

LOS PROFESIONALES Y LOS ERRORES MÁS PREOCUPANTES EN LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Por el Ing. Carlos A. Galizia

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

Nuestro país atrasa más de 40 años en la calidad de las instalaciones eléctricas.

Entre otras anomalías se siguen empleando materiales prohibidos, materiales no normalizados, materiales no certificados y se construyen instalaciones eléctricas con graves errores reglamentarios.

¿Porqué en nuestro país ocurren estas cosas cuando tenemos las herramientas para ejecutar muy buenas instalaciones eléctricas?

Probablemente una de las principales razones sea la falta de actualización de los actores del mercado eléctrico: programas educativos muy atrasados, falta de capacitación docente tanto en el ámbito universitario como en el de las escuelas técnicas, enorme demora en la actualización de la Reglamentación AEA del año 1987, falta de difusión de la Reglamentación de la AEA actual que es del 2006 y reemplazó a la de 1987, desconocimiento de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, falta de controles y probablemente falta de vocación y voluntad de capacitación del conjunto de instaladores eléctricos (idóneos y técnicos e ingenieros de la especialidad).

Uno de los temas donde más se manifiesta este atraso y desconocimiento es en el tema de las instalaciones de puesta a tierra y de su asociación con la protección contra los choques eléctricos, que termina siendo uno de los eslabones más débiles de la cadena.

Esta falencia se observa en casi todos los ámbitos de las instalaciones eléctricas. Tanto dentro de los instaladores idóneos, como dentro del ambiente de los profesionales (técnicos e ingenieros) incluyendo a los especialistas en higiene y seguridad.

Y este desconocimiento no sólo se manifiesta en la ejecución de las instalaciones y de los proyectos: también se observa un enorme desconocimiento en el ámbito normativo.

Ya en 1999 el autor de estas líneas había publicado en una importante revista del medio eléctrico un artículo que planteaba varios de estos temas y 15 años después se sigue desconociendo esta cuestión.

¿Cómo se puede entender que habiendo transcurrido más de 8 años desde la publicación de la **Reglamentación Para la Ejecución de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364 (RAEA) del 2006** donde se dice claramente que las instalaciones de puesta a tierra deben responder a dicho Reglamento, en muchos ámbitos se pretende aplicar las normas IRAM de puesta a tierra 2281, desconociendo que la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo 19587 en sus cuatro decretos reglamentarios indica claramente que en LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS debe aplicarse la Reglamentación AEA lo cual **hace obligatoria la aplicación de la RAEA y las instalaciones de puesta a tierra son instalaciones eléctricas y por ello están contenidas y prescriptas en la RAEA.**

De esta forma y tal como están planteadas las cosas al día de hoy, intentar aplicar las normas **IRAM 2281** de puesta a tierra, en proyectos, especificaciones o instalaciones eléctricas **VIOLA LA LEY**. En las instalaciones eléctricas la participación que tiene **IRAM** es en la normalización de algunos materiales y en algunas normas de "concepto" (debiendo estar desarrollada alguna de estas últimas con la colaboración de la AEA). En las instalaciones de puesta a tierra en particular la participación de **IRAM** se debe circunscribir a los materiales, por ejemplo el electrodo IRAM 2309 con sus accesorios, indicado en la **RAEA** como uno de los productos adecuados como "jabalina", o el conductor aislado verde-amarillo IRAM NM 247-3 como conductor de protección, como conductor de equipotencialidad y como conductor de tierra (cosas diferentes) o el conductor desnudo según Norma IRAM 2004 o IRAM NM 280 Clase 2 para las mismas aplicaciones en ciertas instalaciones (bandejas o enterrados).

Volviendo al comienzo, ¿cuáles son los puntos principales en los que tambalean los profesionales electricistas (instaladores en general) argentinos?

Quizás el principal problema con que tropiezan es que, como dije, desconocen la existencia de la RAEA 90364 y su aplicación obligatoria según la Ley 19587 y sus Decretos Reglamentarios.

Por lo tanto también desconocen entre otras cuestiones, la estructura del Reglamento y su forma de aplicación. Todavía muchos preguntan cuándo existirá un Reglamento para instalaciones eléctricas industriales, pese a que se ha dicho hasta el cansancio en decenas de foros, cursos, seminarios, que tal reglamento no existe en ningún lugar del mundo. ¿O tendremos que hacer un reglamento para la industria farmacéutica, otro para la industria plástica, otro para la metalmecánica, otro para la industria textil, etc., etc., etc.? **IMPOSIBLE.**

Al no conocer la **RAEA**, se desconocen los esquemas de conexión a tierra (**ECT**), se desconoce como dimensionar los conductores de puesta a tierra, los conductores de protección, los conductores de equipotencialidad, la barra de tierra de los tableros, etc.

Al no conocer con claridad los **ECT** no se conoce el orden de magnitud de las corrientes provocadas por una falla de aislación (llamadas corrientes de falla por las normas IEC y por la RAEA), algunas de las cuales son **CORRIENTES DE FALLA A TIERRA (ECT TT)** y otras son **CORRIENTES DE FALLA QUE NO CIRCULAN POR LA TIERRA (ECT TN-S)**. Tampoco se conoce adecuadamente como participan los electrodos de puesta a tierra en esas corrientes.

Y cuando se pregunta qué valor deben tener las resistencias de puesta a tierra se desconoce lo que indica la **RAEA**: lo primero que se visualiza es que no se consulta de que **ECT** se habla y se sigue pensando en 3 Ω , en 5 Ω , en 10 Ω , etc. desconociendo que la **RAEA** permite, en el **ECT TT**, disponer como máximo una resistencia de **pat** de protección de 40 Ω si se emplea un dispositivo diferencial de cómo máximo 300 mA; lo segundo es que al no conocer en que **ECT** se está trabajando, se le exige a todas las tierras la misma resistencia. **GRAVE ERROR.**

Pero para que los instaladores no crean que son los únicos en el “equipo” de los que desconocen (poco o mucho) este tema, hay que decir que también forman parte del mismo “equipo” muchas distribuidoras de energía, muchas cooperativas eléctricas, entes reguladores y municipios.

Si la protección diferencial fuera de mayor valor (con personal BA4 o BA5) la resistencia de puesta a tierra de protección deberá ser proporcionalmente de menor valor, por supuesto siempre hablando del **ECT TT**.

Y si el **ECT** es **TN-S** ¿qué responde el mercado?. Como en general nuestro enorme universo de instaladores no distingue los diferentes ECT responden los mismos valores mencionados antes, desconociendo que en el **ECT TN-S** la corriente de falla en la instalación de BT (aguas abajo del transformador) es mucho mayor que en el **TT** ya que no circula ni por la tierra ni por la **resistencia de pat de servicio** (del neutro).

Vinculado con lo anterior, otra de las preguntas que se suele realizar es ¿todas las corrientes de falla (de aislación) son corrientes de falla a tierra? La respuesta que se recibe en general es que Sí, que todas las corrientes de falla circulan por la tierra, **Y ESO ES INCORRECTO.** En el caso particular del **ECT TT** la corriente de falla circula por la tierra por lo tanto en estos casos podemos hablar **DE CORRIENTE DE FALLA A TIERRA.**

En cambio en el **ECT TN-S** la corriente de falla **NO ES UNA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA** ya que no circula por tierra: es una corriente que circula totalmente por conductores metálicos. Podemos decir que es una corriente de falla que circula por el conductor de protección **PE PUESTO A TIERRA**, pero sin circular por tierra.

Cuando se pregunta qué corriente de falla a tierra es esperable en una vivienda (que debe operar en **ECT TT**), la respuesta es “**el silencio**”; y cuando se indica que esa corriente de falla puede variar en general entre 5 y 40 A, siendo 20 A un valor típico, la respuesta es **una sorpresa mayúscula.**

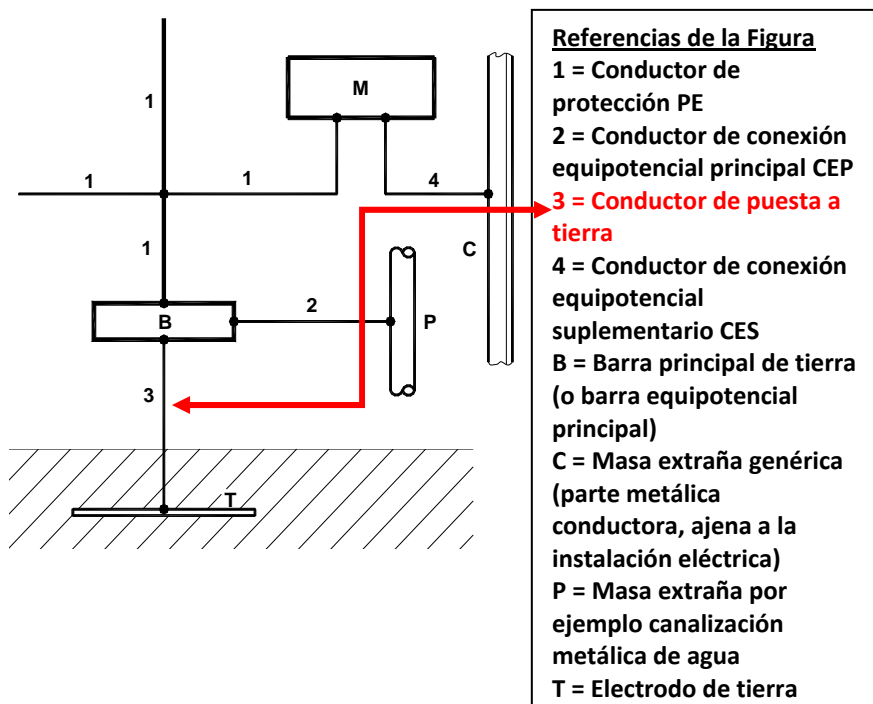
La misma pregunta realizada para un **ECT TN-S** tampoco es respondida y aquí la respuesta correcta está dependiendo de varios parámetros eléctricos **PERO NO DE LA RESISTENCIA DE PAT DE SERVICIO (DEL NEUTRO)** ¿de qué parámetros? De la impedancia (potencia) del transformador, de la impedancia (sección, material y longitud) del conductor de línea, de la impedancia (sección, material y longitud) del conductor de protección y de la separación entre el **PE** y el conductor de línea que corresponde a la falla (lo recomendado es que en el **ECT TN-S** el conductor **PE** vaya integrado al cable multipolar o lo más cercano que se pueda con relación a los cables/conductores de línea, ya que así se disminuye su reactancia inductiva y se aumenta la corriente de falla, situación de mucha importancia cuando se protegen los contactos indirectos por dispositivos de protección contra sobrecorrientes y no por

protección diferencial). Lo que si podemos afirmar es que en instalaciones eléctricas de distribución en plantas industriales o complejos comerciales o de grandes oficinas que tomen en MT y que hayan adoptado el **ECT TN-S**, la corriente de falla en ese **ECT** es muchísimo mayor que en el **TT** (cientos o miles de Amperes en el **TN-S** contra algunas decenas de Amperes en el **TT**).

Otro tema que **ME ASUSTA Y ME PREOCUPA** es el hecho que se sigue pensando **erróneamente** que la protección contra los contactos indirectos se resuelve solamente con la puesta a tierra de las masas eléctricas, desconociendo que la conexión a tierra es necesaria (en general) pero no suficiente. Debe estar coordinada con un dispositivo de protección que detecte la corriente de falla e interrumpa el circuito en el que se produjo la falla de aislación (por ejemplo dispositivos diferenciales en el **ECT TT**). Esa es la razón por la que sostengo desde hace mucho tiempo que las instalaciones de **alumbrado público** son una de las **instalaciones más peligrosas** con las que convivimos a diario en casi todo el país: la mayoría de las columnas e instalaciones de alumbrado público asociadas trabajan en **TT** y **prácticamente ninguna tiene adecuada protección contra los contactos indirectos**. Esas columnas, en el mejor de los casos tienen puesta a tierra de protección (si es que no ha sido robado o cortado el conductor de puesta a tierra expuesto al vandalismo), y en general ninguna tiene protección diferencial ya que los municipios o las empresas de energía que atienden esas instalaciones suponen (**MAL**) que los fusibles incorporados en las columnas (fusibles tabaqueras, prohibidos o D01 o cilíndricos 38-10 gG) fundirán en los tiempos requeridos para la protección contra los contactos indirectos: **ERROR** ya que no se logran las corrientes de fusión para fundir en los tiempos máximos exigidos por la **RAEA**. Por ejemplo un fusible gG de 10 A requiere para fundir en 100 ms, 111 A valor prácticamente imposible de obtener en el **ECT TT**. Ante esta situación se puede afirmar que la mayor parte de las instalaciones de alumbrado público existentes, que trabajan en **ECT TT** no cumplen con las medidas de protección establecidas en la **RAEA** y ponen en situación de enorme peligro a los transeúntes.

Otro tema tabú para los profesionales es el dimensionamiento de los conductores de puesta a tierra y de los conductores de protección.

Cuando hablamos del conductor de puesta a tierra debemos saber que “es un conductor que proporciona un camino conductor, o parte de un camino conductor, entre un punto dado de una red, de una instalación o de un componente eléctrico y un electrodo de tierra o una red de electrodos de tierra”.



Y cuando se pregunta ¿la sección del conductor de puesta a tierra deberá ser igual a la sección del conductor de protección?, la respuesta no aparece o aparece pero en forma equivocada. La respuesta depende del **ECT** con el que se trabaje.

Si el **ECT** es **TT**, la **corriente de falla** (que es **corriente de falla a tierra**) que circula por el conductor de protección **PE** (y que es muy baja) **será la misma que circule por la tierra**, por el electrodo de puesta a tierra **y por el conductor de puesta a tierra**, por lo que **ambas secciones coincidirán (si bien para el conductor de puesta a tierra se exige una sección mínima superior a la del conductor de protección)**.

Si en cambio el **ECT** es **TN-S**, la **corriente de falla** (que **NO ES CORRIENTE DE FALLA A TIERRA**) que circula por el conductor de protección **PE** (y que **ES o PUEDE SER MUY ALTA**) **no circulará ni por la tierra, ni por el electrodo de puesta a tierra y ni por el conductor de puesta a tierra**, por lo que ambas secciones pueden no coincidir: la sección del **PE** debería ser mucho mayor que la sección del conductor de puesta a tierra salvo cuando analizamos la sección de ese conductor en función de la falla **MT/BT**.

Y cuando se pregunta ¿la sección del conductor de puesta a tierra (no del conductor de protección) debe ser la misma en el **ECT TT** que en el **ECT TN-S?**, **otra vez**, la respuesta o no se conoce o se conoce mal.

En principio la **RAEA** da dos mecanismos para el dimensionamiento de ese conductor: una opción es emplear una tabla, con la que no hace falta efectuar cálculo alguno, y otra opción una expresión en la que se compara la resistencia térmica soportada por el conductor (k^2S^2 en A^2s) con la energía específica utilizada por la protección para su operación (I^2t en A^2s).

La tabla es la siguiente

Secciones mínimas de los conductores de puesta a tierra y de protección

| Sección S de los conductores de línea de la instalación [mm^2] | Sección nominal del correspondiente conductor de protección PE " S_{PE} " [mm^2] y del conductor de puesta a tierra " S_{PAT} " [mm^2] | |
|--|--|---|
| | Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) es del mismo material que el conductor de línea | Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) no es del mismo material que el conductor de línea |
| $S \leq 16$ | S | $S \times k_1/k_2$ |
| $16 < S \leq 35$ | $16^{(a)}$ | $16 \times k_1/k_2$ |
| $S > 35$ | $S/2^{(a)}$ | $S/2 \times k_1/k_2$ |

Donde k_1 es el valor de k para el conductor de línea, seleccionado de la **RAEA** (Tabla 54.8 o Tabla 43.1), k_2 es el valor de k para el PE, elegido de las tablas 54.6 a 54.10, según corresponda; k es un factor cuyo valor depende de diferentes características físicas del material del conductor de protección y de las temperaturas inicial y final, dependiendo esta última del tipo de aislación

Y la expresión mencionada es

$$S \geq \frac{I \times \sqrt{t}}{k} \quad \text{o}$$

$$k^2 S^2 \geq I^2 t.$$

en la que el tiempo de interrupción tiene que estar comprendido entre 0,1 s y 5 s.

En el caso que se empleen protecciones limitadoras o que la duración de la falla no supere los cinco ciclos, el término I^2t de la segunda expresión no es separable y hay que trabajar con las curvas de energía específica de operación de la protección, que nos brindan los fabricantes.

La **RAEA** establece además en alguno de sus artículos que la sección del conductor de puesta a tierra **no deberá ser inferior a 4 mm²**.

Este valor **debería ser reconsiderado** por la **RAEA** ya que la Norma IEC fija actualmente un mínimo de 6 mm² en cobre para ese conductor o 50 mm² en acero (no se permite conductor de aluminio para esta aplicación). Otros países están exigiendo para ese conductor una sección mínima de entre 6 y 16 mm².

Pero cuando se avanza y se desea saber si los valores de la tabla pueden ser diferentes (menores) según que el **ECT** sea **TT** o **TN-S** aparecen nuevamente las dudas de los profesionales.

Ese tema lo aclara parcialmente la **RAEA**.

¿En qué se apoya este análisis de permitir menores secciones que las indicadas en la tabla anterior?. Se basa en analizar la magnitud de la probable **corriente de tierra**.

En el **ECT TT** las **corrientes de falla** que circulan por el conductor de protección, **son también corrientes a tierra que circulan por el conductor de puesta a tierra**. Esas corrientes son muy bajas, típicamente entre 15 y 30 A pudiendo en ciertos casos estar cerca de los 5 A o cerca de los 100 A (salvo casos excepcionales).

Por esa razón la **IEC** acepta para el **conductor de puesta a tierra** (en el caso del **ECT TT**) limitar su sección permitiendo que la misma no supere los 25 mm² de cobre. Este criterio podría ser adoptado en el futuro por la **RAEA**, si bien se puede llegar a la misma solución (o menor sección aún) empleando adecuadamente la expresión en la que se compara k^2S^2 del conductor de puesta a tierra con el I^2t que requiere la protección diferencial para su apertura.

En el caso de **ECT TN-S** en los que la corriente de falla de aislación de **BT** (falla de aislación en la instalación de **BT** aguas abajo del transformador) no circula por la tierra, (circula enteramente por conductores metálicos, de línea y de protección) la corriente por el electrodo de tierra es muy baja o prácticamente nula por lo que la **RAEA** indica que el conductor de puesta a tierra (no el de protección), podrá tener una sección no menor que la mitad de la del conductor de protección de mayor sección de la instalación, con un mínimo de 6 mm² en cobre, o 50 mm² en acero y un máximo de 25 mm² en cobre.

Pero cuando el conductor de puesta a tierra (de servicio) en el **ECT TN-S** es recorrido por una corriente de falla proveniente del primario del transformador **BT/BT** o **MT/BT** la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de esa corriente de falla (que puede ser muy alta) y del tiempo de actuación de la protección del primario del transformador.

¿Y la sección de los conductores de protección como se calcula o como se elige?

El conductor **PE** se dimensiona de forma similar al conductor de puesta a tierra.

Se lo elige de la tabla anterior o se calcula su sección empleando la expresión que compara la energía específica que requiere el dispositivo de protección para su operación con la energía térmica soportada por el conductor.

Pero como mínimo, la sección de **cualquier conductor de protección, que no forme parte del cable de alimentación deberá tener un valor de 2,5 mm² Cu o 16 mm² Al**, si es que los conductores de protección poseen una protección mecánica. Si los conductores de protección no poseen una protección mecánica la sección de **cualquier conductor de protección, que no forme parte del cable de alimentación deberá ser como mínimo de 4 mm² Cu o 16 mm² Al**.

Vale la pena destacar que la Norma **IEC** establece que en los casos de **ECT TT, y dadas las bajas corrientes de falla que en esos esquemas se presentan, pueden elegirse conductores de protección de una sección no superior a 25 mm² de cobre o 35 mm² de aluminio. Este criterio debería ser incorporado a la RAEA.**

Y ¿qué dice la **RAEA** con relación a la Sección de los Conductores Equipotenciales Principales?.

Indica que

$$S_{CEQP} \geq \frac{S_{PEMAYOR}}{2}$$

Es decir que la sección del Conductor Equipotencial Principal (CEQP) debe ser mayor o igual que la mitad de la sección del conductor de protección de mayor sección pero aceptando los siguientes límites

$$S_{min} = 6 \text{ mm}^2$$

$$S_{max} = 25 \text{ mm}^2$$

Por ejemplo, si la instalación estuviera recorrida por un conductor **PE** de 95 mm² de cobre, en principio se debería pensar (aplicando la última fórmula mostrada) que la S_{CEQP} debería ser de 50 mm² de Cobre (la mitad de la sección del **PE**), pero haciendo uso de la limitación permitida, la sección del S_{CEQP} podría ser de 25 mm². Aquí cabe preguntarse por qué razón la sección del $CEQP$ puede ser tan reducida frente a la del **PE**. Por un simple y sencillo argumento. El conductor $CEQP$ se instala para igualar potenciales (equipotencialidad) y por lo tanto no está previsto para que transporte corrientes de falla, como sí lo está el conductor **PE**.

Y en los tableros ¿cómo se dimensiona la barra que representa la barra de protección o barra **PE** del tablero?

En este punto la **RAEA** refleja lo que indica la norma de tableros 61439.

Allí se dan requisitos de dimensionamiento similares al dimensionamiento de los conductores de protección en las instalaciones.

Por un lado se ofrece una tabla desde la cual se puede seleccionar la sección de la barra **PE** a partir de la sección de las barras del tablero y por otro lado se ofrece una fórmula de cálculo igual a la mostrada anteriormente.

La tabla es la siguiente

Sección de la barra y conductores de protección (PE) en los tableros

| Sección de los conductores de línea en mm ² | Sección mínima de la barra/conductor PE en mm ² |
|--|--|
| S ≤ 16 | S |
| 16 < S ≤ 35 | 16 |
| 35 < S ≤ 400 | S/2 |
| 400 < S ≤ 800 | 200 |
| 800 < S | S/4 |

La fórmula para calcular la sección de los conductores/barras de protección, en los tableros, necesaria para soportar las solicitaciones térmicas ocasionadas por las corrientes de falla de corta duración del orden de 0,2 a 5 s., es la siguiente

$$S_p \geq \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Un último tema: **los requerimientos mal efectuados por las empresas y mal solicitados por los especialistas de higiene y seguridad en lo relacionado con las mediciones de puesta a tierra.**

¿Para qué se piden esas mediciones? Supuestamente, como se dijo antes, se piden suponiendo (**MAL**), que una vez que se mide y se comprueba que cumple con **los valores requeridos por la RAEA, esa instalación es segura frente a los contactos indirectos. Grave error.**

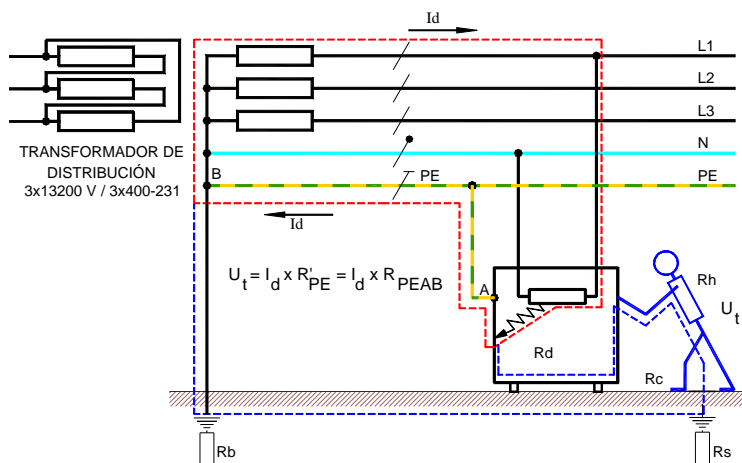
Lo primero que se debe preguntar es si la instalación trabaja en **TT** o en **TN-S**, situación que no siempre se conoce en el ámbito industrial. En el ámbito doméstico o de personas **BA1**, debería ser **TT**.

Si la instalación tiene transformador propio y el **ECT** es **TN-S** esa instalación tendrá una puesta a tierra de servicio o de neutro y quizás algunas puestas a tierras dispersas, la gran mayoría de las veces innecesarias, que se han conectado a alguno de los conductores de protección del **ECT TN-S** en diferentes lugares y en otra cantidad de veces erróneas porque no se han equipotencializado con la instalación de tierra principal (en esos casos funcionan como **TT** y no se han previsto protecciones diferenciales). De no vincular esas tierras dispersas a un conductor de protección de la red de conductores **PE** se estaría generando una instalación de enorme riesgo por no ser equipotencial, estando eso prohibido por la **RAEA** (por esa misma razón la **RAEA** exige que la puesta a tierra de protección contra descargas atmosféricas se la vincule con la barra de tierra de la instalación de potencia, obteniendo de esa forma equipotencialidad entre las tierras y entre las masas).

En el caso del **TN-S**, las puestas a tierras mencionadas ¿cómo participan en la tensión de contacto presunta (que deberá ser menor o igual a **24 V CA**) que se presenta en una masa eléctrica cuando existe una falla de aislación?

Esas puestas a tierra no participan de ninguna forma en el circuito de falla porque estamos en **TN-S**. Por esa razón las mediciones de las **Rpat** mencionadas carecen de importancia para este tipo de situaciones. Sin embargo, muchos profesionales completan sus planillas de mediciones colocando al lado del valor medido las frases "Cumple" o "no cumple", sin indicar con que valor debe cumplir o muchas veces colocando el valor requerido para el **TT**, sin reparar que esos valores no tienen nada que ver con las **Rpat** en los **ECT TN-S**.

En el siguiente gráfico se visualiza una instalación con **ECT TN-S** en la que se muestra el recorrido de la corriente de falla I_d (circuito de falla o lazo de falla) que como se aprecia no circula por la R_b . ¿Y que debe medir y/o verificar entonces el profesional en estos casos?.



Cualquiera sea el **ECT**, lo que realmente importa en nuestro país es que la tensión de contacto presunta U_t no supere los **24 V** (en el resto del mundo se exige no superar los **50 V CA o 120 V DC** en ambientes secos o húmedos normales y los **25 V CA o 60 V DC en ambientes mojados**).


Por esa razón en muchos países no se exige un valor para la resistencia de puesta a tierra, sino que se exige no superar la tensión de contacto presunta.

Si se midiera la tensión de contacto sería innecesario pensar en medir las resistencias de puesta a tierra (en el **TT**) o la corriente de falla y la resistencia del conductor PE en el tramo A-B del gráfico adyacente en el **ECT TN-S**.

La tensión de contacto U_t en el **ECT TN-S** es el producto de la corriente de falla I_d por la resistencia o impedancia del tramo que recorre la corriente de falla desde la masa hasta la barra de protección del tablero principal:

$$U_t = I_d \times R_{PEAB}$$

Si no se mide la tensión de contacto hay que cumplir con lo siguiente en el **ECT TN-S**:

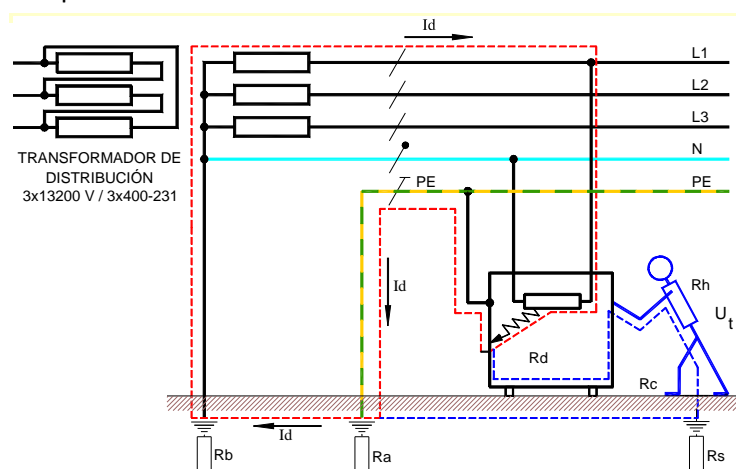
1º) se debe verificar en cada masa eléctrica que en la misma esté conectado el conductor PE de protección al borne marcado con el símbolo PE o con el símbolo .

2º) se debe verificar la continuidad de ese conductor PE que llega a la masa, con la barra de tierra del tablero principal.

3º) se debe verificar si ese circuito posee protección diferencial para proteger los contactos indirectos. Si fuera así basta con comprobar el correcto funcionamiento de esa protección diferencial. Si el circuito en cuestión no posee protección diferencial para proteger los contactos indirectos, como lo permite la RAEA para los TN-S, se debe verificar lo indicado en el punto 4º siguiente.

4º) si no existe protección diferencial para proteger el contacto indirecto, se estará dependiendo de la operación del dispositivo de protección contra sobre corrientes que protege al circuito: del disparo por cortocircuito del interruptor automático (IA) o de la fusión del fusible (FUS). En esta situación el profesional debe medir la corriente de falla en el punto A del gráfico anterior.

5º) se debe verificar el ajuste del disparo por cortocircuito del IA o el calibre del FUS. En el caso de ser un IA deberá analizar si la corriente de falla medida es superior a la corriente ajustada en el IA teniendo en cuenta la tolerancia establecida en la norma correspondiente, con lo cual se garantiza el disparo y la apertura del circuito. Si fuera un fusible se deberá ingresar con la corriente de falla medida a la curva de fusión del fusible (curva normalizada) y comprobar si con el valor medido el fusible funde dentro de los tiempos establecidos por la RAEA.



Cuando la instalación trabaja en TT (la mayor parte de las instalaciones trabaja en TT) la situación cambia.

En este ECT la corriente de falla circula por la puesta a tierra de protección Ra (que es la que se mide normalmente) y por la Rb (que sería la del neutro del transformador, en general de la distribuidora).


La tensión de contacto U_t en el ECT TT es el producto de la corriente de falla I_d por la Ra:

$$U_t = I_d \times R_a$$

En estos casos ¿qué se debe verificar/medir?

Si no se mide la tensión de contacto hay que cumplir con lo que se indica a continuación para el ECT TT.

Parte de las verificaciones que se han indicado para el TN-S se deben realizar para el TT, o sea:

1º) se debe verificar en cada masa eléctrica que en la misma esté conectado el conductor PE de protección al borne marcado con el símbolo PE o con el símbolo .

2º) se debe verificar la continuidad de ese conductor PE que llega a la masa, con la barra de tierra del tablero principal.

3º) se debe medir por alguno de los métodos indicados en la RAEA la resistencia de protección R_a . La RAEA da varias opciones de las cuales las dos más recomendables son:

- La medición con telurímetro (cuya medición indica en forma directa el valor de R_a) y
- La medición del lazo de falla (cuya medición indica la suma de $R_a + R_b$) que mide en exceso pero se pone del lado de la seguridad. Lamentablemente esta medición es desconocida para la mayor parte de los profesionales y por ello pocas veces aceptada, situación con la que debemos luchar muy a menudo hasta tanto quienes se dedican a recibir estos informes se capaciten y entiendan de que se trata.

4º) se debe verificar si **TODOS LOS CIRCUITOS** de la instalación (seccionales y terminales) poseen protección diferencial y se debe verificar además si el mayor ajuste de $I_{\Delta n}$ es compatible con la R_a (resistencia de puesta a tierra de protección) medida de forma tal que se compruebe que el producto $I_{\Delta n} \times R_a \leq 12 \text{ V}$.

6º) se debe verificar la ausencia de electrodos de pat dispersos por la planta y no interconectados con el sistema principal de tierra. De encontrar electrodos de pat dispersos se debe verificar que todos estén conectados a la misma

instalación principal de tierra (**413.1.5.1 de la RAEA**). De no estar conectados al sistema principal de tierra estamos frente a un serio riesgo por falta de equipotencialidad y por las posibilidades de pérdida de sensibilidad de los diferenciales ante determinadas fallas. Eso se debe informar como un **INCUMPLIMIENTO MUY CRÍTICO**.

5°) se deben ensayar todos los dispositivos diferenciales para garantizar que cumplen con su norma (en corrientes de actuación y de no actuación y en los tiempos de disparo) y que por ende pueden proteger los contactos indirectos (si están coordinados con la instalación de puesta a tierra y con los conductores **PE**).

Una última verificación que hay que efectuar, tanto para los **ECT TT** como para los **TN-S**, y que en general tampoco se realiza, es comprobar que todas las masas extrañas (o sea masas no eléctricas) estén también conectadas a la barra principal de tierra mediante conductores de equipotencialidad. Algunas de esas masas extrañas son, caños metálicos de agua, vapor, aire comprimido, conductos de aire acondicionado, estructuras metálicas de la construcción, armaduras del hormigón armado, bandejas portacables metálicas, etc.

Ahora surge la siguiente pregunta sea para el **ECT TT**, sea para el **ECT TN-S**: **¿CUÁNTOS PROFESIONALES DE NUESTRO MERCADO REALIZAN ESTAS MEDICIONES Y VERIFICACIONES? MI RESPUESTA ES QUE PRÁCTICAMENTE NINGUNO, O SI DEBO DAR UN NÚMERO DIRÍA QUE MENOS DEL 1% DE LOS ESPECIALISTAS LO HACE, CON LO CUAL EL RESTANTE 99% NO CUMPLE CON SU RESPONSABILIDAD PROFESIONAL** y por los actos mal realizados pueden ser acusados de **MALA PRAXIS** (¿o cómo se llama eso: negligencia, omisión, engaño, mentira, estafa?. **Que el lector saque sus conclusiones.**

Y hay algo todavía más penoso. Algunas empresas contratan a Universidades para esas tareas, las que son realizadas por las áreas de Servicios a Terceros de las mismas y los ingenieros de la Universidad que las llevan a cabo incurren en el mismo tipo de errores, con lo cual la responsabilidad en estos casos es de la Universidad.

Muchos de los profesionales que se ocupan de estas tareas de medición de la resistencia de puesta a tierra dirán en su defensa o descargo, que ellos cumplen con lo solicitado por el cliente pero no se dan cuenta que están violando o incumpliendo su responsabilidad profesional al no informar a su cliente de los faltantes o errores en su solicitud (¿y qué es eso si no es Mala Praxis?) ya que con la sola medición de la resistencia de puesta a tierra no se le da seguridad al personal contra los contactos indirectos.

El incumplimiento de esta tarea profesional en la que mediciones y verificaciones mal realizadas o no realizadas ponen en peligro la seguridad de las personas es equivalente al incumplimiento del Juramento Hipocrático que realiza un doctor en medicina.

A partir de estos comentarios muchos se preguntarán qué papel juegan los Consejos y Colegios Profesionales de Ingeniería y los Colegios de Técnicos?

Algunas de sus atribuciones son:

- Velar por el cumplimiento de la ley.
- Organizar y llevar las matrículas.
- Estudiar el alcance de los títulos.
- Emitir dictámenes sobre el ejercicio profesional y la aplicación del arancel.
- Actuar como árbitro o amigable componedor a pedido de parte, en cuestiones relativas al arancel.

Dentro de los muchos roles que le caben **quizás el de la capacitación no está en primer lugar.**

Sin embargo algunas de esas instituciones han detectado las falencias formativas en sus matriculados y llevan adelante tareas de capacitación específica en el tema instalaciones eléctricas y seguridad eléctrica.

Algunos de los Consejos y Colegios Profesionales que han visto esta necesidad y donde el autor de estas líneas ha tenido la posibilidad de capacitar a sus profesionales de la especialidad y de Higiene y Seguridad son los de diversos Colegios de Técnicos de la Provincia de Buenos Aires (La Matanza, Bahía Blanca, La Plata, Mar del Plata, entre otros) y Consejos y Colegios de Ingeniería como los de Provincia de Bs.As. en su Delegación de Mar del Plata, de Jujuy, de Misiones, de Córdoba, y fundamentalmente el de Entre Ríos (CIEER, Colegio de Ingenieros Especialistas de Entre Ríos), y el de Salta (COPAIPA, Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines de Salta). Sería deseable que otros Consejos y Colegios Profesionales de Ingenieros y Técnicos tomen la misma iniciativa. **Sus matriculados se lo agradecerán.**

Hay otros temas en los que también aparecen más sombras que luces: las llamadas puestas a tierra funcionales, las puestas a tierra de protección contra descargas atmosféricas, las tierras separadas y sus problemas con los diferenciales.

De estos temas me ocuparé en el futuro.