

COMENTARIOS SOBRE LA ELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES ELECTRICAS EN LAS INSTALACIONES DE BT SEGÚN LA REGLAMENTACION AEA 90364

Por el Ing. Carlos A. Galizia

Secretario del Comité de Estudios CE-10 de la Asociación Electrotécnica Argentina

Consultor en Instalaciones Eléctricas de BT y MT

Consultor en Seguridad Eléctrica de BT y MT

Auditorías Eléctricas, Proyectos,

Asesoramientos y Dirección de Obra

Dictado de Cursos de Capacitación

Este Artículo Técnico tiene como objetivo aclarar algunas de las dudas que muchas veces se le presentan a los instaladores de distintas formaciones técnicas.

Por ejemplo muchos se preguntan

¿Cuál es el esquema de conexión a tierra obligatorio?

¿Se puede emplear en una vivienda un interruptor automático en caja moldeada (IEC 60947-2)?

¿Se pueden emplear los interruptores automáticos unipolares?

¿Se pueden emplear dispositivos que combinen PIA+ID en un solo aparato pero que no tenga protección en el neutro?

A estos temas y a otros le damos respuesta en los siguientes párrafos.

Es conocido que la gran mayoría (más del 95 %) de los inmuebles comerciales, industriales y de viviendas de nuestro país reciben alimentación en baja tensión (BT) de corriente alterna desde las diferentes empresas y cooperativas de distribución eléctrica (red pública de distribución en BT). Esas alimentaciones pueden ser en 220 V (monofásicas) o en 3x380/220 V (trifásicas con neutro). Por otro lado, existe un pequeño porcentaje de inmuebles (industriales, grandes centros comerciales, clubes de campo, grandes hoteles, grandes edificios corporativos de oficinas, hospitales, clínicas, etc.) que compran la energía en Media Tensión (MT) o Alta Tensión (AT) y efectúan su propia transformación a BT a partir de transformadores de su propiedad (Centros de Transformación del usuario). Finalmente existe un grupo aún menor de inmuebles que no están conectados a una red de distribución pública y generan su propia energía.

La Reglamentación AEA 90364 "Para la Ejecución de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles" (RAEA) tanto en sus Partes 0 a 6 (partes publicadas en noviembre 2007), como en la Parte 7 Sección 771 Edición 2006 de la misma RAEA (AEA 90364-7-771) indican que todos los suministros alimentados en BT desde la red pública de distribución deben adoptar obligatoriamente el **Esquema de Conexión a Tierra (ECT) TT**.

Tanto en la misma RAEA 90364 Partes 0 a 6, como en la Sección AEA 90364-7-771 de la misma Reglamentación se indica que en los casos en que el usuario tiene generación propia como en los casos en que por comprar en MT o AT tiene transformadores de su propiedad, puede elegir el ECT con el cual operar su instalación eléctrica. Dichos ECT, como lo establece la RAEA 90364 pueden ser el IT, el TN-S o el TT.

Adicionalmente la RAEA establece que en aquellos casos en que, un inmueble que recibe un suministro en BT desde la red pública (que como se ha dicho debe ser en ECT TT por prescripción reglamentaria), requiera para parte o para toda su instalación otro ECT, deberá instalar un transformador BT/BT cuyo secundario adoptará el ECT necesario. Ese es el caso por ejemplo de las instalaciones hospitalarias en las que se exige por la Reglamentación AEA 90364-7-710 para los quirófanos (salas del grupo II), un ECT IT (de uso hospitalario), o el caso de grandes centros de cómputos en los que muchos proveedores de Equipos de Tecnología de la Información (ETI) requieren ECT TN-S.

Por lo tanto, y dado que la gran mayoría de las instalaciones utilizan (o deben utilizar) el ECT TT, nos vamos a ocupar en este trabajo fundamentalmente de ese 95% de instalaciones.

Antes de abordar el tema específico de este trabajo es bueno recordar qué se entiende por "**Seguridad**", "**Riesgo**" y "**Peligro**" desde el punto de vista de las instalaciones. Estos importantes conceptos están publicados en la Norma ISO/IEC 51, y han sido incluidos en el Documento Técnico AEA 91140 "Protección contra los Choques Eléctricos: Aspectos comunes a las instalaciones y a los materiales, componentes y equipos".

El Documento AEA 91140 indica que hay **SEGURIDAD** cuando "se está LIBRE de un RIESGO INACEPTABLE". La misma Norma indica que existe **RIESGO** cuando "se COMBINAN la PROBABILIDAD DE LA OCURRENCIA de lesión o daño a la salud de las personas o daños a los bienes o al medio ambiente Y LA SEVERIDAD de la lesión

o el daño” y que el **PELIGRO** es “una FUENTE POTENCIAL DE LESIÓN O DAÑO a la salud de las personas o daños a los bienes o al medio ambiente”.

Por lo que se observa, en las instalaciones eléctricas **NO EXISTE** ni SEGURIDAD ABSOLUTA ni RIESGO CERO. No obstante, la RAEA, que es quien define los niveles de riesgo aceptados o aceptables en las instalaciones eléctricas define niveles de riesgo que están muy por debajo de los “CONSIDERADOS INACEPTABLES”.

Sin embargo en nuestro medio hay muchos profesionales que dicen o escriben lo contrario, adoptando, erróneamente, las definiciones que da el diccionario de la Academia Española donde se dice que “Seguridad” es “Cualidad de seguro” y donde se dice que “Seguro” es “Libre y exento de todo peligro, daño o riesgo”. Adoptar esas definiciones en los documentos técnicos haría inviables a las instalaciones o a los equipos ya que se estaría indicando que las instalaciones deben tener “riesgo cero” o “seguridad absoluta”, no siendo este el criterio adoptado en las normas técnicas, que define cuales son los riesgos aceptables. Por esta razón es la RAEA la que a través de sus prescripciones define los riesgos aceptables, en función, entre otras cosas, de las “influencias externas”.

Dispositivos de protección que se deben utilizar para cumplir con las protecciones obligatorias

La Reglamentación AEA hace referencia en 771.17.1 que toda instalación eléctrica debe ser objeto como mínimo y en forma obligatoria, de medidas de protección contra las siguientes fallas:

- Protección contra sobrecorrientes (sobrecargas y/o cortocircuitos)
- Protección contra fallas (a tierra)
- Protección contra contactos directos
- Protección contra contactos indirectos

Protección contra Sobrecorrientes

Las prescripciones que en general establece la RAEA, las fija en función de las llamadas “influencias externas” que afectan a la instalación eléctrica del inmueble. Las influencias externas, que pueden restringir o limitar el tipo de instalación a ejecutar, son “las condiciones ambientales”, “las condiciones de utilización” y “las condiciones constructivas”. Esas condiciones son definidas en la **RAEA** (en los artículos 10 y 11 de la RAEA 90364-7-771 y en la Parte 3 de la RAEA 90364).

Dentro de las “condiciones de utilización” y según las características de las personas que la operan, la **RAEA** define “**La capacidad de las personas**” y las divide en cinco categorías, en correspondencia con su conocimiento de la seguridad eléctrica y de los riesgos eléctricos y además según y conforme a sus condiciones físicas e intelectuales.

Esas categorías son:

BA1: Persona Normal, pero no instruida en seguridad eléctrica y en riesgos eléctricos.

BA2: Niños, en viviendas y en locales proyectados para niños, como por ejemplo guarderías, jardines de infantes o maternales, etc.

BA3: Personas que no disponen de todas sus capacidades físicas y/o intelectuales (discapacitados, enfermos, inválidos, ancianos), en hospitales, asilos, hospicios, etc. incluyendo a los detenidos en una prisión.

BA4: Personas instruidas en seguridad eléctrica son las personas adecuadamente entrenadas e instruidas en seguridad eléctrica y riesgos eléctricos, las que, actuando bajo supervisión de personal calificado, les permite evitar los peligros que la electricidad puede crear.

BA5: Personas calificadas en seguridad eléctrica, son las personas con conocimiento técnico o suficiente experiencia en seguridad eléctrica y riesgos eléctricos, como para evitar por sí mismas los peligros que la electricidad pueda crear.

Apoyándose en las “Condiciones de Utilización” y dentro de ellas en la “Capacidad de las Personas”, la RAEA hace una clara división en cuanto a qué dispositivos de protección contra sobrecorrientes pueden ser utilizados en las instalaciones eléctricas, según sea la capacitación o idoneidad de las personas que operen la instalación, frente al riesgo eléctrico.

En efecto; en el artículo 771.20.5.2 a) de la RAEA dedicado a la “**Protección de circuitos**” en “**Viviendas y oficinas**”, donde se considera que sólo hay usuarios BA1 (en las viviendas también se consideran los BA2), sólo se permite **como dispositivos de protección contra las sobrecorrientes** el empleo de **interruptores automáticos** quedando claro **que no se permite para esa función la utilización de fusibles**; lo mismo se indica en g) de 771.8.4 para los establecimientos educativos) y en 771.20.5.2 b.1) para los “Locales sin presencia permanente de personal BA4 o BA5”.

La RAEA indica que en “**Viviendas y oficinas**” sólo se pueden emplear dispositivos de protección contra sobrecorrientes que cumplan con las normas IEC 60898 e IRAM 2169 (a los interruptores automáticos definidos

por estas dos normas se los conoce como pequeños interruptores automáticos o PIA) o con la Norma IEC 60947-2 (interruptores automáticos o IA).

Pero esto merece una ampliación.

1) Por una parte, los PIA, que son del tipo termomagnético, son dispositivos previstos para la protección de conductores contra las sobrecargas y los cortocircuitos y al ser de calibración o ajuste fijos, no pueden ser modificados por el usuario con lo cual se logra un aumento en la seguridad de las instalaciones, cosa que no ocurriría con los fusibles que muchas veces son manipulados, reparados o reemplazados en forma no reglamentaria por el usuario **no idóneo o inexperto**. Ese argumento de seguridad es el que utilizó la Asociación Electrotécnica Argentina para establecer el criterio señalado y no permitir el empleo de los fusibles como dispositivos de protección de circuitos en los lugares indicados.

2) Por otra parte, en cambio, los IA que cumplen con las prescripciones de IEC 60947-2, que son también dispositivos previstos para la protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos y que pueden ser con protección termomagnética o con protección electrónica, son interruptores, en general, de calibración o ajuste regulables, y podrían ser modificados por el usuario con lo cual se perdería la buscada seguridad de las instalaciones operadas por usuarios BA1. Pero como su empleo no puede ser impedido en instalaciones que requieren interruptores automáticos con una corriente asignada ***I_n*** mayor a 125 A (la Norma 60898 establece que la mayor corriente asignada de los PIA es 125 A), la RAEA los permite en las instalaciones operadas por usuarios BA1, solo que, con una importante restricción según lo indica la nota de 771.19.3 d) que dice "Cuando en las viviendas y oficinas se prevea la utilización de interruptores contruidos según IEC 60947-2 con órganos de disparo por sobrecarga ajustables, la intensidad de corriente a utilizar para el dimensionamiento de los conductores será, el valor más alto de regulación de la protección contra sobrecargas del relé instalado en el interruptor, independientemente del rango y ajuste de la misma", quedando claro con ello que los conductores se deben seleccionar en función del máximo valor de la protección contra sobrecargas del interruptor automático IEC 60947-2, aún cuando eso conlleve el sobredimensionamiento de los conductores.

La misma nota aclara que esa restricción no es aplicable a locales con presencia permanente de personal BA4 o BA5.

Es útil recordar que los Decretos Reglamentarios de la Ley Nacional 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo establecen la obligación de los empleadores de capacitar a su personal en las diferentes tareas que deban ejecutar.

Así por ejemplo el Decreto Reglamentario 351 de la Ley recién mencionada indica en el Anexo VI lo siguiente:

Artículo 9 "Sin perjuicio de lo que determinen especialmente los reglamentos, son también obligaciones del empleador":

"k) promover la capacitación del personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo, particularmente en lo relativo a la prevención de los riesgos específicos de las tareas asignadas;"

En el "Capítulo 14 Instalaciones Eléctricas" prescribe en el

"Artículo 98. — Los trabajos de mantenimiento serán efectuados exclusivamente por personal capacitado, debidamente autorizado por la empresa para su ejecución.

Los establecimientos efectuarán el mantenimiento de las instalaciones y verificarán las mismas periódicamente en base a sus respectivos programas, confeccionados de acuerdo a normas de seguridad, registrando debidamente sus resultados."

Por ello es conveniente señalar que cuando se indica personal BA4 o BA5 se quiere decir que debe tratarse de personal realmente capacitado, cuya capacitación en instalaciones eléctricas y en seguridad eléctrica esté "certificada".

Por otra parte el artículo 771.20.5.3 establece que, como elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos en la cabecera de los tableros principales, se deberá instalar siempre, un interruptor automático (PIA o IA) multipolar que actúe como dispositivo de seccionamiento y protección general, independientemente de quien opere la instalación: es decir que cualquiera sea el tipo de local (vivienda, oficina, local comercial, escuela, taller, planta industrial, club, etc.), en el tablero principal se debe instalar como dispositivo de cabecera un interruptor automático. Para la función de Interruptor Principal la RAEA no permite la utilización de dispositivos con fusibles cualquiera sea quien opere la instalación.

El interruptor principal (automático) deberá ser tetrapolar, con **todos los polos protegidos**, para instalaciones trifásicas con neutro distribuido y bipolar, con **ambos polos protegidos**, para instalaciones monofásicas. Estos

dispositivos deberán tener aptitud al seccionamiento según lo indican las respectivas normas de producto, tanto sea la Norma IEC 60898 como la Norma IEC 60947-2 según corresponda.

La aptitud al seccionamiento debe ser cumplida también por los interruptores-seccionadores que responden a IEC 60947-3 siendo estos dispositivos de maniobra los **MÁS RECOMENDABLES** para emplear en la cabecera de los tableros seccionales (TS), posición donde no se sugiere el empleo ni de interruptor diferencial ni de un interruptor automático (IA o PIA), si bien debe quedar claro que los mismos no se prohíben.

No se sugiere un interruptor automático en la cabecera de un TS ya que se corre el riesgo, ante un cortocircuito, de sacar de servicio a dicho interruptor (y por ende a todo el TS) por falta de selectividad con los interruptores automáticos de alguno de los circuitos de salida de ese TS. Algo parecido ocurriría si se empleara como dispositivo de cabecera del TS un interruptor diferencial (ID) de 30 mA que a la vez actúa como única protección diferencial del TS: un contacto directo o una falla de aislación (que produce una falla a tierra en el ECT TT) en un circuito cualquiera (riesgo de contacto indirecto) del TS produciría el disparo del ID lo que dejaría a todo el tablero fuera de servicio.

En el caso de la protección de circuitos terminales o seccionales monofásicos operados por BA1, se deben utilizar también interruptores automáticos con corte y protección en ambos polos (no se permiten los fusibles).

Igualmente los circuitos terminales ITE (Iluminación Trifásica Específica) que se pueden instalar sólo en oficinas y locales con presencia permanente de personal capacitado en seguridad eléctrica, BA4 o BA5, deberán estar protegidos por interruptores tetrapolares con protección en todos los polos (no se permiten los fusibles).

El corte y la protección del conductor neutro exigido para los circuitos ITE, además de tener una gran importancia con relación a la seguridad de las personas y de las instalaciones, es indispensable en las instalaciones con circuitos trifásicos tetrapolares con alto contenido de lámparas dicróicas con transformadores electrónicos o de lámparas fluorescentes, ya sean los tubos normales o las conocidas como lámparas fluorescentes de bajo consumo, tanto sea con balastos electromagnéticos como con, fundamentalmente, balastos electrónicos. Hay casos en que la protección del conductor neutro debe tener un ajuste mayor que la calibración de la protección de los conductores de línea, llegando, en algunos casos, a ser necesaria una calibración de la protección del conductor neutro de hasta un 60% por encima del ajuste de la protección de los conductores de línea dado que la suma de las corrientes homopolares o de secuencia cero pueden producir corrientes en el conductor neutro de mayor valor que las corrientes en los conductores de línea a pesar de tener corrientes equilibradas en estos últimos.

Es asimismo, muy importante destacar lo que la RAEA establece en 771.20.5.1 apartado 2) donde indica que **NO SE PERMITE EL EMPLEO, COMO DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE CIRCUITOS MONOFÁSICOS, DE LOS INTERRUPTORES BIPOLARES SIN PROTECCIÓN EN EL NEUTRO, CONOCIDOS COMO INTERRUPTORES CON NEUTRO NO PROTEGIDO, O CON NEUTRO PASANTE, TAMBIÉN DENOMINADOS 1P+N, NI DE LOS INTERRUPTORES UNIPOLARES**, tanto sea en la función de interruptores principales o como dispositivos de protección de circuitos seccionales o de circuitos terminales. El empleo de estos dispositivos solamente está permitido como dispositivos de comando funcional, por ejemplo para maniobra de circuitos de iluminación, como reemplazo de los llamados interruptores de efecto. Muchas veces se intenta confundir al instalador con información, que como mínimo es poco clara, publicitándose por ejemplo "...que el dispositivo corta ambos polos.." pero **NO ACLARANDO QUE NO TIENE PROTECCIÓN EN EL NEUTRO** ni indicando para que función está permitido y en que aplicaciones el REGLAMENTO no lo permite. Por esa razón es sumamente útil saber interpretar el símbolo que aparece marcado en el frente del dispositivo. En los dispositivos bipolares con protección en los dos polos los símbolos de protección contra sobrecargas y contra cortocircuitos deben aparecer marcados en ambos polos. Los PIA termomagnéticos bipolares, con corte y protección en ambos polos, que se encuentran en el mercado están marcados de alguna de las siguientes formas (figura 1):

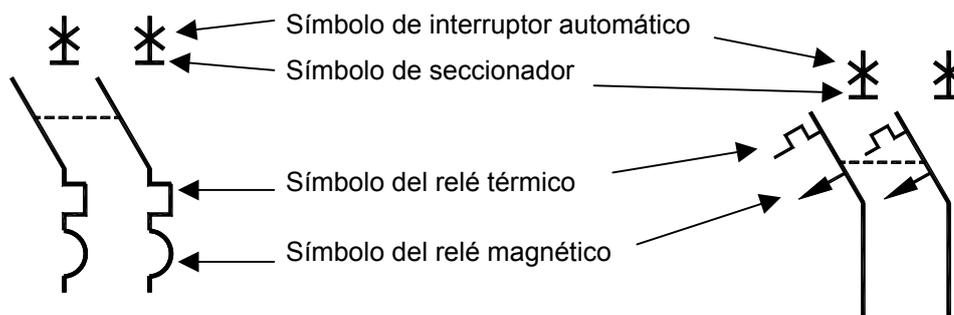


Figura 1

La misma restricción que existe en el empleo de los interruptores bipolares sin protección en el neutro mencionada en el párrafo anterior (1P+N) RIGE TAMBIÉN PARA EL CASO DE AQUELLAS COMBINACIONES QUE RESPONDEN A IEC 61009, ES DECIR “PEQUEÑO INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MÁS INTERRUPTOR DIFERENCIAL” (PIA + ID) cuando se emplea en la combinación un PIA de 1P+N es decir sin N protegido. EN EL MERCADO SE ESTÁ OFRECIENDO ESTE PRODUCTO ARGUMENTANDO ENTRE OTRAS VENTAJAS LA ECONOMÍA DE ESPACIO PERO NO ACLARANDO QUE ES UN PRODUCTO NO PERMITIDO POR LA RAEA PARA LA PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DADO QUE NO PROTEGE CONTRA SOBRECORRIENTES AMBOS POLOS. Aquí también es sumamente útil saber interpretar el símbolo que aparece marcado en el frente del dispositivo. En los dispositivos bipolares con protección en los dos polos los símbolos de protección contra sobrecargas y contra cortocircuitos deben aparecer marcados en ambos polos, como se indica en la figura 1.

Protección contra corrientes de Falla (de aislación) y corrientes de Falla de aislación “a Tierra”

Antes de avanzar con este tema se impone aclarar algunos conceptos mal empleados por la gran mayoría de los especialistas: las corrientes de fuga, las corrientes de falla, corriente de falla a tierra.

¿Qué dice el Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) sobre estos temas?

El VEI define en diferentes secciones de la IEC 60050 lo siguiente:

Corriente de falla (o corriente de defecto): Corriente que circula a través de un punto dado de falla como resultado de un defecto o falla de aislación (VEI 826-11-11). **Como se aprecia, no se menciona que sea una corriente a tierra.**

Corriente de falla: Corriente eléctrica que circula a través de un camino eléctrico no deseado distinto a un cortocircuito (VEI 151-15-49). **Otra definición que no menciona la circulación por tierra.**

Corriente de falla a tierra: Corriente que circula a TIERRA debido a una falla de aislación (VEI 442-01-23). **Esta definición SÍ contempla la circulación de la corriente por tierra.**

Corriente de fuga: Corriente eléctrica que, en condiciones normales de funcionamiento (sin fallas de aislación), circula por un camino eléctrico no deseado (VEI 195-05-15). **Esta es una corriente que puede circular en condiciones normales en una instalación sin que la instalación tenga una falla de aislación.**

Falla a tierra: ocurrencia de un camino conductor accidental entre un conductor activo y la tierra (VEI 195-04-14). **El camino conductor puede pasar a través de una falla de aislación, a través de las estructuras (por ej. soportes de líneas, andamios, grúas, escaleras) o a través de vegetación (por ej. árboles, arbustos) y puede tener una impedancia significativa**

Cuando en una instalación se produce una **falla de aislación** aparece una **corriente de falla (de aislación)** que, si el ECT es **TT**, **será realmente una corriente de falla a tierra ya que la corriente de falla de aislación retorna por la tierra**. Si en cambio el ECT es **TN-S** esa **corriente de falla (de aislación)** no circula por la tierra sino que lo hace sólo por conductores metálicos (por ejemplo entre un conductor de línea y el conductor de protección), sin atravesar ni la tierra ni electrodo de puesta a tierra alguno, pese a lo cual encontramos que por no distinguir las diferencias a ambas se las llama siempre (incorrectamente) corrientes de falla a tierra. Por esa razón hay que manejar con cuidado el vocabulario para no dar lugar a errores o confusiones.

De forma similar ocurre cuando se tratan como iguales a la **corriente de fuga** y a la **corriente de falla (de aislación)** y bajo ningún concepto lo son. **Corrientes de fuga** se tienen en una gran cantidad de equipos electrónicos “**sanos**” siendo debidas las mismas por ejemplo a los capacitores antiparasitarios que actúan como filtro y se conectan entre el conductor de línea y el de protección, y también se pueden producir por las corrientes armónicas y por las corrientes de alta frecuencia que fugan a través de las aislaciones de los conductores que actúan como capacidades parásitas.

Respecto a las corrientes de falla de aislación, que son las corrientes que se pueden derivar por el conductor de protección puesto a tierra como consecuencia de una primera falla de aislación, (y que darán como resultado una corriente de falla de aislación a tierra en el ECT TT y simplemente una corriente de falla de aislación en el ECT TN-S) debemos indicar que ese tipo de situaciones nos pueden llevar a estar expuestos a dos tipos de riesgo que son:

- a) los riesgos de Incendios y
- b) los riesgos de Contactos Indirectos (el contacto indirecto es también llamado choque eléctrico en condición de una primera falla de la aislación básica).

Con relación a lo indicado en a) se ha comprobado por experiencia y por ensayos que en ambientes polvorientos y húmedos (existe una formación progresiva de caminos conductores producidos en las superficies de los aislantes sólidos bajo el efecto combinado de las sollicitaciones eléctricas y de la contaminación electrolítica de estas superficies). Esos pequeños “caminos conductores a tierra”, que se van incrementando producen pequeñas

descargas eléctricas locales, que a su vez producen depósitos de material carbonizado. Este fenómeno, que se desarrolla con mucha lentitud, está relacionado con los ciclos de condensación y secado que se producen sobre la superficie aislante. Cuando las corrientes por esos pequeños caminos conductores exceden los 300 mA se puede producir un fenómeno de avalancha que termina inflamando a los depósitos de carbón. El encendido de estos depósitos de carbón puede, a su vez, inflamar las aislaciones, los dispositivos y los aparatos (figura 2).



Figura 2- Formación de caminos conductores

Esa “Formación de caminos conductores” o parcialmente conductores “a tierra”, que se van formando como consecuencia de la degradación progresiva de la superficie del material aislante sólido producidas por las descargas locales y que son debidas habitualmente a la contaminación de dicha superficie se la conoce también como “tracking” en inglés, “cheminement” en francés, “encaminamiento” y “fugas superficiales” en algunas publicaciones técnicas en castellano. Dicho concepto está definido en el vocabulario electrotécnico internacional (VEI), Norma IEC 60050, en sus Secciones 212-01-42 y 442-01-41 y con algunas pequeñas variantes en 2.5.64 de IEC 60947-1.

Debido a que las corrientes de falla/fuga “a tierra” superiores a 300 mA constituyen un peligro real de incendio, los Interruptores Diferenciales de $I_{\Delta n} \leq 300\text{mA}$ adquieren enorme importancia ya que su empleo (además de proteger contra los contactos indirectos) permitiría evitar este tipo de situaciones, en circuitos o en tableros donde pudiesen presentarse condensaciones de humedad en forma periódica. (Ver Nota 3 de 771.18.4.3).

Protección Contra Contactos Directos e Indirectos

La protección contra los contactos directos consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas y a los animales domésticos y de cría, contra un posible contacto con las partes normalmente bajo tensión de la instalación, en ausencia de defecto. Es decir que la protección contra los contactos directos es la protección contra los choques eléctricos en ausencia de falla.

Cuando en una instalación se produce un **contacto directo**, es porque ha habido una imprudencia del usuario o porque no se ha protegido adecuadamente la instalación con alguna de las llamadas **protecciones básicas: aislación, envoltentes o barreras**. Por ello en **ciertos circuitos** la RAEA impone la obligación de **aumentar** la protección **contra los contactos directos** utilizando una **medida complementaria: el interruptor diferencial de $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$** . En el contacto directo, en los ECT TT y TN-S, el 100 % de la corriente de contacto pasa por el cuerpo de la persona (haya o no en la instalación conductor de protección PE puesto a tierra).

La protección contra los contactos indirectos consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas, a los animales domésticos y de cría, contra los peligros provenientes de un contacto con masas eléctricas, puestas bajo tensión accidentalmente como consecuencia de una falla de aislación de la instalación o como consecuencia de una falla de aislación de los equipos conectados a ella. Es decir que la protección contra los contactos indirectos es la protección contra los choques eléctricos en caso de defecto (de la aislación básica).

En las instalaciones Clase I, en las que la principal medida de protección es la conocida “como desconexión automática de la alimentación” que en rigor es la **“asociación de la desconexión automática de la alimentación junto con la conexión de las masas al conductor de protección PE puesto a tierra”**, en el caso de existir una falla de aislación y presentarse el riesgo de contacto indirecto, las protecciones deberán actuar en los tiempos indicados en la RAEA, según sea el ECT. En los ECT TT, en el caso de los circuitos terminales con tensión simple U_0 no superior a 230 V y de hasta 32 A las protecciones deberán actuar como máximo en 60 ms y en los ECT TN-S, en circuitos de las mismas características a las mencionadas, como máximo en 200 ms. Si en el momento de producirse la falla de aislación, la masa no está siendo tocada por una persona, prácticamente el 100 % de **la corriente de falla a tierra se cerrará por el conductor de protección** permitiendo la operación de la protección (**desconexión automática de la alimentación**). Si en cambio en el momento de producirse la falla una persona toma contacto con la masa, la corriente de falla que circula por el conductor de protección hasta la fuente en el ECT TN-S (ECT en el que la corriente de falla “a tierra” en BT no se cierra por ningún electrodo de tierra, ver figura 3) o la corriente que circula por el conductor de protección y por el electrodo de puesta a tierra de protección (en el ECT TT) producen una tensión de contacto peligrosa sobre la masa que se aplicará sobre la persona en contacto con la misma (ver figura 4). La rápida actuación de las protecciones protegerá a la persona.

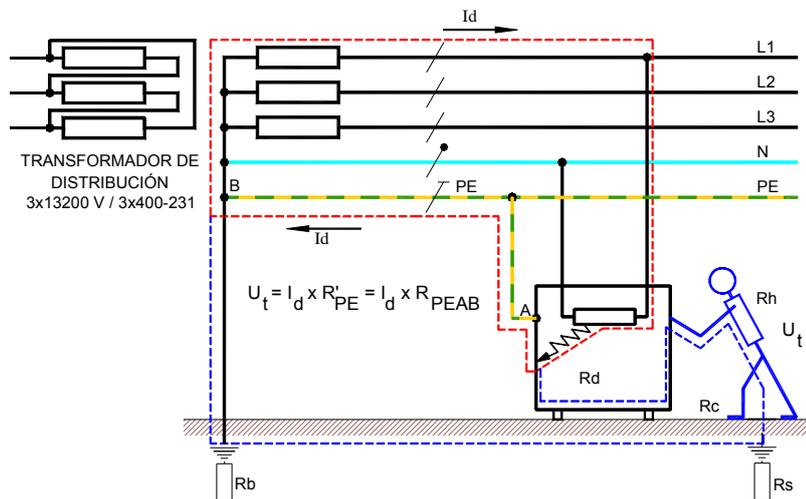


Figura 3 - El ECT TN-S y el Circuito de falla

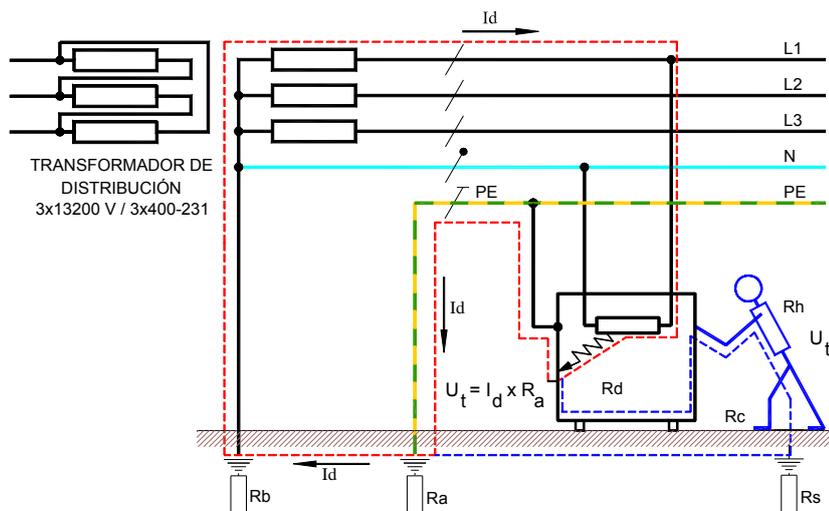


Figura 4 - El ECT TT y el Circuito de falla

No vamos aquí a desarrollar lo que se trata con mucho detalle en el punto 771.18 de la RAEA con relación a las instalaciones y en el Documento Técnico AEA 91140, en lo relacionado con las definiciones conceptuales, pero señalaremos algunos aspectos de importancia:

- 1) La protección diferencial de $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$, a la vez que **protege contra los contactos indirectos**, protege de los contactos directos **aumentando la protección que proporcionan contra dicho riesgo las medidas de protección básica (aislaciones, barreras o envoltentes) y**, brindando de esa forma una protección adicional complementaria contra el riesgo de contacto directo.
- 2) En ambientes domésticos o similares con personas BA1, todo circuito terminal deberá estar protegido por un dispositivo diferencial de $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$, si bien la RAEA permite alguna excepción en casos de instalaciones fijas (circuitos ACU).
- 3) La protección **CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS** debe efectuarse en todos los casos y en cualquier **instalación eléctrica**, incluidos aquellos locales o instalaciones con personal BA4 y BA5. Cuando la instalación se ha realizado según el **ECT TT** y la protección contra los contactos indirectos se ha efectuado mediante la **DESCONEXIÓN AUTOMÁTICA DE LA ALIMENTACIÓN**, la protección debe llevarse a cabo, **EN FORMA OBLIGATORIA**, por medio de **DISPOSITIVOS DIFERENCIALES**, ya sean interruptores diferenciales (ID) que cumplan con la Norma IEC 61008, ID asociados a pequeños interruptores automáticos (PIA), cumpliendo el conjunto la Norma IEC 61009, interruptores automáticos que cumplan con la Norma IEC 60947-2 y que incorporan protección diferencial según el Anexo B de la citada Norma o interruptores automáticos que cumplan con la Norma IEC 60947-2 y que efectúan la protección diferencial mediante transformadores toroidales (toroides) y relés diferenciales separados, según el Anexo M de la Norma antes mencionada.
- 4) En las **instalaciones con ECT TT**, la RAEA **no permite, para la protección contra los contactos indirectos, el empleo de dispositivos de protección contra sobrecorrientes** (sean fusibles, PIA o interruptores automáticos) debido a que los bajos valores de corrientes de falla a tierra no garantizan la operación de las protecciones. Eso es debido a que en el ECT TT, el circuito de falla incluye la resistencia de puesta a tierra (R_{pat}) del electrodo de puesta a tierra de servicio R_b (del neutro del transformador de la

distribuidora) y la Rpat del electrodo de puesta a tierra de protección Ra (de las masas eléctricas de la instalación). Por ejemplo, si la resistencia de puesta a tierra de servicio Rb es de 2Ω (2 ohm) y la resistencia de puesta a tierra de protección Ra es de 20Ω (20 ohm) la corriente en el circuito de falla a tierra será de 10 A ($220 \text{ V}/(2+20) \text{ ohm}$), despreciando la impedancia de los conductores metálicos del circuito. En esas condiciones, sobre la masa eléctrica quedarán aplicados 200 V ($20 \Omega \times 10 \text{ A}$), los que deben ser desconectados antes de los 60 ms. Pero los 10 A de corriente de falla a tierra no serán suficientes para disparar las protecciones habituales o normales contra sobrecorrientes de un circuito, no lográndose en consecuencia limitar las tensiones de contacto indirecto a valores menores o iguales a 24 V (tensión de seguridad según la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo 19587 y sus Decretos Reglamentarios 351/79 y 911/96, tensión convencional límite de contacto para la RAEA). Esta es la razón por la cual la RAEA exige, para la protección de los contactos indirectos por medio de la desconexión automática de la alimentación en los ECT TT, el empleo de dispositivos diferenciales.

- 5) En viviendas y en oficinas (en ambos lugares con personas BA1) y en locales, en los que también existan personas BA1, con ECT TT, la máxima corriente diferencial autorizada para la protección contra los contactos indirectos es de 300 mA. La resistencia de puesta a tierra (Rpat) de protección Ra máxima permitida para esta situación es 40Ω .
- 6) En Esquemas de conexión a tierra TT y en el caso de locales sin riesgo de incendio y con personal BA4 o BA5, se podrán emplear dispositivos diferenciales de $I_{\Delta n} > 300 \text{ mA}$ para la protección contra los contactos indirectos. En esos casos, a mayor corriente diferencial menor valor de la Rpat de protección Ra de forma tal de mantener la tensión convencional límite de contacto, un 50 % como mínimo por debajo de los 24 VCA exigidos. Por ejemplo si se emplea un interruptor automático con módulo diferencial incorporado con una $I_{\Delta n}=3 \text{ A}$ el valor de Rpat Ra debe ser $\leq 4 \text{ ohm}$ (Ver en 541.3 de la Reglamentación AEA 90364 Capítulo 54 la Tabla 54.1 o en la Reglamentación AEA 90364 Sección 771 la Tabla 771.3.I para más detalles.)

La protección contra sobrecorrientes y protección diferencial con un solo dispositivo.

Existen dispositivos de protección previstos para que puedan ser empleados por personal BA1 (pero que obviamente podrán ser empleados también por BA4 y BA5) que cumplen simultáneamente *la función de protección contra sobrecorrientes* (sobrecargas y cortocircuitos), los PIA, que cumplen con IEC 60898 y *la función de protección contra corrientes diferenciales* (corrientes de falla y corrientes de fuga) de forma similar a los ID que cumplen con IEC 61008.

Estos dispositivos deben cumplir con la norma IEC 61009, que establece los requisitos de los dispositivos eléctricos que tienen incluidos la protección contra sobrecorrientes y la protección diferencial. La Norma IEC 61009 se titula en inglés "Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)" y en francés "Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec protection contre les surintensités incorporée pour installations domestiques et analogues"

La Reglamentación AEA 90364 tanto en sus partes 0 a 6, como en la Parte 7 Sección 771 Edición 2006 (AEA 90364-7-771) hace varias referencias a la Norma IEC 61009 (771.18.3.5, 771.18.4.3, 771.19.3, 771.20.5.4, Anexo 771-M), **permitiendo la utilización de dichos dispositivos siempre y cuando se cumplan los requisitos indicados en párrafos precedentes, o sea que tengan todos los polos protegidos contra las sobrecargas y los cortocircuitos.**

Por ello, de igual forma que lo establecido para los PIA bipolares, destinados a proteger y maniobrar circuitos monofásicos, para los que se exige que ambos polos estén protegidos (ya que no se permite para esa función el empleo de los unipolares ni los llamados 1P + N o bipolares con neutro no protegido), no se permite el uso de los dispositivos bipolares que respondan a IEC 61009 (dispositivos con protección contra sobrecargas, cortocircuitos y corriente diferencial) que tengan **un solo polo protegido** contra las sobrecorrientes.

Con relación a los dispositivos integrales contra sobrecarga, cortocircuito y corrientes diferenciales (RCBOs) permitidos por la RAEA, es importante resaltar que tienen una ventaja adicional de sumo valor en las instalaciones con ECT TN-S.

En efecto; es conocido que en estos ECT la impedancia del circuito de falla (impedancia del lazo) es normalmente muy baja ya que el circuito de falla está formado exclusivamente por conductores metálicos y no incluye un recorrido por la tierra como en el caso de los ECT TT, lo que hace que en el ECT TN-S se produzcan altas corrientes de falla de aislación equivalentes a un cortocircuito (siempre que se considere a la falla, franca o sin impedancia de falla).

Estas corrientes en general son muy elevadas para los interruptores diferenciales comunes que responden a la norma IEC 61008 que tienen una baja capacidad de ruptura o poder de corte y que podrían destruirse en un intento de apertura, dejando sin protección a la instalación que estaban protegiendo). En los dispositivos integrados RCBOs (PIA+ID), el componente diferencial actúa como sensor de la falla a tierra, pero la apertura la realiza el componente termomagnético integrado, diseñado para soportar corrientes de cortocircuito mucho más elevadas. Debemos recordar que la Norma IEC 61008, con la que deben cumplir los ID instantáneos generales y

también los selectivos, establece que los mismos deben tener como mínimo una capacidad de ruptura de 500 A o 10 veces su corriente asignada I_n (corriente de paso), lo que sea mayor. Así por ejemplo, un interruptor diferencial de $I_{\Delta n} \leq 30$ mA y corriente asignada $I_n=25$ A deberá tener como mínimo una capacidad de ruptura de 500 A, mientras que uno de corriente asignada $I_n=63$ A deberá tener como mínimo un poder de corte de 630 A.

Por esta razón, la RAEA exige que los ID estén adecuadamente protegidos contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos, cualquiera sea el ECT. Pero en los ECT TN-S la sollicitación a la que está expuesto un ID se duplica: además de tener que soportar corrientes de cortocircuito debe poder interrumpir altas corrientes de falla (cortocircuitos entre conductor de línea y PE), para lo cual se debe recurrir a los datos proporcionados por los fabricantes sobre que PIA o IA o fusible (estos últimos sólo cuando hay personas BA4 o BA5) se deben emplear para garantizar la integridad del ID.

Los dispositivos integrados que cumplen con IEC 61009 tienen las ventajas que mencionamos pero, también tienen una desventaja económica desde el punto de vista del usuario: dicha desventaja radica en que si al efectuar el ensayo mensual del accionamiento diferencial con el pulsador "Test", el dispositivo no disparara, habría que descartar, si los dispositivos no fuesen separables, tanto el diferencial como el dispositivo termomagnético, que tal vez esté en buen estado o viceversa.

Finalmente, muchas veces los usuarios, los instaladores y los proyectistas, son "confundidos" por ciertos importadores y/o fabricantes y/o distribuidores de material eléctrico con el argumento de que un producto que cumple con su Norma de producto se lo puede utilizar en cualquier instalación y eso no es así.

Esto ocurre porque confunden el cumplimiento de la Norma de Producto con el cumplimiento de la Reglamentación de instalaciones, que en nuestro país es la Reglamentación AEA 90364.

La RAEA establece que todos los materiales que se empleen en las instalaciones deben cumplir con las normas de producto (IRAM o IEC según se indique en cada caso) debiendo los productos estar certificados cuando así se lo exige la Resolución 92/98. Pero el hecho de que un producto esté normalizado o normalizado y certificado no es suficiente para que esté permitido su empleo en las instalaciones ya que es la RAEA la que establece que materiales se pueden emplear.

Ejemplos sobran. Por ejemplo, los fusibles no pueden emplearse como dispositivos de cabecera en los tableros principales en ningún tipo de instalación ni para la protección de los circuitos de la instalación (circuitos terminales o seccionales) en el caso de instalaciones operadas por personal BA1 (viviendas, locales u oficinas) ni como dispositivos de cabecera en los tableros seccionales en esas instalaciones aún cumpliendo con IEC 60269 y estando certificados.

Otro ejemplo, ya mencionado en párrafos precedentes, es el de los PIA unipolares que deben estar normalizados por IEC 60898 y certificados, pero que no pueden emplearse como dispositivos de protección de circuitos terminales o seccionales, sean monofásicos o trifásicos y que sólo puede emplearse en aplicaciones particulares como por ejemplo el comando funcional de circuitos de iluminación en los que el tipo de lámpara o la carga harían inviable el empleo de los conocidos como interruptores de efecto.

Otro ejemplo es el de los caños de material aislante, tanto sean lisos o corrugados. La RAEA sólo permite (y en determinadas condiciones de instalación) a los caños aislantes siempre que respondan a la norma de producto (IEC 61386, IEC 60614 o IRAM 62386) y estén certificados pero que además **CUMPLAN CON LA CONDICIÓN DE SER AUTOEXTINGUIBLES o NO PROPAGANTES DE LA LLAMA**, siendo esta una exigencia de la RAEA. Muchos de los caños corrugados que se venden en el mercado no cumplen con la condición de ser autoextinguibles o no propagantes de la llama (los hay de varios colores) siendo el caso más visible el de los caños corrugados color **NARANJA** que, por ser **PROPAGANTES DE LA LLAMA** están prohibidos en las instalaciones eléctricas por la RAEA.

Observación: es interesante ver como la dinámica normativa va cambiando los escenarios reglamentarios.

Durante la edición de la RAEA 90364 se disponía de tres normas vinculadas con los caños de uso eléctrico: IEC 61386, IEC 60614 e IRAM 62386. Cualquiera de las tres normas podía ser empleada para la certificación de los caños .

Pero en el año 2008 IEC dio de baja la 60614 y ahora todo fabricante que requiera certificar caños lo debe hacer con las normas IEC 61386 o IRAM 62386.

Un último ejemplo de los muchos que podríamos describir es el conductor aislado color Verde y Amarillo que puede estar certificado por la norma de conductores pero no está permitida su utilización como conductor de línea o de neutro.

El Ingeniero Galicia agradece la colaboración en este trabajo del Ingeniero Carlos A. García del Corro.