

[DIFERENCIALES]



 EFICAM

EXPOSICIÓN Y FORO DE LAS EMPRESAS INSTALADORAS | MADRID
PLATAFORMAS DE DISTRIBUCIÓN Y FABRICANTES DE LA | 2022
Comunidad Autónoma de Madrid |



Editado por APIEM
(Asociación Profesional de Empresas de Instalaciones
Eléctricas y de Telecomunicaciones de Madrid) en mayo
de 2022.

www.apiem.org - Tel.: 915 945 271

Autores: Miguel Ángel Blanco y Juan de la Cruz Muñoz
Escobar

Centro de Formación de APIEM

Impresión: Villena Artes Gráficas

Quedan reservados todos los derechos de reproducción
en todo o parte.

APIEM no se hace responsable de las opiniones ni de
las fuentes de información utilizadas por el autor de
este Manual ni de la utilización que de las imágenes y
contenidos puedan hacer terceras personas.

DEPÓSITO LEGAL M-13599-2022

CONTENIDO

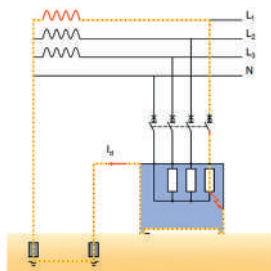
Corriente de defecto y corriente de fuga.....	4
Corrientes de fuga a 50 Hz.....	6
Corrientes de fuga permanentes de altas frecuencias	8
Corrientes de fuga transitorias por maniobras o por descargas atmosféricas	9
Dispositivo por corriente diferencial residual	10
Diferenciales puros (ID)	11
Interruptores magnetotérmicos diferenciales monobloque (AD).....	12
Bloques o relés diferenciales adaptables (RDA/AD).....	13
Dispositivos de rearme automático (ARD).....	15
Interruptor automático que asegura la protección por corriente diferencial residual (IAR).....	16
Dispositivo de corriente residual modular (DCRM).....	19
IAR con rearme automático (IAAR).....	23
Monitorización de la corriente (RCM)	24
Siglas empleadas para designar a los diferenciales	25
Clase de un diferencial.....	26
Diferencial de clase AC.....	27
Diferencial de clase A estándar	28
Diferencial de clase A reforzados	29
Diferencial de clase F.....	30
Diferencial de clase B estándar	31
Diferencial de clase B reforzado (B+, Bfq).....	32
Diferenciales para sistemas de alimentación solar fotovoltaica.....	33
Resumen de características	35
Intensidad de disparo de diferenciales	36
Tiempo de disparo de diferenciales	37
Diferenciales con tiempo de retardo	38
Diferenciales con intensidad diferencial residual regulable	39
Selectividad de la protección diferencial.....	41
Protección de diferenciales puros (ID) contra los cortocircuitos	45
Protección de diferenciales puros (ID) contra las sobrecargas	48
Cálculo de la sensibilidad de diferenciales.....	50
Criterios para la selección de diferenciales.....	52

CORRIENTE DE DEFECTO Y CORRIENTE DE FUGA

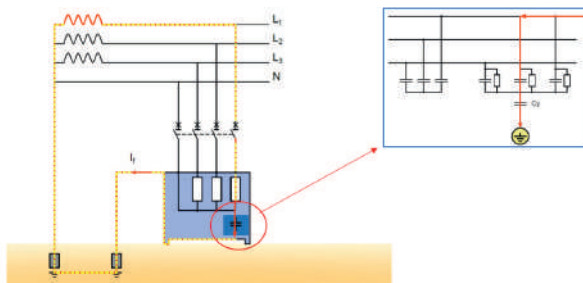
Las normas UNE EN 61008-1, UNE EN 61009-1 y UNE EN 60947-2 Anexo B, definen:

- **Corriente de defecto o de falta a tierra**, es la corriente que se deriva a tierra a través de los conductores de protección o por otras rutas no establecidas de manera voluntaria (partes metálicas de receptores, de canalizaciones o de envolventes), como consecuencia de una rotura del aislamiento. Una corriente de defecto a tierra es una avería que hay que detectar y reparar.
- **Corriente de fuga**, es la corriente que circula entre las partes activas de una instalación eléctrica y tierra en ausencia de cualquier falta de aislamiento. Cuando un diferencial abre un circuito por una corriente de fuga se habla de un disparo intempestivo o de un funcionamiento incorrecto porque no es una avería (UNE 201007-IN).

Las causas que las originan son diversas, pudiendo bloquear el disparo de los diferenciales y provocar situaciones de elevado riesgo cuando simultáneamente se produce un defecto de aislamiento.



Corriente de defecto.

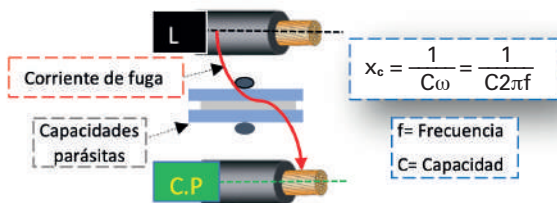


Corriente de fuga a través de un filtro EMC.

CORRIENTE DE DEFECTOY CORRIENTE DE FUGA

Las corrientes de fuga pueden ser a 50 Hz, a frecuencias elevadas, incluso ondas compuestas. La GUIA BT 24, revisión 2, de Junio de 2019, las clasifica como:

- **Corrientes de fuga permanentes**, que circulan saltándose el aislamiento de receptores y de cables, debido a:
 - La elevada longitud de circuitos de BT que origina una elevada capacidad respecto a tierra.
 - La circulación por capacidades parásitas de componentes de alta frecuencia provocadas por las cargas.
 - Los filtros EMC de ciertos equipos de tipo electrónico que disponen de condensadores (Cy) conectados a tierra.



Corriente de fuga a través del aislamiento de los conductores.

- **Corrientes de fuga transitorias o por perturbaciones**, generadas principalmente por:
 - Conexión de circuitos con una elevada capacidad respecto a tierra.
 - Sobretensiones por maniobra (onda oscilante amortiguada 0,5 μ s-100 KHz).
 - Sobretensiones atmosféricas (onda 8/20 μ s).



Corriente de fuga con
onda 0,5 ms-100 KHz.

CORRIENTE DE DEFECTO Y CORRIENTE DE FUGA

- **Corrientes de fuga temporales**, provocadas por:

- Sobrecorrientes, que se dan en arranque directo de motores, lámparas, cargas capacitivas, equipos médicos (TAC, rayos X, etc.).

CORRIENTES DE FUGA A 50 HZ

Los filtros antiparásitos capacitivos (EMC) que incorporan los equipos electrónicos y otros aparatos electrodomésticos habituales pueden generar corrientes de fuga permanentes a 50 Hz. Se exponen valores de corrientes de fuga provocados por receptores de utilización frecuente.

VALORES APROXIMADOS DE CORRIENTES DE FUGA A 50 Hz	
Estación de trabajo de tecnologías de la información (CPU, pantalla, teclado, router, etc.)	Hasta 2 mA
Impresoras, fotocopiadoras, fax	Hasta 1,5 mA
Estación de trabajo tecnológica (autómatas programables, HMI, switch industrial, etc.)	Hasta 2 mA
Electrodomésticos de clase 1 menor de 1 kW (llevan toma de tierra)	Hasta 0,75 mA
Electrodoméstico de clase 1 mayor de 1 kW (llevan toma de tierra)	De 1 mA a 3,5 mA
Suelo térmico	1 mA por kW
Balasto electrónico	Hasta 0,5 mA
Lámparas led	Hasta 0,4 mA
Equipo de climatización	2 mA por kW
Fuga por la capacidad de los cables respecto de tierra en circuitos monofásicos o trifásicos	1,5 mA por cada 100 metros

Según valores de la Guía de protección diferencial de Schneider Electric, artículo “Elección de diferenciales” de componentes industriales y GUIA BT 24, revisión 2, de Junio de 2019.

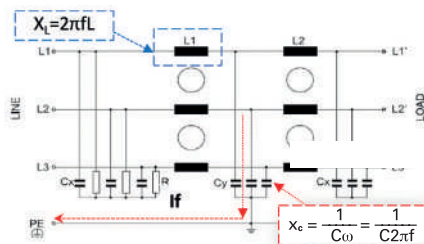
Los circuitos gran longitud tienen una alta capacidad entre los conductores activos y el de protección. Esto también provoca corrientes de fuga a 50 Hz que circulan a tierra por los conductores de protección.

$$x_e = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{C2\pi f}$$

CORRIENTES DE FUGA A 50 HZ

Estas corrientes de fuga aumentan porque se suman aritméticamente si los aparatos están conectados a la misma fase, pero si están conectados sobre las tres fases se suman vectorialmente y tienden a anularse.

SOLUCIONES ANTE CORRIENTES DE FUGA A 50 Hz	
Establecer el valor de las corrientes de fuga a 50 Hz de los equipos con filtros EMC.	Según los valores dados en la tabla anterior.
Considerar el valor de las corrientes de fuga para repartirlas entre varios diferenciales.	$I_{fuga} \leq I_{\Delta n} \times 0,3$ (UNE-HD 60364-5-53).
Considerar las longitudes de los circuitos, estableciendo los cuadros y diferenciales que sean necesarios para disminuir la longitud de cable bajo los diferenciales.	$I_{fuga} = 1,5 \text{ mA}$ por cada 100 metros de conductor.
Considerar distribuciones trifásicas en lugar de monofásicas y un buen equilibrado de cargas.	Para provocar la suma vectorial de las fugas y su anulación.
<p>Aumento del aislamiento. Se citan, entre otras posibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un único conductor con cubierta por tubo en alumbrado exterior. • Canalizaciones independientes para cada circuito. • Mayor separación entre cables en bandejas. • Uso de tabiques separadores en canales protectoras. • Uso de canalizaciones de material aislante. <p>En instalaciones ya existentes: sustituir diferenciales de clase AC por clase A-SI o F, si, además, son rearmables se consigue mayor continuidad del servicio. Repartir las fugas entre varios diferenciales.</p>	



Corriente de fuga a través de un filtro EMC.

CORRIENTES DE FUGA PERMANENTES DE ALTAS FRECUENCIAS

Las cargas o instalaciones que incorporan rectificadores con tiristores y con filtros EMC, generan una corriente de fuga de alta frecuencia que puede alcanzar el 5% de la corriente nominal. Estas corrientes de alta frecuencia no están sincronizadas sobre las tres fases y su suma produce una corriente de fuga que no es nula, incluso en circuitos trifásicos (GUÍA BT 24, revisión 2, de Junio de 2019). En este caso:

SOLUCIONES ANTE CORRIENTE DE FUGA DE ALTAS FRECUENCIAS

Utilización de diferenciales instantáneos o rearmables con filtrado de altas frecuencias (filtro pasabajos) adecuado al tipo de corriente de fuga.

Diferenciales de clase A-SI, F, B, B+, BFq

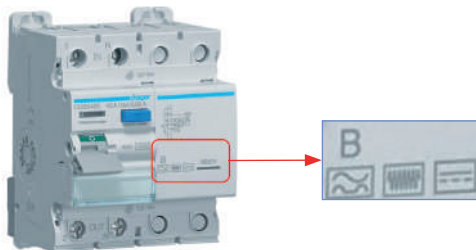
Puestas a tierra con placas en lugar de picas.
Conductores de protección flexibles, si es posible.

Mejor aprovechamiento de la sección efectiva de conducción de los conductores y electrodos de la puesta a tierra cuando hay corrientes de fuga de alta frecuencia por el efecto pelicular.

Aumento del aislamiento. Se citan, entre otras posibles:

- Un único conductor con cubierta por tubo en aluminado exterior.
- Canalizaciones independientes para cada circuito.
- Mayor separación entre cables en bandejas.
- Uso de tabiques separadores en canales protectoras.
- Uso de canalizaciones de material aislante.

En instalaciones ya existentes sustitución de diferenciales de clase AC por otros con filtros pasabajos de clase A (SI, IR, Hpi, HI), clase F, clase B, B+, BFq, o por rearmables.



Diferencial de clase B.

CORRIENTES DE FUGA TRANSITORIAS POR MANIOBRAS O POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Cuando hay maniobras en la red de B.T. o se producen descargas atmosféricas surgen corrientes de fuga transitorias (de orden de ms o μ s) que pueden provocar el disparo intempestivo de los diferenciales.

De igual manera, al actuar un dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias, deriva a tierra las corrientes asociadas a las sobretensiones pudiendo disparar los diferenciales instalados aguas arriba si la actuación es lenta (GUIA BT 24, revisión 2, de Junio de 2019). En este caso:

SOLUCIONES ANTE CORRIENTE DE FUGA TRANSITORIAS

- Diferenciales de clase A reforzados (SI, IR, Hpi, HI, SR) que tienen 3 kA de inmunidad a los transitorios.
- Diferenciales de clase F - 3 kA de inmunidad a los transitorios.
- Diferenciales de clase B - 3 kA de inmunidad a los transitorios.
- Diferenciales con retardo fijo selectivo (tipo S) - 5 kA de inmunidad.
- Diferenciales con retardo regulable (retardado o temporizado).
- Diferenciales B+ con 5 kA de inmunidad a los transitorios.
- Diferenciales Bfq con 5 kA de inmunidad a los transitorios.
- Diferenciales rearmables.

Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS) situados aguas arriba del interruptor diferencial.

Únicamente se recomienda en caso de DPS 2+1 o 3+1 (DPS de tipo CT 2 según UNE-HD 60364-5-534).

Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias aguas abajo del interruptor diferencial. Se recomienda en caso de DPS 2+0, 3+0 o 4+0 (DPS de tipo CT 1, según UNE-HD 60364-5-534). EL DDR deberá ser uno de los indicados, con preferencia un tipo S.

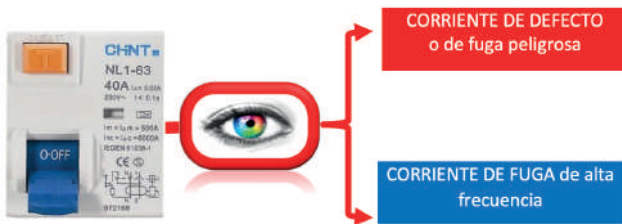


Catálogo de filtros EMC.

DISPOSITIVO POR CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL

La función de un dispositivo por corriente diferencial residual (DDR) es VIGILAR las corrientes que circulan a tierra:

- Interrumpiendo el circuito en el tiempo máximo que establecen las normas, **SI SON CORRIENTES DE DEFECTO** o de fuga peligrosas a 50Hz, sean alternas o pulsantes.
- Permitiendo el paso a tierra de las **CORRIENTES DE FUGA** de alta frecuencia, sean permanentes o transitorias.
- Señalizando o monitorizando los sucesos anteriores, en algunos casos.



Funcionamiento de diferenciales.

Dependiendo de la forma constructiva los DDR pueden fabricarse:

- Diferenciales puros (ID).
- Interruptores magnetotérmicos diferenciales monobloque (AD).
- Bloques diferenciales modulares adaptables (RDA/AD).
- Diferenciales rearmables (IAAR/ADR).
- Interruptor Automático que asegura la protección por corriente diferencial residual (IAR).
- Sistema modular de corriente diferencial (DCRM).

DIFERENCIALES PUROS (ID)

Diseñados únicamente para proteger contra defectos de aislamiento por lo que se les suele llamar diferenciales puros (ID). Se construyen bajo la norma UNE-EN 61008 y pueden ser para montaje en superficie, para montaje empotrado o para montaje en un cuadro.

Deben coordinarse con dispositivos de protección contra sobretensiones para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.



CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE DIFERENCIALES PUROS

Clase AC y A estándar

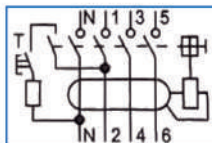
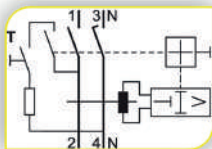
I. nominal (I_n)	25 A	40 A	63 A	80 A	100 A
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$)	10 mA	30 mA	100 mA (b.p.)	300 mA	500 mA
Corriente condicional de cortocircuito (I_{nc})	6 kA	10 kA			

CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE DIFERENCIALES PUROS

Clase F y B

Clase A-Si

I. nominal (I_n)	25 A	40 A	63 A	
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$)	30 mA	300 mA		100 mA (b.p.)
Corriente condicional de cortocircuito (I_{nc})	6 kA			10 kA



Esquemas de conexión de diferenciales puros. El borne neutro puede estar a la derecha o a la izquierda según el fabricante.

INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS DIFERENCIALES MONOBLOQUE (AD)

Diseñados para realizar funciones combinadas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y corrientes de defecto (magnetotérmico + diferencial). Se construyen bajo la norma UNE-EN 61009 y pueden ser para montaje en superficie, para montaje empotrado o para montaje en un cuadro.



CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE DIFERENCIALES COMBINADOS COMPACTOS de 1P+N

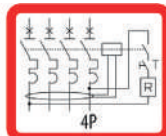
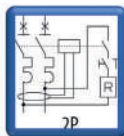
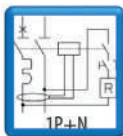
Clase AC y A estándar. Curva de disparo C

I. nominal (I_n)	6 A	10 A	13 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$)	30 mA		100 mA		300 mA			
Poder de corte	6 kA		10 kA					

CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE DIFERENCIALES COMBINADOS COMPACTOS de 1P+N

Clase AC y A estándar. Curva de disparo B y C

I. nominal (I_n)	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$)	30 mA		300 mA				
Poder de corte	6 kA						



Esquemas de interruptor automático diferencial monobloque o combinado.

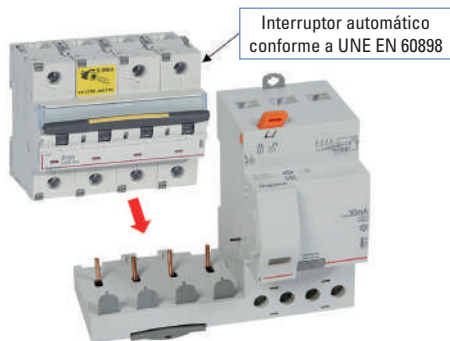
BLOQUES O RELÉS DIFERENCIALES ADAPTABLES (RDA/AD)

Construidos bajo la norma UNE EN 61009, integran un relé diferencial (RDA) que incorpora:

- Toroidal para detección de corrientes de defecto.
- Relé de control de corrientes de defecto y mecanismo de disparo.

Vienen dispuestos para ser conectados a un interruptor automático conforme a UNE EN 60898 que aporta:

- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Interruptor de corte del circuito protegido.

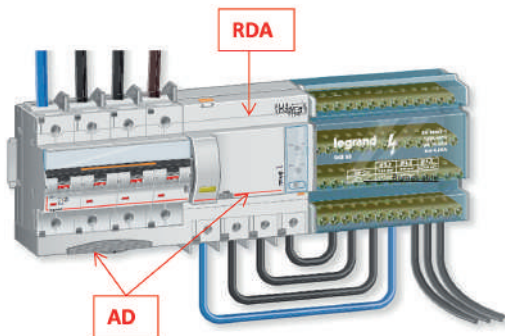


CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DE BLOQUES DIFERENCIALES ADAPTABLES

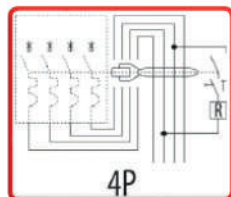
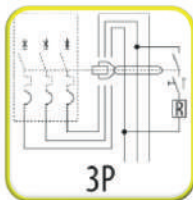
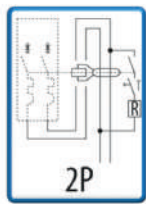
Clase AC, A estándar y F. Curva de disparo según interruptor automático. Bipolares, tripolares o tetrapolares. Para ser montados con Automáticos de 1 ó de 1.5 módulo/polo

I. nominal (I_n)	Según I_n del interruptor automático ensamblado		
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$) RDA fijos	30 mA	300 mA	
Sensibilidad ($I_{\Delta n}$) RDA regulables	300 mA	500 mA	1.000 mA
Temporización RDA regulables	instantáneo	Selectivo (60 ms)	Retardado (150 ms)
Poder de corte	Según el poder de corte del interruptor automático ensamblado		

BLOQUES O RELÉS DIFERENCIALES ADAPTABLES (RDA/AD)



Una vez ensamblado el relé diferencial adaptable (RDA) con el interruptor automático, conforme a UNE EN 60898, forman un conjunto que se llama AD. Es apto son para uso doméstico y análogo.



Esquemas de un interruptor automático magnetotérmico diferencial (AD), en su versión bloque diferencial adaptable.

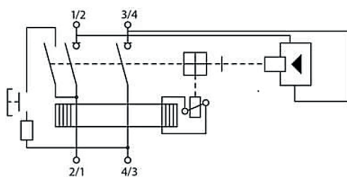


[Tipos de diferenciales.](#)

DISPOSITIVOS DE REARME AUTOMÁTICO (ARD)

Diseñados bajo la norma UNE-EN 60324. La finalidad de los ADR es mejorar la eficiencia de las instalaciones carentes de personal. Creados para realizar funciones de rearme automático de interruptores diferenciales (ID) y/o interruptores magnetotérmicos con protección diferencial (AD) de uso doméstico y análogo .

Integran un mecanismo motorizado que provoca el rearme automático. Este mecanismo puede ensamblarse en fábrica o en el propio lugar de instalación.



Esquema de representación.



Pueden ser de dos tipos:

- ADR con medios de evaluación, que controla el aislamiento del circuito para valorar la presencia de un defecto a tierra y no rearma cuando sigue presente o ha pasado el nº máximo de intentos.
- ADR sin medios de evaluación, cuyo rearme automático se hace sin tener en cuenta las condiciones de aislamiento del circuito.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO QUE ASEGURA LA PROTECCIÓN POR CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL (IAR)

Conformes a UNE EN 60947-2, para ser accionados por personas instruidas. Pueden ser de dos tipos:

- 1) IAR con unidad C.R. adaptable:** Combinan un dispositivo de corriente diferencial residual (unidad C.R.) y un interruptor automático conforme a UNE EN 60947-2. Pueden ensamblarse en fábrica o por el instalador según las instrucciones del fabricante.
- 2) IAR integrados:** Interruptores automáticos que incorporan la función de disparo por corriente diferencial residual. Conformes a UNE EN 60947-2.

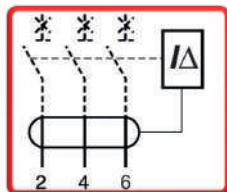
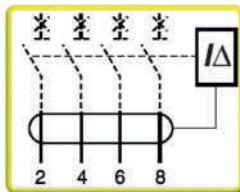
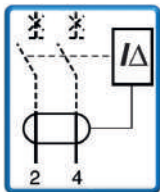
No se consideran IAR los dispositivos donde los elementos de detección de corriente o el bloque de tratamiento de la señal se montan separadamente del interruptor automático (excepto si se detecta la corriente sobre el neutro).



INTERRUPTOR AUTOMÁTICO QUE ASEGURA LA PROTECCIÓN POR CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL (IAR)



IAR integrado.



Esquemas de un interruptor automático que asegura la protección por corriente diferencial residual (IAR).

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO QUE ASEGURA LA PROTECCIÓN POR CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL (IAR)



Regulación de sensibilidad
 $I_{\Delta n}$ (A)

Regulación de tiempo
de retardo Δt (ms)

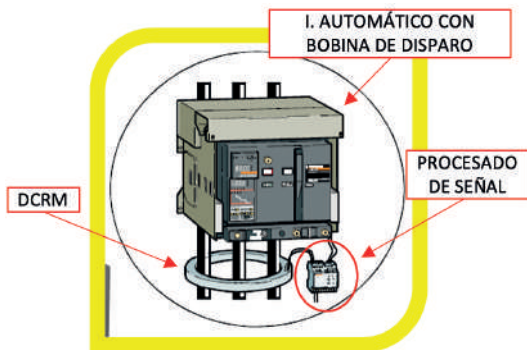


GEWISS

DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL MODULAR (DCRM)

Para potencias elevadas suelen emplearse sistemas modulares que llevan:

- Un dispositivo para la detección de corrientes (DCRM).
- Un dispositivo de procesado de la señal captada que puede incorporar re-conexión automática.
- Un dispositivo con la función de interruptor de corte del circuito protegido (contactor o interruptor automático). Si es un interruptor automático deberá ser conforme a UNE EN 60947-2, y aporta:
 - Protección contra sobrecargas y cortocircuitos
 - Función de interruptor de corte del circuito protegido.



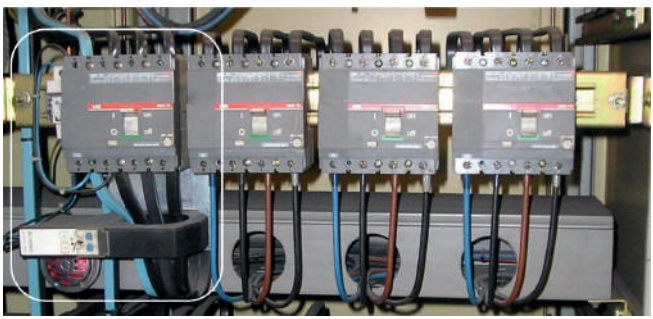
El conjunto, según sea el tipo de captador de la corriente de defecto o de fuga (DCRM), puede ser:

- Con DCRM que dispone de bornes de entrada y de salida y conductores primarios integrados.
- Con DCRM de conductor pasante con sensor de corriente y dispositivo de procesado combinados.
- Con DCRM de conductor pasante con sensor de corriente y dispositivo de procesado independientes.

DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL MODULAR (DCRM)

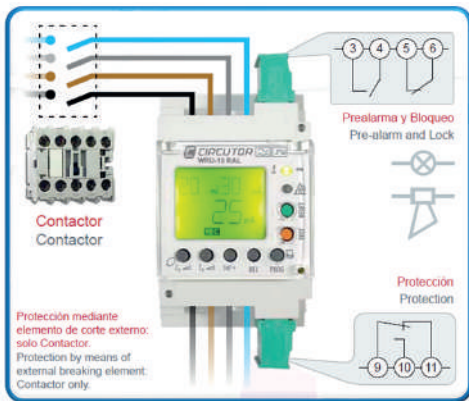


DCRM con bornes de entrada y salida y conductores primarios integrados.



DCRM de conductor pasante con sensor de corriente y dispositivo de procesamiento combinados.

DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL MODULAR (DCRM)

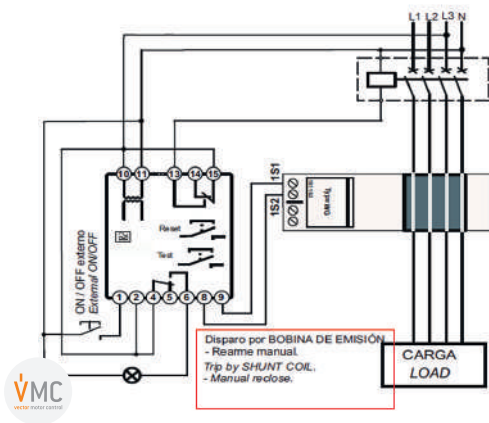


DCRM de conductor pasante con sensor de corriente y dispositivo de procesamiento combinados.

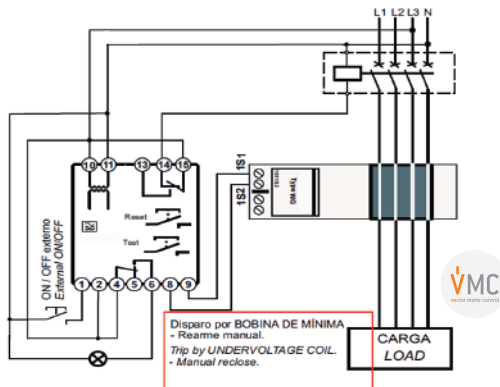


DCRM de conductor pasante con sensor de corriente y dispositivo de procesamiento separados.

DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL MODULAR (DCRM)



Esquema con disparo por bobina de emisión.



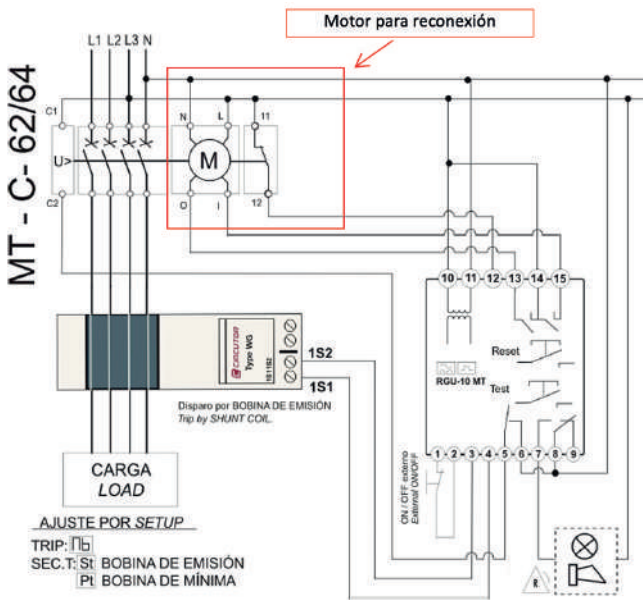
Esquema con disparo por bobina de mínima.

IAR CON REARME AUTOMÁTICO (IAAR)

Diseñados bajo la norma UNE-EN 60947. Anexo R, que les designa con las siglas IAAR.

Pueden ser de dos tipos:

- **IAAR de tipo M**, que controla el circuito para evaluar la presencia de un defecto a tierra y no permite el rearme cuando sigue presente.
- **IAAR de tipo TD**, cuyo rearme automático tiene lugar tras un retardo temporal sin tener en cuenta las condiciones del circuito.



MONITORIZACIÓN DE LA CORRIENTE (RCM)

Los sistemas de monitorización de la corriente diferencial (abreviados RCM) detectan y monitorizan corrientes de defecto y de fuga.

- Envían mensajes al usuario, incluso antes de alcanzar el umbral de desconexión del DDR.
- Detectan deterioros en el nivel de aislamiento en una etapa temprana y de forma fiable.

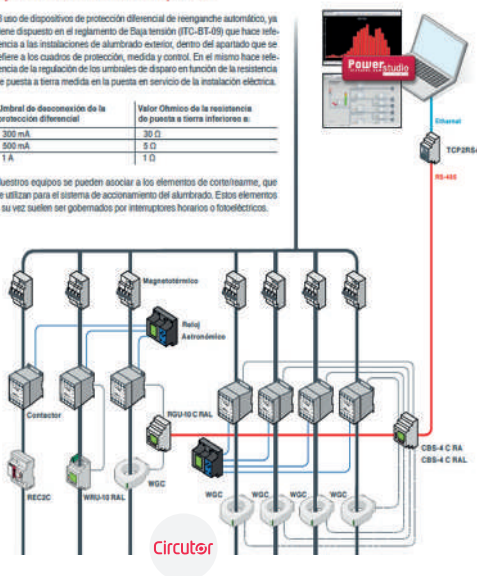
El sistema puede constar uno o varios aparatos de evaluación de la corriente que, mediante toroidales pueden registrar corrientes de defecto, de fuga y de servicio. Cada dispositivo de evaluación dispone de un número de canales de medida a los que se conectan los toroidales. Puede compartirse información a través de RS-485 y enviar datos a un equipo informático para monitorizar la instalación.

Aplicación en iluminación pública

El uso de dispositivos de protección diferencial de reenganche automático, ya viene dispuesto en el reglamento de Baja tensión (ITC-BT-09) que hace referencia a las instalaciones de alumbrado exterior, dentro del apartado que se refiere a los cuadros de protección, medida y control. En el mismo hace referencia a la regulación de los umbrales de disparo en función de la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación eléctrica.

Umbral de desconexión de la protección diferencial	Valor Ohmico de la resistencia de puesta a tierra inferior a:
300 mA	30 Ω
300 mA	0 Ω
1 A	1 Ω

Nuestros equipos se pueden asociar a los elementos de corte/arma, que se utilizan para el sistema de accionamiento del alumbrado. Estos elementos a su vez suelen ser gobernados por interruptores horarios o fotoeléctricos.



SIGLAS EMPLEADAS PARA DESIGNAR A LOS DIFERENCIALES

- **ID-** Dispositivo diferencial residual (DDR) que no lleva asociada protección contra sobrecorrientes conforme a UNE EN 61008.
- **AD-** Dispositivo diferencial residual (DDR) que lleva asociada protección contra sobrecorrientes conforme a UNE EN 61009.
- **RDA-** Relé diferencial adaptable conforme a UNE EN 61009, anexo G.
- **ADR-** Dispositivo de rearme automático para interruptores automáticos e interruptores diferenciales puros (ID) y combinados (AD) conforme a UNE-EN 60324.
- **IAR-** Interruptor automático que asegura la protección por corriente diferencial residual conforme a UNE EN 60947. Anexo B.
- **DCRM-** Dispositivo de corriente residual modular conforme a UNE EN 60947. Anexos B y M.
- **IAAR-** Interruptor automático que asegura la protección por corriente diferencial residual con reconexión automática conforme a UNE EN 60947. Anexos B y R.
- **DDR-** Dispositivo de corriente diferencial residual en general (en inglés RCD).
- **RCM-** Dispositivo de monitorización de la corriente diferencial.



Montaje de bobinas.

CLASE DE UN DIFERENCIAL

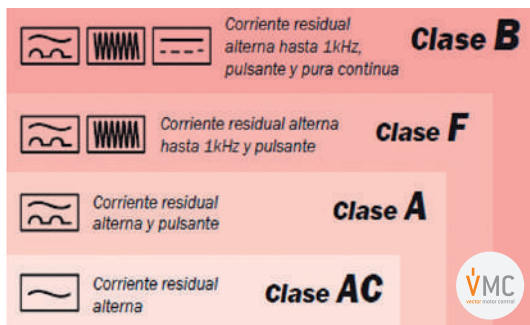
La clase indica el tipo de corrientes que capaz de manejar con seguridad un determinado diferencial. Hoy en día es habitual que, junto a la onda de corriente alterna a 50 Hz de alimentación a los receptores, coexistan otros tipos de corriente, como son:

- Ondas pulsantes.
- Ondas de altas frecuencias.
- Ondas compuestas.
- Componentes continuas.

En el mercado podemos encontrar los siguientes tipos de diferenciales según la intensidad a detectar:

- Diferencial de clase AC.
- Diferencial de clase A.
- Diferencial de clase A reforzado (superinmunizado SI, de alta inmunización HI - hpi, de inmunidad reforzada IR, superresistentes SR).
- Diferencial de clase F.
- Diferencial de clase B.
- Diferencial de clase B reforzado (B+, Bfq).

Cada una de estas clases de diferenciales tiene su símbolo que indica de manera gráfica sus características.



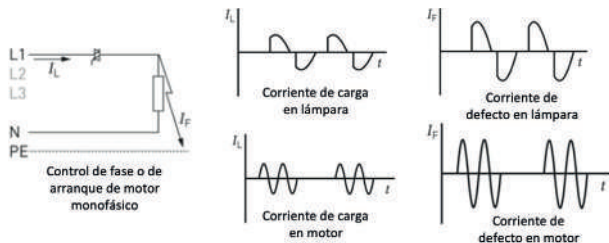
DIFERENCIAL DE CLASE AC

Detecta con seguridad, únicamente, corrientes de defecto alternas senoidales a 50 Hz. En ciertos países, como Alemania, no se permite su utilización.



Se recomiendan en:

- Cargas resistivas e inductivas moderadas que no incorporan fuentes de alimentación.
- Dimmers por control de fase con tiristores (triac) para lámparas resistivas e inductivas.
- Arrancadores progresivos para control de arranque con tiristores (triac) para motores monofásicos.
- Reguladores de temperatura por control de fase con triac.



DIFERENCIAL DE CLASE A ESTÁNDAR

Detecta con seguridad:

- Corrientes de defecto alternas senoidales a 50 Hz.
- Corrientes diferenciales pulsantes de las dos polaridades.
- Corrientes diferenciales pulsantes con componente continua de hasta ± 6 mA.



Se utiliza en:

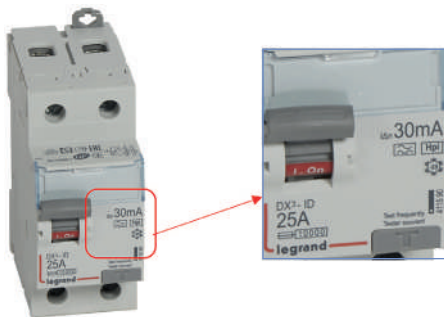
- Todas las aplicaciones de los diferenciales de clase AC.
- Receptores monofásicos que incorporan fuentes de alimentación: Cargadores de Smartphone, ordenador, TV, placas de cocción que no sean de inducción, etc.
- Quirófanos y salas de intervención para los equipos no alimentados desde el transformador de aislamiento (REBT ITC -BT 38).
- Instalaciones de recarga de vehículos eléctricos según REBT ITC -BT 52 (la norma UNE-HD 60364-7-722 y fabricantes recomiendan diferenciales de clase B en estos casos).

DIFERENCIAL DE CLASE A REFORZADOS

Son una evolución de los diferenciales de clase A, con cuyo estándar se ensayan. Detecta con seguridad:

- Corrientes de defecto alternas senoidales a 50 Hz.
- Corrientes diferenciales pulsantes de las dos polaridades.
- Corrientes diferenciales pulsantes con componente continua de hasta ± 6 mA.
- Discriminan corriente de alta frecuencia.

Dependiendo del fabricante se les da nombre comercial: Superinmunizados (SI), de alta inmunización (HI, Hpi), de inmunidad reforzada (IR), superresistentes (SR). Siempre llevan el símbolo de diferencial de clase A.



Se utiliza en:

- Mismas aplicaciones que los de clase AC y A estándar.
- Aplicaciones de iluminación reguladas: Dali, PWM, etc.
- Aplicaciones de automatización industrial y domótica.
- Aire acondicionado monofásico inverter y aerotermia.
- Variadores de velocidad monofásicos conectados a un motor trifásico.
- Zonas con rayos y maniobras en la red frecuentes.
- Aplicaciones de soldadura por arco.
- Receptores que incorporan filtros EMC para supresión de altas frecuencias: Cocinas de inducción, microondas, lavadoras con variador de velocidad, etc.

DIFERENCIAL DE CLASE F

Detecta con seguridad:

- Corrientes de defecto alternas senoidales a 50 Hz.
- Corrientes diferenciales pulsantes de las dos polaridades.
- Corrientes diferenciales pulsantes con componente continua de hasta ± 10 mA.
- Discriminan corriente de alta frecuencia y ondas compuestas, formadas por la superposición de señales senoidales a distintas frecuencias. Hasta 1000 Hz.

Se utiliza en:

- Las mismas aplicaciones que los de clase A reforzado (SI, HI, IR, Hpi, SR), con un incremento en lo relativo a fiabilidad del diferencial ante corrientes de fuga con componentes continuas que llega a los 10 mA.

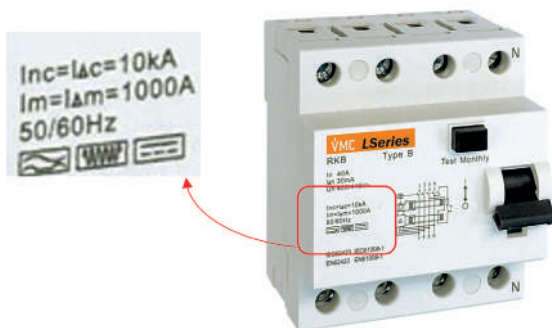


Clase de diferenciales.

DIFERENCIAL DE CLASE B ESTÁNDAR

Detecta con seguridad:

- Corrientes de defecto alternas senoidales superpuestas sobre una corriente continua alisada de 0,4 veces la $I_{\Delta n}$ asignada del DDR o 10 mA, según el valor mayor.
- Corrientes diferenciales pulsantes de las dos polaridades superpuestas sobre una corriente continua alisada de 0,4 veces la $I_{\Delta n}$ asignada del DDR o 10 mA, según el valor mayor.
- Discriminan corriente de alta frecuencia y ondas compuestas, formadas por la superposición de señales senoidales a distintas frecuencias, hasta 1000 Hz.
- Corriente continua alisada.



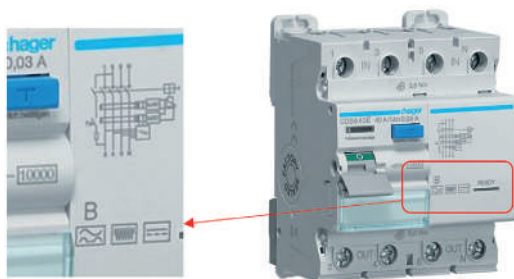
Los DDR de clase B, conformes a UNE-EN 62423 no están destinados a utilizarse en circuitos con alimentación en corriente continua según se refleja en el apartado 1 de dicha norma.

Se emplean en:

- Mismas aplicaciones que los de clase F.
- Variadores de velocidad con alimentación trifásica.
- Equipos trifásicos con regulación de arranque o velocidad: Ascensores, montacargas, grúas, etc.

DIFERENCIAL DE CLASE B ESTÁNDAR

- Equipos trifásicos con regulación de arranque o velocidad: Ascensores, montacargas, grúas, etc.
- Equipos que disponen de rectificadores trifásicos.
- Instalaciones con un nivel muy alto de fiabilidad.
- La norma UNE-HD 60364-7-722 y fabricantes de sistemas de alimentación del vehículo eléctrico recomiendan este tipo de diferencial en IRVE con modo de carga 3. Si bien el REBT, en la ITC-BT 52, especifica diferenciales de clase A en dicha situación.



DIFERENCIAL DE CLASE B REFORZADO (B+, BFQ)

Son una evolución de los diferenciales de clase B, con cuyo estándar se ensayan. Detecta con seguridad las mismas situaciones que los diferenciales de clase B, con un incremento de fiabilidad en lo relativo al tratamiento de altas frecuencias, pueden encontrarse de dos tipos:

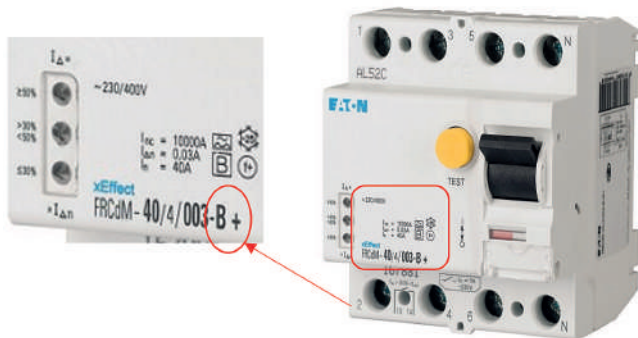
- Dispositivos de clase B reforzados de tipo B+ que son sensibles a todas las corrientes residuales y están equipados con una curva de disparo especial que limita la corriente de disparo a un máximo de 420 mA para frecuencias de hasta 20 kHz.



DIFERENCIAL DE CLASE B REFORZADO (B+, BFQ)

- Dispositivos de clase B reforzados de tipo Bfq que pueden tolerar corrientes de fuga a tierra inducidas por el sistema a frecuencias hasta 50 kHz.

Bfq 



DIFERENCIALES PARA SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Según la **norma UNE HD 60364-7-712**, si se utiliza un diferencial para la protección del circuito de corriente alterna de energía solar fotovoltaica deberá ser de tipo B, a menos que el inversor no lo requiera según las especificaciones técnicas del fabricante del inversor, o, exista separación eléctrica entre el lado de alterna y el de continua mediante transformador separador. Esta separación podrá hacerla el inversor o disponerse en la instalación.

Según **GUÍA BT 40**, se recomienda la instalación de sistemas que eviten la falta de producción por un disparo intempestivo. Estos pueden ser:

- Diferenciales rearmables.
- Clase de diferencial adecuada al tipo de disparo intempestivo previsible.

DIFERENCIALES PARA SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA











En las instalaciones generadoras el diferencial de la instalación deberá funcionar correctamente en presencia de ciertos niveles de corriente continua de defecto, por lo que los de tipo AC no son aptos para esta aplicación salvo cuando la instalación está aislada de la red mediante transformador separador.

Cuando no se utilice un transformador separador en instalaciones generadoras que compartan circuitos con instalaciones de consumo, el diferencial de la instalación de consumo tampoco podrá ser de tipo AC.

La elección del tipo de diferencial (de clase A-SI, F o B), tanto para el lado de energía solar fotovoltaica, como para la instalación de consumo se corresponderá con la componente continua máxima de la corriente de fuga previsible en dichas instalaciones. Esta información puede obtenerse de los valores aportados por el fabricante del generador o por mediciones realizadas sobre la instalación generadora.













RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

FORMA DE ONDA	CLASE AC	CLASE A	CLASE F	CLASE B
Onda senoidal 	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Pulsante media onda 		SÍ	SÍ	SÍ
Onda pulsante 90°/135° 		SÍ	SÍ	SÍ
Pulsante media onda con componente continua hasta 6 mA 		SÍ	SÍ	SÍ
Pulsante media onda con componente continua hasta 10 mA 			SÍ	SÍ
Onda compuesta 			SÍ	SÍ
Alta frecuencia (hasta 1 KHz) 			SÍ	SÍ
Monofásica rectificada onda completa 				SÍ
Trifásica rectificada onda completa 				SÍ
Corriente continua 				SÍ



Clase de diferenciales.

INTENSIDAD DE DISPARO DE DIFERENCIALES

FORMA DE ONDA	INTENSIDAD DE DISPARO DEL DIFERENCIAL
Onda senoidal 	0,5 a $1 I_{\Delta n}$
Pulsante media onda 	0,35 a $1,4 I_{\Delta n}$
Onda pulsante 90°/135° 	90° 0,25 a $1,4 I_{\Delta n}$ 135° 0,11 a $1,4 I_{\Delta n}$
Pulsante media onda con componente continua hasta 6 mA 	Máx. $1,4 I_{\Delta n} + 6 \text{ mA}$
Pulsante media onda con componente continua hasta 10 mA 	Máx. $1,4 I_{\Delta n} + 10 \text{ mA}$
Onda compuesta 	0,5 a $1,4 I_{\Delta n}$
Alta frecuencia (hasta 1 KHz) 	F hasta 150 Hz 0,5 a $2,4 I_{\Delta n}$ F hasta 400 Hz 0,5 a $6 I_{\Delta n}$ F hasta 1000 Hz 1 a $14 I_{\Delta n}$
Monofásica rectificada onda completa 	0,5 a $2 I_{\Delta n}$
Trifásica rectificada onda completa 	0,5 a $2 I_{\Delta n}$
Corriente continua 	0,5 a $2 I_{\Delta n}$



GUIJARRO HERMANOS
KYORITSU



EFIBAT



GRUPO
TEMPER



KPS

Comprobadores multifunción de instalaciones eléctricas.

TIEMPO DE DISPARO DE DIFERENCIALES

TIPO DE DIFERENCIAL	Tiempos de disparo normalizado para DDR instantáneos (en segundos)			
	$I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$	500 A
DDR INSTANTÁNEOS	0,3	0,15	0,04	0,04

Tiempo máximo de desconexión de 200 ms, según UNE HD 60364-4-41, para circuitos con $I_n \leq 63$ A con una o más tomas de corriente, o para circuitos con $I_n \leq 32$ A que alimentan únicamente receptores conectados de forma fija. En estos casos a $I_{\Delta n}$ el tiempo de disparo será $t \leq 200$ ms.

TIPO DE DIFERENCIAL	Tiempos de disparo normalizado para DDR con retardo (en segundos)				
	$I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$	500 A	
DDR SELECTIVO (retardo fijo)	0,5	0,2	0,15	0,15	Tiempo max. de funcionamiento
	0,13	0,06	0,05	0,04	Tiempo mín. de no respuesta
DDR TEMPORIZADO ^{*(1)} (retardo regulable)	0,5	0,2	0,2	0,15	Tiempo max. de funcionamiento

^{*(1)} Valores para un tiempo mínimo de no respuesta de 0,06 s a $2 \times I_{\Delta n}$.

El tiempo mínimo de no respuesta se define a $2 \times I_{\Delta n}$, el valor mínimo habitual es de 0,06 s y el máximo de 1 s. En caso de tiempo mínimo de no respuesta distinto a 0,06 s, el fabricante debe comunicar la curva corriente diferencial/tiempo de disparo.

Los valores preferentes de tiempo mínimo de no respuesta son: 0,06 s, 0,1 s, 0,2 s, 0,3 s, 0,4 s, 0,5 s, 1s.

DIFERENCIALES CON TIEMPO DE RETARDO

- **Tiempo de funcionamiento de un DDR**, es el que transcurre desde que aparece de forma brusca la corriente diferencial de funcionamiento y el instante de la extinción del arco en todos los polos del diferencial.
- **Tiempo de no actuación**, es el tiempo que se puede aplicar al DDR un valor superior a la corriente diferencial de funcionamiento sin provocar su disparo.
- **DDR retardado**, es el diseñado para alcanzar un valor predeterminado de tiempo de no actuación que se corresponde con un valor dado de corriente diferencial.

En un DDR retardado:

**Tiempo de funcionamiento =
tiempo de no actuación + tiempo máximo de corte**

El tiempo de no actuación también es llamado tiempo mínimo de no respuesta

Existen dos tipos de DDR con retardo:

- **DDR con retardo fijo**, llamado “de tipo S”; que incorporan un retardo fijo.
- **DDR con retardo regulable**, llamado “temporizado” o simplemente “retardado regulable” porque lleva un retardo que puede regularse.



Diferencial con retardo fijo o de tipo S.

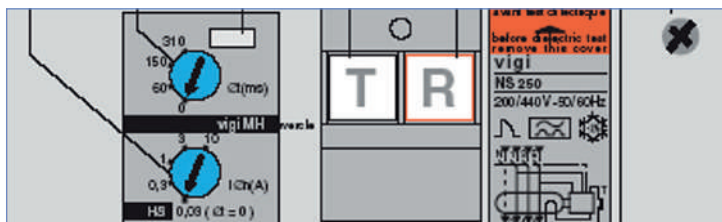
DIFERENCIALES CON TIEMPO DE RETARDO

TIPO DE DIFERENCIAL	Tiempos de disparo normalizado para DDR con retardo (en segundos)				
	$I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$	500 A	
DDR SELECTIVO (retardo fijo)	0,5	0,2	0,15	0,15	Tiempo max. de funcionamiento
	0,13	0,06	0,05	0,04	Tiempo mín. de no respuesta
DDR TEMPORIZADO ^{*(1)} (retardo regulable)	0,5	0,2	0,2	0,15	Tiempo max. de funcionamiento

^{*(1)} Valores para un tiempo mínimo de no respuesta de $0,06 \text{ s a } 2 \times I_{\Delta n}$.

El tiempo mínimo de no respuesta se define a $2 \times I_{\Delta n}$, el valor mínimo habitual es de $0,06 \text{ s}$ y el máximo de 1 s . En caso de tiempo mínimo de no respuesta distinto a $0,06 \text{ s}$, el fabricante debe comunicar la curva corriente diferencial/tiempo de disparo.

Los valores preferentes de tiempo mínimo de no respuesta son: $0,06 \text{ s}$, $0,1 \text{ s}$, $0,2 \text{ s}$, $0,3 \text{ s}$, $0,4 \text{ s}$, $0,5 \text{ s}$, 1 s .



Diferencial con retardo regulable.

DIFERENCIALES CON INTENSIDAD DIFERENCIAL RESIDUAL REGULABLE

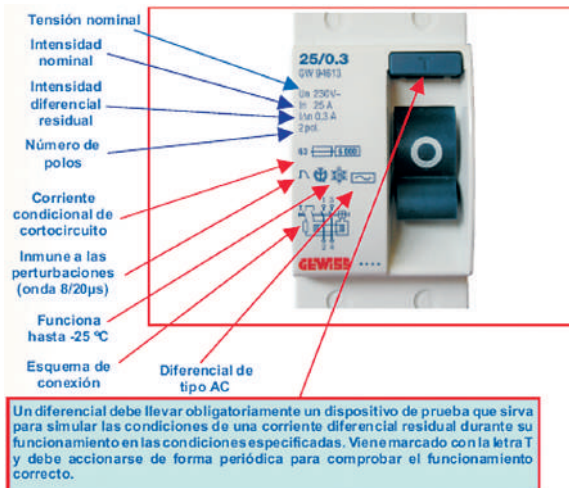
Existen dos tipos de DDR según la regulación de $I_{\Delta n}$:

- Con intensidad residual de funcionamiento única.
- Con regulaciones múltiples de la intensidad residual de funcionamiento (por escalones o regulación continua).

DIFERENCIALES CON INTENSIDAD DIFERENCIAL RESIDUAL REGULABLE



Regulación de tiempo de no actuación (retardo) y de sensibilidad.



SELECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

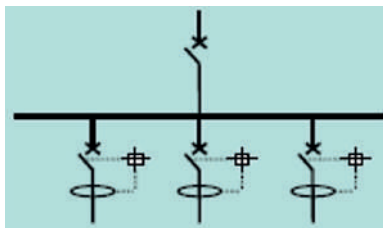
El REBT en la ITC-BT 19 establece que los dispositivos de protección de cada circuito estarán coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

La selectividad entre diferenciales exige que el más cercano al punto del defecto de aislamiento reaccione antes que el situado aguas arriba. Puede hacerse de dos maneras:

- Selectividad horizontal.
- Selectividad vertical considerando la selectividad de clase.

Hay **selectividad horizontal** cuando se protege cada uno de los circuitos de la instalación con un dispositivo diferencial. Así, en caso de defecto a tierra, solo actuará el diferencial del circuito que corresponda porque en los demás no se podrá detectar la anomalía.

El REBT en la ITC-BT 17 dice: “Si por el tipo o carácter de la instalación se dispone un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos”.



La selectividad horizontal puede perderse en instalaciones con corrientes de fuga permanentes o transitorias a alta frecuencia. Es lo que se llama **disparos por simpatía**.



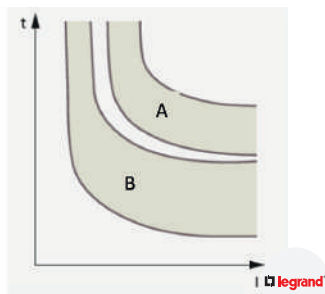
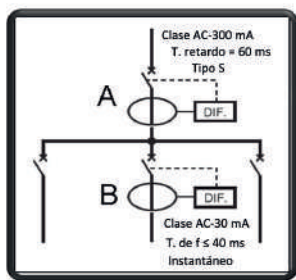
Disparos por simpatía.

SELECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Selectividad vertical se da cuando se instalan los diferenciales en serie o en cascada. Para garantizar la selectividad total entre los diferenciales instalados en serie se cumplirán las siguientes condiciones, según UNE-HD 60364-5-53 V2:

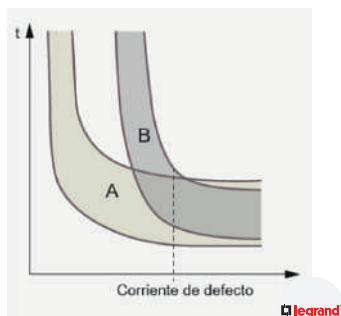
- **SELECTIVIDAD CRONOMÉTRICA.** El tiempo de no actuación del diferencial situado aguas arriba deberá ser superior al tiempo total de operación del diferencial situado aguas abajo, esto se consigue con diferenciales con retardo en tiempo.
- **SELECTIVIDAD AMPERIMÉTRICA.** La intensidad diferencial residual del diferencial instalado aguas arriba deberá ser al menos dos veces mayor a la del situado aguas abajo (en la práctica tres veces). Cuando solo se cumple esta condición hay selectividad parcial. Se cumple con regulación de la sensibilidad.
- **SELECTIVIDAD DE TIPO.** Para garantizar la selectividad vertical, la clase del diferencial situado aguas arriba debe ser superior o igual a la del instalado aguas abajo.

Si se colocan diferenciales en serie con distintas sensibilidades, la resistencia total de la puesta a tierra deberá calcularse con la intensidad de funcionamiento (sensibilidad) del diferencial menos sensible. Así la tensión de contacto se mantendrá dentro de los límites correctos.

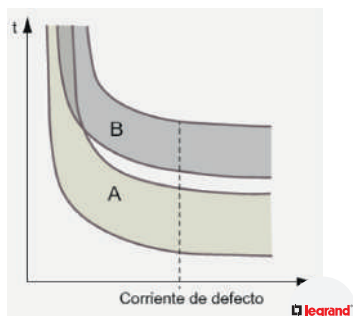


Selectividad total a dos niveles (las curvas de actuación no se tocan).

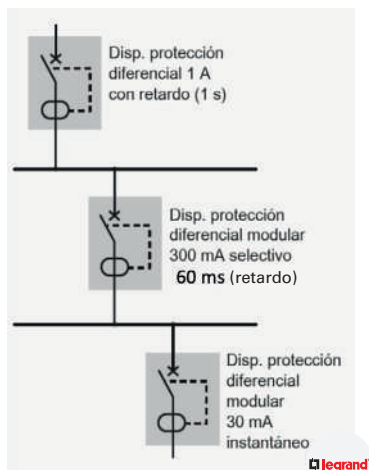
SELECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL



Selectividad parcial por fallo en la regulación del tiempo de retardo.



Selectividad parcial por fallo en la sensibilidad de los diferenciales.



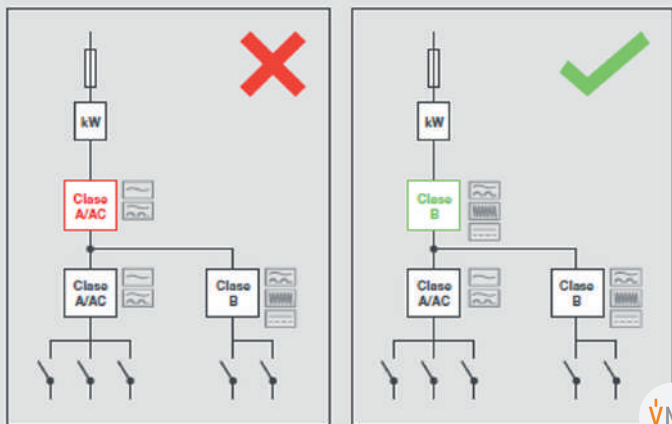
Selectividad a tres niveles.

SELECTIVIDAD DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Para conseguir la **selectividad de clase**, el diferencial situado aguas arriba deberá tener una clase igual o superior a la del situado aguas abajo.

SELECTIVIDAD DE CLASE O DE TIPO					
Diferencial aguas arriba	AC, A, F, B	A, A-SI, F, B	A-SI, F, B	F, B	B
Diferencial aguas abajo	AC	A	A-SI	F	B

Ejemplo instalación de equipos de protección clase B



PROTECCIÓN DE DIFERENCIALES PUROS (ID) CONTRA LOS CORTOCIRCUITOS

El REBT en la ITC-BT 17 exige que los diferenciales resistan la corriente de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación.

Un diferencial “puro” (ID), solo protege contra faltas de aislamiento, por lo que deberá estar protegido contra cortocircuitos mediante un magnetotérmico o un fusible. La norma UNE-EN 61008 define esta protección como “coordinación del diferencial con los dispositivos de protección contra los cortocircuitos (DPCC)”.

La misma norma define **poder de cortocircuito (de cierre y corte) (I_m)** como la corriente máxima prevista, expresada en valor eficaz, para la que está diseñado el ID y que puede establecer, transportar durante su tiempo de cierre e interrumpir en condiciones específicas. Es la máxima corriente que soporta de ID por si solo.






El poder de corte de un diferencial, cuando está asociado con un magnetotérmico o con un fusible, es llamado por dicha norma **corriente condicional de cortocircuito (I_{nc})** y la define como la corriente máxima prevista, que un diferencial protegido por un dispositivo apropiado de protección contra cortocircuitos colocado en serie (DPCC), puede soportar en las condiciones especificadas.

PROTECCIÓN DE DIFERENCIALES PUROS (ID) CONTRA LOS CORTOCIRCUITOS

Los fabricantes suelen disponer de tablas para la protección de sus diferenciales contra cortocircuitos según el modelo y el calibre, asociados a sus propios interruptores automáticos o fusibles.

VALORES NORMALIZADOS Y PREFERENTES DE I_{nc}				
Hasta 10.000 A (Valores normalizados)				Hasta 25.000 A (Valor preferente)
3.000 A	4.500 A	6.000 A	10.000 A	20.000 A

I_{nc} (kA)		 GEWISS							
		25/40A			63A			80A	100A
		IDP NA	IDP	IDP F	IDP NA	IDP	IDP F	IDP	IDP
	gG 63A	6	10	10	6	-	10	-	-
	gG 80A	-	-	-	-	10	-	6	-
	gG 100A	-	-	-	-	-	-	-	6
	MTC 45	4,5				-	-	-	-
	MTC 60	6				-	-	-	-
	MTC 100	10				-	-	-	-
	MT 60	6				6	-	-	-
	MT 100	10				10	-	-	-
	MT 250	10				10	-	-	-
	MTHP 160	-				10	10	10	10
MTHP 250	10				10	-	-	-	

Valores de I_{nc} según el valor del fusible o interruptor automático

Ejemplo:

Un diferencial de 63 A modelo IDP que tiene aguas arriba un magnetotérmico de 63 A modelo MT 100 tiene una **corriente condicional de cortocircuito (I_{nc})** de 10 kA.

PROTECCIÓN DE DIFERENCIALES PUROS (ID) CONTRA LOS CORTOCIRCUITOS



Asociado a un fusible o interruptor automático de hasta 63 A soporta 6.000 A.
Al ser de $I_n = 25$ A se recomienda un automático de 25 A o menor.



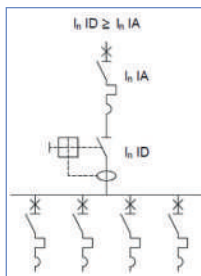
Valor que soporta solo.

Valor que soporta asociado.

PROTECCIÓN DE DIFERENCIALES PUROS (ID) CONTRA LAS SOBRECARGAS

1. Si el diferencial está debajo de un interruptor automático general. El interruptor general automático (IGA) es obligatorio en el cuadro general en todas las instalaciones según REBT ITC BT 17 pero no en los circuitos y cuadros secundarios.

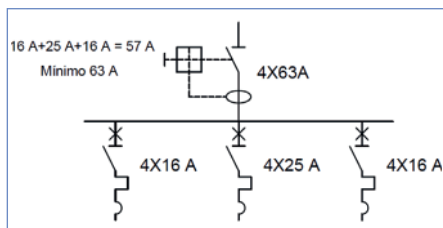
I_n del diferencial $\geq I_n$ del interruptor automático general



2. Si el diferencial está encima de un grupo de interruptores automáticos con el mismo número de polos.

I_n del diferencial \geq Suma de I_n de todos los automáticos

Puede aplicarse un factor de simultaneidad (K_s) o de utilización (K_u)

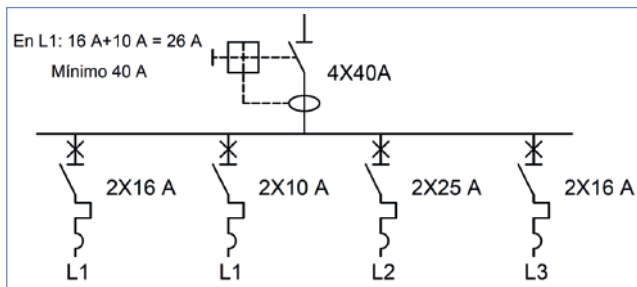


PROTECCIÓN DE DIFERENCIALES PUROS (ID) CONTRA LAS SOBRECARGAS

3. Si el diferencial está encima de un grupo de interruptores automáticos con distinto número de polos.

$$I_n \text{ del diferencial} \geq \text{Suma de } I_n \text{ de la fase más cargada}$$

Puede aplicarse un factor de simultaneidad (K_s) o de utilización (K_u)



El interruptor general automático (IGA) es obligatorio en el cuadro general en todas las instalaciones según REBT ITC BT 17.

Se recomienda, siempre que sea posible, disponer interruptores automáticos aguas arriba de los diferenciales puros.

En viviendas, según REBT ITC BT 25, la I_n del interruptor diferencial (ID) debe ser mayor o igual a la del interruptor general automático (IGA). Extensible a locales comerciales, de oficinas y cualquier otro local destinado a fines análogos (REBT ITC BT 26 - Apartados 1, 4 y 5).

$$I_n \text{ ID} \geq I_n \text{ IGA}$$

CÁLCULO DE LA SENSIBILIDAD DE DIFERENCIALES

La sensibilidad de un diferencial se calcula con la fórmula siguiente:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

R_A : Suma de la resistencia de la puesta a tierra y de los conductores de protección en Ω .

U_L : Tensión de contacto límite convencional en V.

$I_{\Delta n}$: Sensibilidad del diferencial menos sensible de la instalación en A.

VALORES DE TENSIÓN DE CONTACTO LÍMITE CONVENCIONAL (U_L) (REBT Y GUÍA BT)

Instalación	U_L
Alumbrado exterior	24 V
Instalaciones temporales y provisionales de obras	24 V
Locales para cría de animales de locales agrícolas y hortícolas	24 V
Volúmenes 0 y 1 de piscinas y fuentes	12 V
Condiciones normales (sin humedad y en interiores)	50 V
Locales o emplazamientos conductores (locales húmedos, mojados e instalaciones a la intemperie, según GUÍA BT 24)	24 V

VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE TIERRA REGULADOS

Instalación	Valor de R_A	
Instalaciones con pararrayos (GUÍA BT 18)	15 Ω	
Instalaciones sin pararrayos (GUÍA BT 18)	37 Ω	
ICT (Reglamento de ICT)	10 Ω	
Fincas de comunidades de vecinos (según orden de la C.A.M. para inspecciones de edificios de viviendas)	15 Ω (con Pararrayos)	
	37 Ω (sin Pararrayos)	
ALUMBRADO EXTERIOR	$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	30 Ω
	$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$	5 Ω
	$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$	1 Ω

CÁLCULO DE LA SENSIBILIDAD DE DIFERENCIALES

$I_{\Delta n}$ MÁXIMO EN EDIFICIOS CON Y SIN PARARRAYOS Y EN ICT	
Tensión de contacto y resistencia de tierra	Valor de $I_{\Delta n}$
$U_L = 50 \text{ V}, R_A = 15 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 3,33 \text{ A}$
$U_L = 50 \text{ V}, R_A = 37 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 1,35 \text{ A}$
$U_L = 50 \text{ V}, R_A = 10 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 5 \text{ A}$
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 15 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 1,6 \text{ A}$
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 37 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 0,6 \text{ A}$
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 10 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 2,4 \text{ A}$
$U_L = 12 \text{ V}, R_A = 15 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 0,8 \text{ A}$
$U_L = 12 \text{ V}, R_A = 37 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 0,32 \text{ A}$
$U_L = 12 \text{ V}, R_A = 10 \Omega$	$I_{\Delta n} \leq 1,2 \text{ A}$
ALUMBRADO EXTERIOR (Valores obligatorios)	
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 30 \Omega$	$I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 5 \Omega$	$I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$
$U_L = 24 \text{ V}, R_A = 1 \Omega$	$I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$

VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE TIERRA EN CASOS NO REGULADOS	
Tensión de contacto y sensibilidad del diferencial	R de tierra máx.
$U_L = 50 \text{ V}, I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	1666 Ω
$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	800 Ω
$U_L = 12 \text{ V}, I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$	400 Ω
$U_L = 50 \text{ V}, I_{\Delta n} = 100 \text{ mA}$	500 Ω
$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 100 \text{ mA}$	240 Ω
$U_L = 12 \text{ V}, I_{\Delta n} = 100 \text{ mA}$	120 Ω
$U_L = 50 \text{ V}, I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	166 Ω
$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	80 Ω
$U_L = 12 \text{ V}, I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$	40 Ω
$U_L = 50 \text{ V}, I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$	100 Ω
$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$	48 Ω
$U_L = 12 \text{ V}, I_{\Delta n} = 500 \text{ mA}$	24 Ω
$U_L = 50 \text{ V}, I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$	50 Ω
$U_L = 24 \text{ V}, I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$	24 Ω
$U_L = 12 \text{ V}, I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$	12 Ω

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE DIFERENCIALES

Los condicionantes para seleccionar un diferencial son los siguientes:

1. Calcular la sensibilidad ($I_{\Delta n}$) según la resistencia de tierra máxima y la tensión de contacto límite (U_L).
2. Estimación de la intensidad nominal (I_n) y del número de polos.
3. Selección del tipo constructivo (ID, AD, RDA, IAR, DCRM, ARD, IAAR).
4. Selección de la corriente condicional de cortocircuito (I_{nc}).
5. Estimación de corrientes de fuga permanentes a 50 Hz.
6. Estimación de corrientes de fuga permanentes a alta frecuencia.
7. Posibilidad de transitorios por tormentas o maniobras en la red o en la instalación.
8. Tipo de corrientes de defecto posibles: Alternas, pulsantes, pulsantes con componente continua o continua alisada.
9. Elección de la clase del diferencial.



Funcionamiento de diferenciales.



Clase de diferenciales



Tipos de diferenciales



Web de APIEM