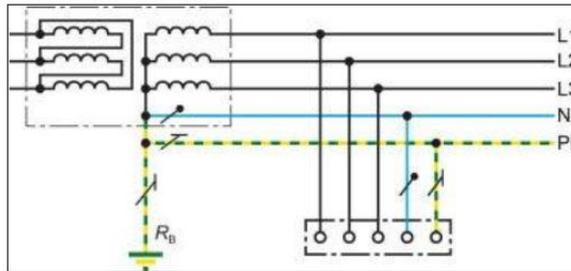
Los relés de protección pueden incorporar y combinar las siguientes funciones/protecciones:

- **L** : protección Largo Retardo protección “térmica” : I_r
- **I** : protección Instantánea protección “magnética” : I_i
- **S** : protección Selectiva Permite regular curvas de disparo para conseguir selectividad de protecciones : I_{sd}
- **G** : protección defecto a tierra : I_g



La protección de defecto a tierra suministra protección contra defectos de fase a tierra, más sensible que la protección basada únicamente en la corriente de fase.

Suele utilizarse en los sistemas **TN-S**, pero también puede utilizarse en los otros sistemas . El sistema TN es el habitual en instalaciones industriales/terciarias con transformador de alimentación propio



Funcionamiento :

Se basa en la suma de la corriente en las fases y el neutro o en la señal proporcionada por un transformador de corriente de sensor externo para protección de tierra Source Ground Return (SGR).

- Evaluación de la suma vectorial de las corrientes que circulan por los conductores en tensión (las tres fases y el neutro)

Configuración del interruptor automático	Corriente de defecto a tierra I_g
3P	$I_g = I_1 + I_2 + I_3$
4P	$I_g = I_1 + I_2 + I_3 + I_N$
3P + ENCT	$I_g = I_1 + I_2 + I_3 + I_N$ (ENCT)
3P o 4P + SGR	$I_g = ISGR$

ENCT : transformador externo que mide la corriente de neutro

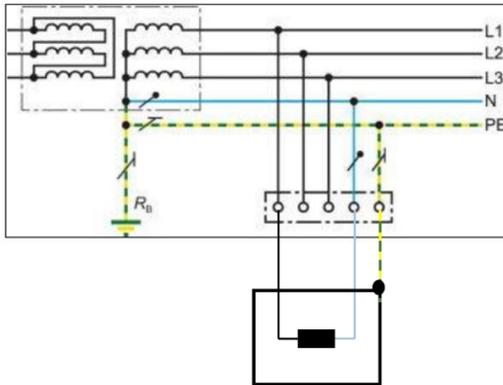
SGR: Source Ground Return → sensor instalado alrededor de la conexión de neutro del transformador

- En un circuito en buenas condiciones esta suma equivale a 0

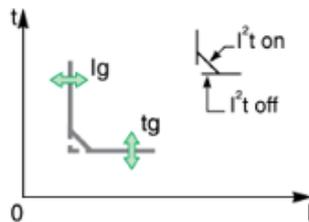
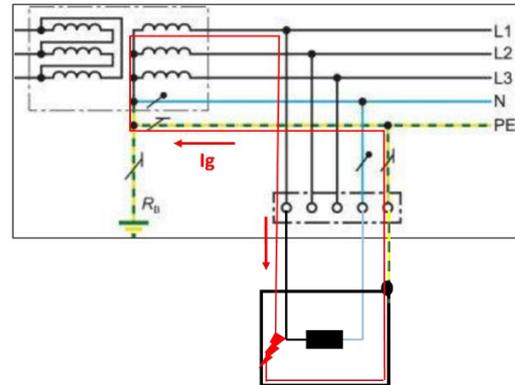
PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

- En presencia de un defecto a tierra, una parte de la corriente de defecto volverá a la fuente de alimentación a través del conductor de protección y/o tierra sin afectar a los conductores en tensión., y la suma vectorial no será igual a 0

Circuito sin fallo



Fallo de aislamiento



- Si esta diferencia es mayor al valor de disparo ajustado I_g , el interruptor dispara en el tiempo de regulación t_g
- La temporización t_g puede ajustarse:
 - o $I^2 t_{on}$: curva disparo a tiempo inverso hasta $2xI_r \rightarrow$ temporización se reduce a medida que la corriente aumenta. Por encima de $2xI_r$, la curva de disparo es una curva de tiempo definida con un tiempo de disparo constante
 - o $I^2 t_{off}$: la curva de disparo es una curva de tiempo definida con un tiempo de disparo constante

PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

USO de la PROTECCION G en SISTEMA TT

La tensión de contacto máxima permitida son 50 V

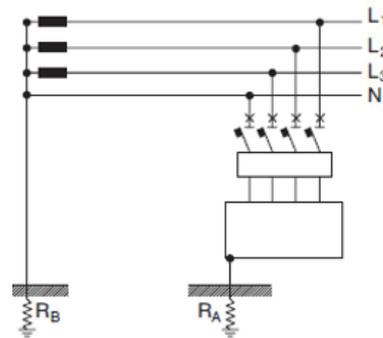
Entonces , el valor de la resistencia de la tierra R_A :

$$R_A \leq \frac{50}{I_g}$$

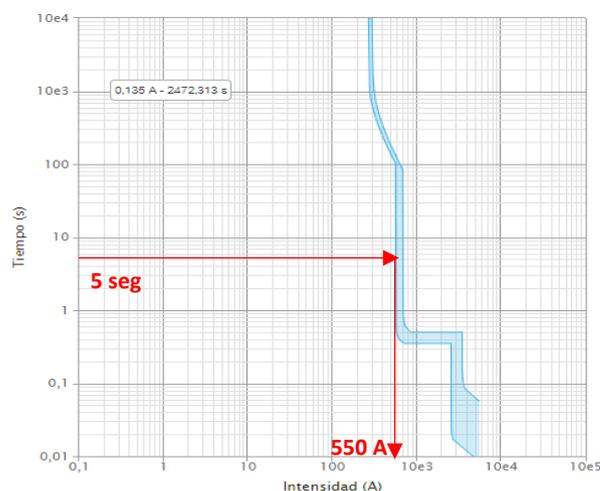
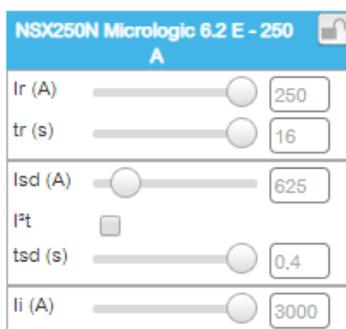
Siendo I_g , el valor de ajuste

Normalmente este valor I_g puede ajustarse entre 0,2 -1 x I_n

El uso de la protección G en régimen TT, permite trabajar con una R_A (resistencia de puesta a tierra de la instalación) mayor que en el caso de uso de las funciones LSI.

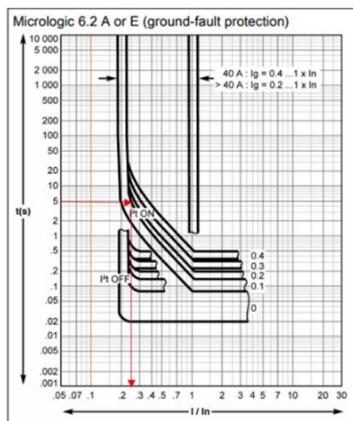


Ejemplo : NSX 250 , con micrologic 6.2 E



- Disparo en menos de 5 segundos (normativo), la corriente debe ser mayor de 550 A
- Esto significaría una resistencia de puesta a tierra menor que $0,091 \Omega$, muy difícil de conseguir

Si utilizamos la función de protección G , por ejemplo regulada a $0,2 \times I_n$:



- El disparo en menos de 5 segundos se produce a partir de intensidades $0,25 \times 250 = 62,5 \text{ A}$
- Con lo que la resistencia a tierra podría ser $0,8 \Omega$
- Estos valores de resistencia, también son difíciles de conseguir

Como estos valores de resistencia a tierra R_A son muy difíciles de obtener, es necesario implementar otras medidas para proteger contra los contactos indirectos → Interruptores diferenciales

La función G no garantiza la protección contra contactos indirectos

PROTECCION CONTACTOS INDIRECTOS en SISTEMA TN

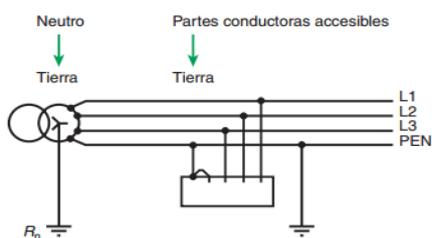


Fig. E25: Esquema TN-C.

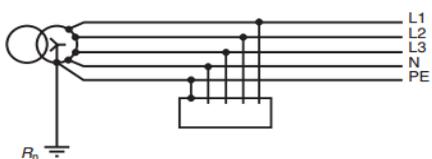


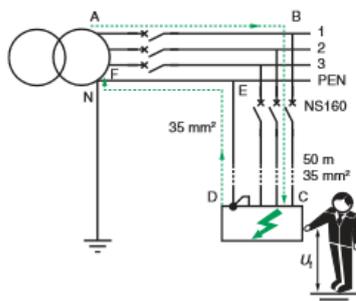
Fig. E26: Esquema TN-S.

En el régimen TN pueden usarse los siguientes métodos para la protección contra los contactos indirectos:

- Interruptores automáticos con relés magnetotérmicos
- Interruptores automáticos con relés electrónicos
- Interruptores diferenciales, solo en régimen TN-S

En los regímenes TN:

- cualquier defecto de aislamiento a tierra tendrá como resultado un cortocircuito Fase-Tierra
- los elevados niveles de la corriente de defecto (cortocircuito fase-tierra) permiten utilizar la protección contra sobrecorrientes aguas arriba (interruptor magnetotérmico)



Las características de los dispositivos de protección y las impedancias del circuito deben satisfacer:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

Z_s : es la impedancia del bucle del defecto, que incluye : la fuente, el conductor de fase hasta el punto de defecto y el conductor de protección entre el punto de defecto y la fuente

I_a : es la corriente que provoca el funcionamiento automático del dispositivo de desconexión en el tiempo establecido :

- Tiempos máximos de desconexión para circuitos finales con corriente asignada que no supere:
 - 63 A , con una o más bases de toma de corriente
 - 32 A alimentando solo receptores conectados de forma fija

Esquema	$50 \text{ V} < U_o \leq 120 \text{ V}$ s		$120 \text{ V} < U_o \leq 230 \text{ V}$ s		$230 \text{ V} < U_o \leq 400 \text{ V}$ s		$U_o > 400 \text{ V}$ s	
	c.a	c.c	c.a	c.c	c.a	c.c	c.a	c.c
TN	0,8	a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

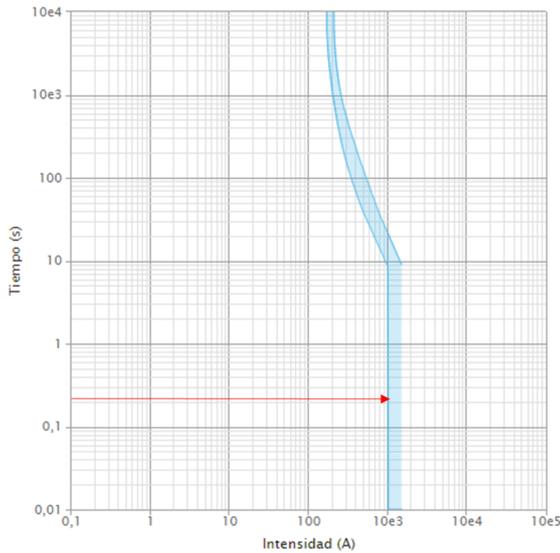
PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

- Un tiempo de desconexión que no exceda de los 5 seg para los circuitos de distribución (y resto de circuitos no cubiertos por punto anterior)

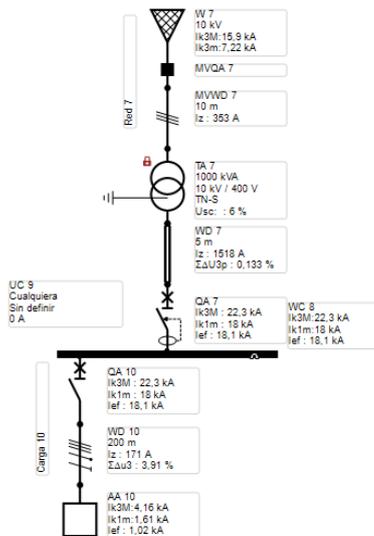
U_o : Tensión nominal entre fase y tierra (230 V en redes 400/230V)

1.- Protección con interruptores automáticos con relés magnetotérmicos

- Verificar que la corriente de defecto de los conductores PE/de fase respecto a la pieza conductora expuesta en cuestión es superior a la corriente que provoca el disparo en menos de 0,4 seg
- Ver en la curva de disparo del interruptor, a partir de que intensidad dispara en menos de 0,4 seg:
 - Ejemplo : NSX160F → 1000 A



- Con lo que la impedancia de bucle Z_s debe ser menor que $(230 \text{ V} / 1000 \text{ A}) = 0,23 \Omega$
- Debe verificarse mediante mediciones o cálculo (por software , por ejemplo)
- **Cálculo** : utilización de software de diseño
 - Por ejemplo, la intensidad de cortocircuito PE/FASE : es la I_{ef}



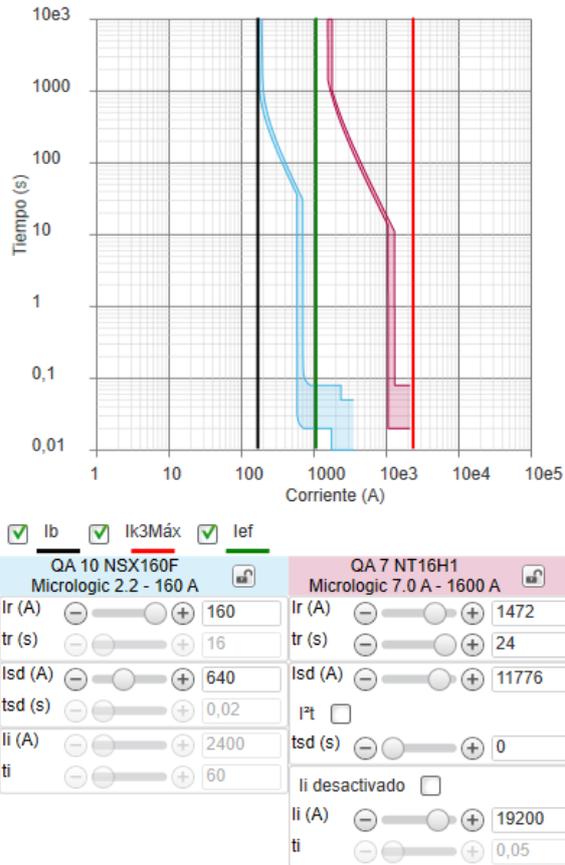
Corrientes de cortocircuito						
	I_{k3max}	I_{k2max}	I_{k1max}	I_{k2min}	I_{k1min}	I_{ef}

Modo de explotación Normal						
(kA)	4,16	3,60	2,19	2,67	1,61	1,02

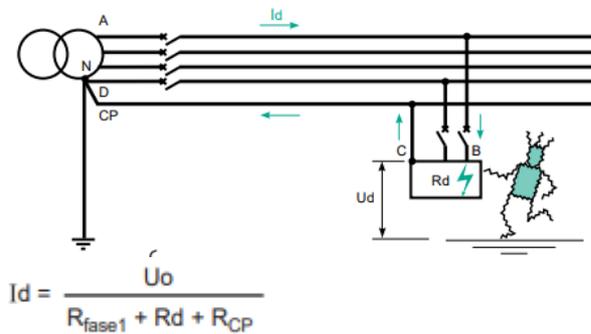
Resumen para todos los modos de explotación						
(kA)	4,16	3,60	2,19	2,67	1,61	1,02

PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

- La intensidad de cortocircuito L-G (fase-tierra) es de 1,02 kA , suficiente para disparar la protección



- Verificación longitud /medición



- Se supone $R_d=0$. Se considera que durante el cortocircuito, las impedancias aguas arriba provocan una caída de tensión del orden del 20% de la tensión simple U_0 .

$$I_d = \frac{0,8 U_0}{Z} = \frac{0,8 U_0}{R_{fase1} + R_{CP}} = \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho (1 + m) L}$$

- Y la longitud máxima

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho (1 + m) I_a}$$

- L_{max} : longitud máxima en metros,
- U_0 : tensión simple, 230 V

PROTECCIÓN DEFECTO A TIERRA: G

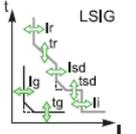
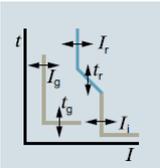
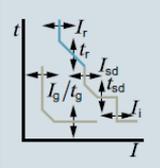
- r : resistividad a la temperatura de funcionamiento normal:
 - para el cobre: $0,0237 \Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$,
 - para el aluminio: $0,0376 \Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$,
- I_a es la corriente (A) de disparo magnético del interruptor automático,
- m : S_f / S_{PE} ,
 - S_f : sección de las fases en mm^2 ,
 - S_{PE} : sección del conductor de protección en mm^2 .

Ejemplo : cable de fase 35 mm^2 y tierra de sección 16 mm^2

$$L_{\text{max}} = (0,8 \times 230 \times 35) / (0,0237 \times (1+2) \times 1000) = 90 \text{ m}$$

Si al línea tiene una longitud superior : disminuir la I_a , o aumentar la S_{PE} , o instalar una protección diferencial

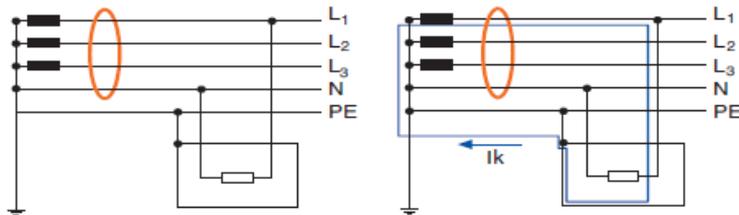
2.- Protección con relé electrónico: protección G

																																																																																																															
																																																																																																															
																																																																																																															
Micrologic 6	ETU 330 LIG																																																																																																														
																																																																																																															
Micrologic 6	ETU560 LSIG y ETU860 LSIG																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">G Ground faults</th> </tr> <tr> <th>Pick-up (A)</th> <th colspan="10">$I_g = I_n \times \dots$</th> </tr> <tr> <th>accuracy $\pm 10\%$</th> <th>$I_n = 25 \text{ A}$</th> <th>$I_g = 0.6$</th> <th>$I_g = 0.6$</th> <th>$I_g = 0.6$</th> <th>$I_g = 0.6$</th> <th>$I_g = 0.7$</th> <th>$I_g = 0.8$</th> <th>$I_g = 0.9$</th> <th>$I_g = 1$</th> <th>Off</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>$I_n = 25 \text{ A}$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.7$</td> <td>$I_g = 0.8$</td> <td>$I_g = 0.9$</td> <td>$I_g = 1$</td> <td>Off</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$I_n = 50 \text{ A}$</td> <td>$I_g = 0.3$</td> <td>$I_g = 0.4$</td> <td>$I_g = 0.5$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.7$</td> <td>$I_g = 0.8$</td> <td>$I_g = 0.9$</td> <td>$I_g = 1$</td> <td>Off</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$I_n > 50 \text{ A}$</td> <td>$I_g = 0.2$</td> <td>$I_g = 0.3$</td> <td>$I_g = 0.4$</td> <td>$I_g = 0.5$</td> <td>$I_g = 0.6$</td> <td>$I_g = 0.7$</td> <td>$I_g = 0.8$</td> <td>$I_g = 1$</td> <td>Off</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="9">fine adjustments in 0.05 x I_n steps</td> </tr> <tr> <td>Time delay (ms)</td> <td>I_g</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Non-tripping time</td> <td>20</td> <td>80</td> <td>140</td> <td>230</td> <td>350</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Maximum break time</td> <td>80</td> <td>140</td> <td>200</td> <td>320</td> <td>500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		G Ground faults											Pick-up (A)	$I_g = I_n \times \dots$										accuracy $\pm 10\%$	$I_n = 25 \text{ A}$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off		$I_n = 25 \text{ A}$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off		$I_n = 50 \text{ A}$	$I_g = 0.3$	$I_g = 0.4$	$I_g = 0.5$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off		$I_n > 50 \text{ A}$	$I_g = 0.2$	$I_g = 0.3$	$I_g = 0.4$	$I_g = 0.5$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 1$	Off			fine adjustments in 0.05 x I_n steps									Time delay (ms)	I_g	0	0.1	0.2	0.3	0.4						Non-tripping time	20	80	140	230	350						Maximum break time	80	140	200	320	500				
G Ground faults																																																																																																															
Pick-up (A)	$I_g = I_n \times \dots$																																																																																																														
accuracy $\pm 10\%$	$I_n = 25 \text{ A}$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off																																																																																																					
	$I_n = 25 \text{ A}$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off																																																																																																					
	$I_n = 50 \text{ A}$	$I_g = 0.3$	$I_g = 0.4$	$I_g = 0.5$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 0.9$	$I_g = 1$	Off																																																																																																					
	$I_n > 50 \text{ A}$	$I_g = 0.2$	$I_g = 0.3$	$I_g = 0.4$	$I_g = 0.5$	$I_g = 0.6$	$I_g = 0.7$	$I_g = 0.8$	$I_g = 1$	Off																																																																																																					
		fine adjustments in 0.05 x I_n steps																																																																																																													
Time delay (ms)	I_g	0	0.1	0.2	0.3	0.4																																																																																																									
	Non-tripping time	20	80	140	230	350																																																																																																									
	Maximum break time	80	140	200	320	500																																																																																																									

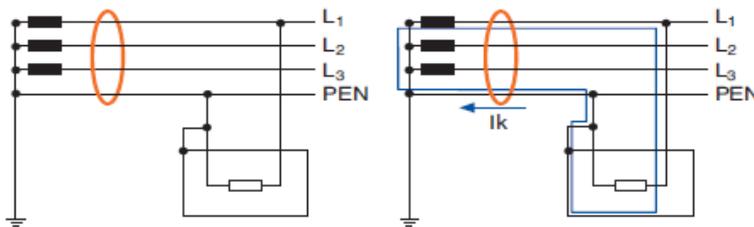
- para los relés electrónicos, se pueden seguir las mismas indicaciones, permitiendo ajustar de forma más precisa los tiempos y los umbrales de disparo
- Si el relé tiene incorporada la función G :
 - mejora las condiciones de protección : permite responder a todas las situaciones en las que la impedancia de bucle de defecto es tan reducida que las protecciones no pueden disparar en el tiempo contemplado por la norma , o bien es necesario ajustar las funciones S e I a valores altos para tener selectividad.
 - Al utilizar esta función, la condición que debe cumplirse para obtener la protección contra contactos indirectos: $Z_s \times I_a \leq U_0$
 - Como I_a se ajusta entre $0,2-1 \times I_n$, la impedancia de bucle puede ser mayor (distancias más largas,..)

3.- Protección mediante interruptores diferenciales

- El uso de interruptores diferenciales mejora las condiciones de protección, cuando no hay un defecto total, o en el caso de un defecto al final de una línea "larga" en la que una impedancia elevada limita la I_{cc}
- Recordar que detecta la corriente de defecto a tierra a través de un transformador toroidal que incluye todos los conductores en tensión y el neutro distribuido
 - o En el sistema TN-S la corriente de defecto vuelve a través del conductor de protección PE, sin afectar al toroide. Si la suma vectorial es distinta a 0 y supera el umbral del diferencial, se produce el disparo



- o En el sistema TN-C la corriente de defecto vuelve a través del conductor de protección PEN, con lo que vuelve a circular por el toroide, siendo la suma vectorial de las corrientes igual a 0, y no dispara el diferencial



Por otra parte, en este sistema si el conductor de neutro no atravesara el toroide la presencia de una carga monofásica (carga desequilibrada) sería suficiente para provocar el disparo no deseado del diferencial.

REBT : esquema TN-C no son permitidos los Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual