

# Boletín 19

TODO LO QUE  
DEBEMOS SABER  
SOBRE  
DPS.  
PROTECCIÓN  
CONTRA  
SOBREVOLTAJES

Boletín técnico N°19  
PARTE 2  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## Todo lo que debemos saber sobre DPS. Instalación de DPS. Protección contra sobrevoltajes.

### PARTE 2

Por:

**Ing. Gregor Rojas**  
GERENTE NACIONAL  
MERCADERO Y VENTAS  
División materiales eléctricos

#### 1. Generalidades.

Para comprender el tema de LOS SOBREVOLTAJES y DPS, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 18 PARTE 1 donde partimos desde principios básicos sobre esta materia, recuerden que si el sistema está correctamente protegido la expectativa de vida de los equipos será mayor.

En instalaciones eléctricas la resistencia de aislamiento es determinante en lo que respecta a protección de s personas, instalaciones y seguridad contra incendios. Sin una resistencia de aislamiento suficiente:

- ✓ La protección en caso de contacto directo o indirecto no puede ser garantizada.
- ✓ Las corrientes de cortocircuito y derivación a tierra pueden ocasionar incendios, explosiones e incluso destrucción de la instalación.
- ✓ Los fallos en el funcionamiento de equipos eléctricos degeneran en peligro para personas, interrupciones de la producción o parada total de las instalaciones.
- ✓ Las corrientes de falla pueden ocasionar interrupciones del servicio.
- ✓ Existe riesgo para la vida de las personas y animales.

La resistencia de aislamiento en instalaciones de nueva construcción y en equipos operativos suele ser, por lo regular, muy buena.

Un deterioro de la resistencia de aislamiento puede ser motivado por distintas causas entre las que se encuentran:

- ✓ Eléctricas
- ✓ Mecánicas
- ✓ Entorno medioambiente
- ✓ Otras

Nos detendremos en las causas eléctricas las cuales a su vez pueden ser ocasionadas por:

- Sobretensiones permanentes
- Sobretensiones Transitorias
- Variaciones de la frecuencia
- Efectos de las descargas atmosféricas
- Sobrecorrientes
- Formas del voltaje.

Dependiendo de los esquemas de los sistemas de red, para cada caso se adoptarán diferentes medidas de protección. Para los equipos eléctricos es preciso efectuar pruebas regulares, cuyos intervalos de tiempo dependen del tipo de equipo y de su utilización.

Es importante recordar que las protecciones con DPS están conectadas a las fases sean monofásicas o trifásicas y por otra parte se conectan al neutro y a la tierra, de allí la necesidad de repasar los esquemas de distribución y sus variantes.

#### 2. Esquemas de distribución de energía eléctrica.

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de fallas (contactos indirectos) y contra sobrecorrientes, así como de las especificaciones de equipos encargados de estas funciones, será imprescindible tener en cuenta el esquema de distribución utilizado.

Los esquemas de conexión a tierra están definidos por la norma IEC 60364, estos esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado y de las masas de la instalación receptora por otro.

La denominación de los esquemas de distribución se efectúa mediante un código de letras, cada una con el significado siguiente:

##### Primera letra.

Referida a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

- T Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- I Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

##### Segunda letra.

Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

- T** Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la puesta a tierra de la alimentación.
- N** Masas conectadas directamente al punto de la puesta a tierra (en AC este punto normalmente es el neutro).

Otras letras: están referidas a la situación inherente del conductor neutro y del conductor de protección.

- S** Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.
- C** Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor PEN).

## 2.1. Sistemas de red.

Las redes eléctricas de baja tensión se diferencian según:

- El tipo de corriente que operan AC o DC
- El tipo y número de conductores activos del sistema.
- El tipo de puesta a tierra del sistema

La elección de la puesta a tierra adecuada es fundamental, ya que determina el comportamiento y las propiedades de la red e influye en aspectos de su utilización como los siguientes:

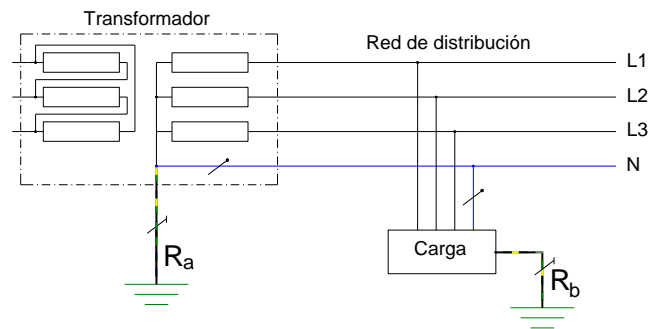
- Seguridad del suministro o disponibilidad de la energía eléctrica
- Complejidad de la instalación
- Mantenimiento
- Compatibilidad electromagnética

### 2.1.1. Sistema TT.

En los sistemas TT el punto neutro del transformador en su lado de bajo voltaje está conectado a una toma de puesta a tierra directamente. De igual forma, las masas de la instalación eléctrica están conectadas a tomas de puesta a tierra independientes eléctricamente de la toma de tierra para la puesta a tierra del sistema a través del conductor de protección PE.

Es el más empleado en la mayoría de instalaciones por poseer unas excelentes características de protección a las personas.

En este esquema como se puede apreciar en la figura 1 el neutro del transformador está conectado directamente a tierra de manera independiente a las masas metálicas de las cargas o receptores que a su vez están conectados a un punto de tierra independiente del transformador.



**Figura 1 Esquema de conexión TT**

En caso de una falla a masa, circula una corriente a través del terreno hasta el punto neutro del transformador, provocando una diferencia de corriente entre los conductores de fase y neutro, que al ser detectado por el interruptor diferencial provoca la desconexión automática de la alimentación.

$$V_{\text{falla}} = (R_t + R_{\text{cpe}}) * I_d$$

Mientras permanece la falla, el voltaje de falla es restringida por la toma de tierra del receptor a un valor igual a la resistencia de la puesta a tierra (conductor de protección + toma de tierra) por la intensidad de falla. Por tal motivo, para este sistema el empleo de interruptores diferenciales es imprescindible para asegurar voltajes de falla pequeños y disminuir el riesgo de incendio.

En este esquema las intensidades de falla entre fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, no obstante, pueden ser suficientes para provocar voltajes peligrosos.

### 2.1.2. Sistema TN.

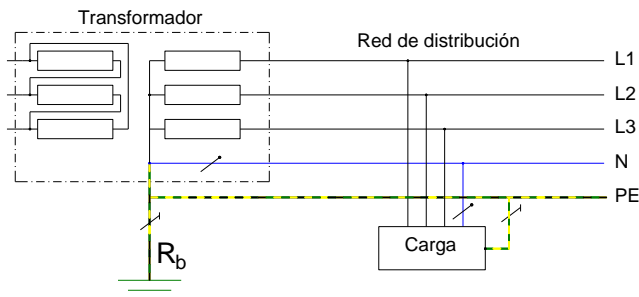
En los sistemas TN generalmente el punto neutro del transformador en su lado de bajo voltaje está conectado a una toma de puesta a tierra directamente.

Por otra parte, las masas de toda la instalación eléctrica están conectadas a este punto mediante conductores de protección denominados PE.

Podemos diferenciar tres tipos de sistemas TN en función de la asignación del conductor neutro N y del conductor de protección PE, los cuales son:

- Esquema TN-S:** Emplea un conductor de neutro N y otro de protección PE separados en todo el sistema de distribución. Ver figura 2.  
Recuerde, el uso de conductores PE y N independientes en un esquema TN-S de 5 hilos, es obligatorio para los

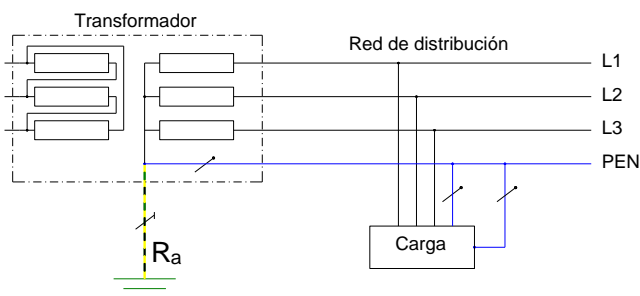
equipos portátiles con circuitos que tengan secciones transversales inferiores a 10 mm<sup>2</sup>.



**Figura 2. Esquema de conexión TN-S**

- ❑ **Esquema TN-C:** Bajo este esquema las funciones del conductor neutro N y del conductor de protección PE están combinadas en un solo conductor en todo el sistema de distribución, este conductor es denominado PEN. Ver figura 3.

Recuerde, en este sistema no se permite conductores de calibres menores a 10 mm<sup>2</sup> ni para equipos portátiles. De igual forma, el esquema TN-C requiere un entorno equipotencial eficaz en la instalación, con electrodos de tierra dispersos y separados a intervalos que sean lo más regulares posible, puesto que el conductor PEN es el conductor neutro y también conduce corrientes con desequilibrios de fases, así como corrientes armónicas de tercer orden. Por tal motivo, el conductor PEN debe conectarse a una serie de electrodos de tierra en la instalación.



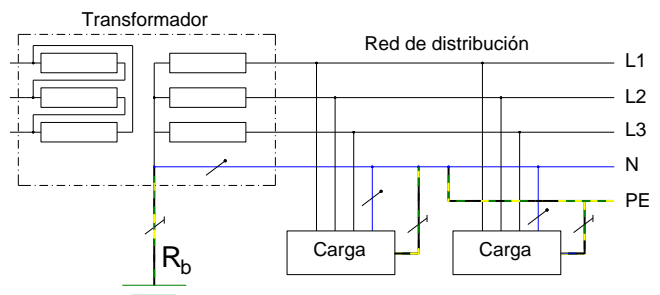
**Figura 3. Esquema de conexión TN-C**

Tenga siempre presente que como el conductor neutro también es el conductor de protección, cualquier corte o discontinuidad en el conductor representa un riesgo para personas y bienes.

- ❑ **Esquema TN-C-S:** En una parte del sistema, las funciones del conductor neutro N y del conductor de

protección PE están combinadas en un único conductor. Ver figura 4.

Recuerde, en el esquema TN-C-S, el esquema TN-C de 4 hilos nunca debe utilizarse aguas abajo del esquema TN-S de 5 hilos, esto debido a que cualquier interrupción accidental en el conductor neutro en la parte aguas arriba provocaría una interrupción en el conductor de protección en la parte aguas abajo, lo que representaría un eminente peligro.

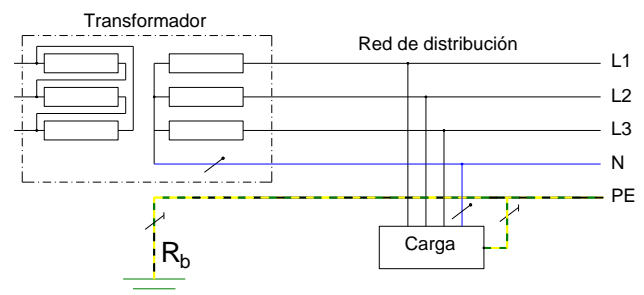


**Figura 4. Esquema de conexión TN-C-S**

En los esquemas TN cualquier intensidad de falla franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de falla está constituido por elementos conductores metálicos.

### 2.1.3. Sistema IT.

En los sistemas IT, el punto neutro del transformador en su lado de bajo voltaje no está conectado a una toma de puesta a tierra, es decir, todos los conductores activos están separados de tierra o un punto está puesto a tierra a través de una impedancia. Ver figura 5.



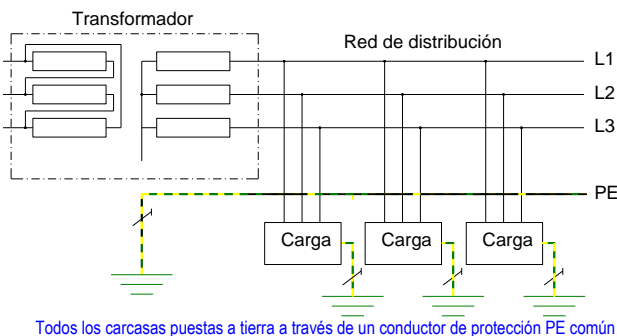
**Figura 5. Esquema de conexión IT**

Con lo anterior, se busca que en caso de falla de aislamiento, solo pueda circular una corriente de falla pequeña, originada principalmente por la capacidad de derivación de la red. Los fusibles conectados en serie no se disparan. Asimismo, se conserva el suministro de corriente incluso en caso de un contacto a tierra unipolar y directo.

Según la norma IEC 60364-4-441 en un sistema IT los usuarios pueden conectar las masas o carcargas de su instalación eléctrica a tierra como sigue:

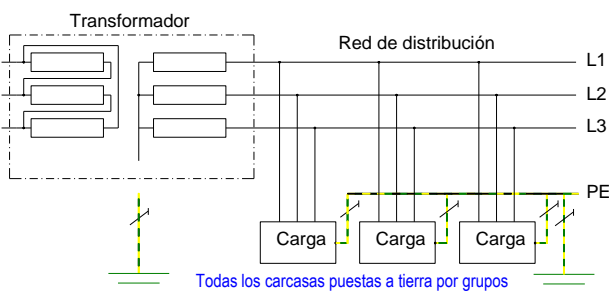
- Puestas a tierra de forma individual.
- Puestas a tierra de forma conjunta.
- Conectadas conjuntamente con la PAT del sistema.

En la figura 6 se puede observar la forma de conexión de las carcargas a tierra realizado de manera individual, es decir cada equipo está conectado a un punto de toma de tierra individualmente.



**Figura 6. Esquema de conexión IT con puestas a tierra de forma individual**

En la figura 7 se puede observar la forma de conexión de las carcargas a tierra realizado de forma conjunta, es decir, cada equipo está conectado a un conductor de protección que los agrupa a un punto de toma de tierra.

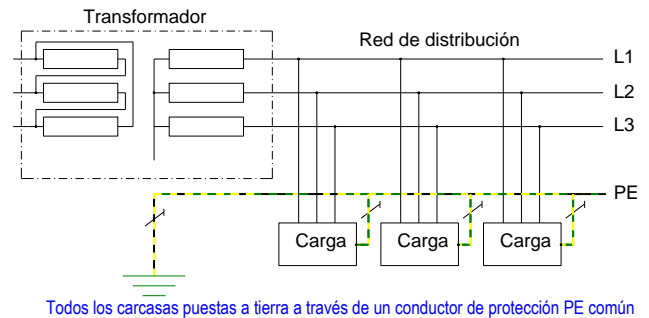


**Figura 7. Esquema de conexión IT con puestas a tierra por grupos**

Es importante resaltar que la conexión a tierra puede ser una combinación entre grupos e individuales, es decir, pueden haber conexiones de forma individual y de manera conjunta.

En la figura 8 se puede observar la forma de conexión de las carcargas a tierra realizado de manera que cada carcarga se

conecta conjuntamente al mismo conductor de protección PE del sistema, es decir, cada equipo está conectado al mismo punto de toma de tierra del sistema.



**Figura 8. Esquema de conexión IT con puestas a tierra a un conductor común del sistema**

El primer fallo de aislamiento no causa la actuación de un fusible ni de un interruptor de corriente debido a falla.

Un vigilante del aislamiento detecta un deterioro no admisible del aislamiento y la notifica. Los fallos de aislamiento deben corregirse de inmediato para evitar un segunda falla en otro conductor activo, que podría generar una falla de la red.

En este esquema la intensidad resultante de un primera falla fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de voltajes de contacto peligrosos.

### 3. Técnicas de instalación.

Finalizado el análisis de las características de construcción y funcionamiento de los DPS disponibles en el mercado y los distintos esquemas de distribución, pasaremos al análisis de las metodologías de la instalación, que juega un papel relevante en materia de protección de equipos, esto se debe a que una instalación mal hecha puede generar el daño de los propios DPS.

Comencemos analizando cómo y dónde se debe conectar el DPS, introduciendo el concepto de nivel de protección real  $Up/f$ . A este nivel de protección se le suma el  $Up$  del DPS, con la caída de voltaje en los extremos de los conductores de conexión del DPS.

Como podemos observar en la figura 9, la inductancia parasitaria de los conductores juega un papel fundamental, especialmente si la forma de onda de voltaje se caracteriza por una pendiente muy elevada.

Si conocemos la pendiente de la onda, podríamos calcular exactamente el valor de  $\Delta U$  con la siguiente ecuación:

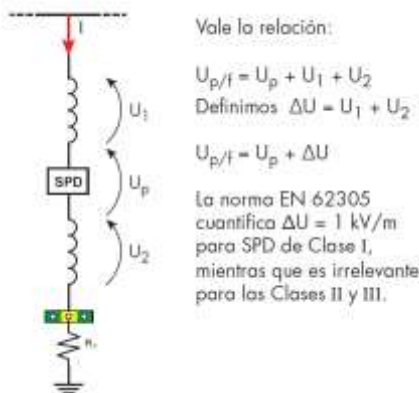
$$\Delta U = L \cdot di/dt$$

donde

L es la inductancia del cable

di/dt es la derivada de la corriente

Es importante resaltar, que la fórmula para el cálculo del valor de protección real que se indica arriba solo es válida para los DPS que utilizan varistor. De hecho, en este caso la caída  $\Delta U$  se produce simultáneamente a  $U_p$ . Si la caída no se produce simultáneamente como sucede con los descargadores de chispas, debemos elegir el valor mayor entre  $\Delta U$  y  $U_p$ . En este caso, la caída inductiva en las conexiones se produce solo después del cebado del descargador de chispas y no se debe sumar a  $U_p$ .



**Figura 9. Esquema de conexión IT**

De lo anterior podemos inferir que realizar conexiones muy largas, bien sea hacia el DPS o hacia el equipo que se quiere proteger, esto introduce valores de voltaje desconocidos y se suman al  $U_p$  del protector, modificando o anulando la capacidad de protección del DPS.

### 3.1. Longitudes para los cables de conexión.

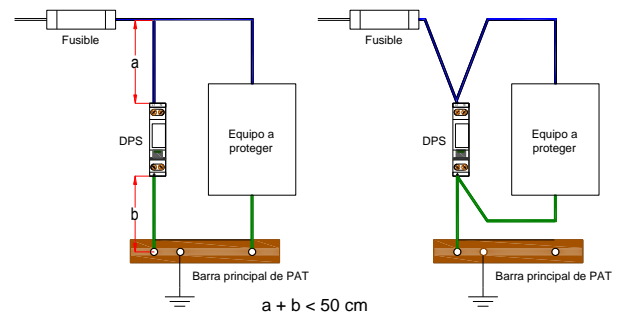
Los DPS combinados en serie, fabricados con varistores y descargadores de chispas, tienen su  $U_p$  proporcional a el mayor valor existente entre  $U_{pGDT}$  y  $U_{pVAR}$ . Si se realizan con 2 varistores en serie, el  $U_p$  total es la suma de los  $U_p$  de ambos varistores.

Para garantizar la protección necesaria por los DPS, a continuación se dan una serie de recomendaciones que se deben tomar en cuenta al momento de la instalación:

- ❑ El equipo a proteger debe estar conectado a la barra equipotencial a la que se conecta el DPS y no a cualquier otro punto de puesta a tierra existente en la edificación.
- ❑ La suma de las longitudes de los cables que entran y salen del DPS no podrán ser mayores a los 50 cm. Esta

recomendación está en la norma IEC 60364-5-53/A2. Esto vale para los DPS de Tipo 1 cuando son afectados por la limp (10/350  $\mu$ s). ver figura 10.

- ❑ Si las conexiones son mayores a 50 cm, se deberá efectuar la conexión entrada-salida en "V" que se recomienda en todo caso puesto que convierte en irrelevante la aportación  $\Delta U$ .
- ❑ En conexiones entrada-salida, los cables que entran y salen del DPS deben estar lo más separado posible o ser enrutados por conductos distintos.



**Figura 10. Longitudes recomendadas de conductores**

Según el tipo de conexión, en serie (V-shape) o paralelo (T-shape), hay que prestar atención a que se respeten la longitud y la sección mínima de los conductores que alimentan los DPS.

Los conductores de conexión del DPS deben ser rectilíneos y lo más cortos posible. Las secciones de los conductores de conexión entre el DPS y los conductores activos de la línea eléctrica son las mismas que se utilizan en la instalación eléctrica, en el punto de instalación del DPS.

Las secciones de los conductores de conexión hacia tierra deben tener secciones mínimas muy precisas, tal como se indica en la tabla 1 siguiente para conductores de cobre.

TABLA 1	
Sección recomendada para conductores de cobre	
DPS	Sección mínima en mm <sup>2</sup>
Clase I	6
Clase II	4
Clase III	1,5

### 3.2. Conexión a tierra de los dispositivos DPS

Para el correcto funcionamiento de los DPS será necesario que el conductor que une el dispositivo con la instalación de



tierra del edificio tenga una sección mínima de cobre, en toda su longitud, según la siguiente tabla 2:

TABLA 2 Sección recomendada para conductores de cobre que unen la instalación de tierra		
Tipo DPS	Sección mínima del conductor (mm <sup>2</sup> )	Conexión entre el DPS y
Tipo 1	16	el borne principal de tierra o punto de puesta a tierra del edificio.
Tipo 2	4	el borne de entrada de tierra de la instalación interior
Tipo 3	2,5 o lo especificado por el fabricante	un borne de tierra de la instalación interior

### 3.3. Coordinación energética de DPS.

Un sistema de DPS se obtiene conectando en sucesión al menos dos DPS coordinados energéticamente. Esto significa que la energía que deja pasar el primer DPS es compatible con la energía que es capaz de soportar el siguiente DPS.

La coordinación se efectúa separando adecuadamente los DPS, introduciendo una inductancia de valor adecuado. Tomando en cuenta las frecuencias que intervienen, los cables que integran la instalación eléctrica introducen inductancias. Las normas cuantifican 1  $\mu\text{H}/\text{m}$  significa que si separamos dos DPS unos 5 metros, introducimos entre ambos dispositivos una inductancia de 5  $\mu\text{H}$ .

El valor mínimo de la inductancia que se debe introducir o la longitud útil en metros de conductores para apartar los componentes, está indicada por cada fabricante. Con lo cual, dicho valor es el mínimo que se requiere para garantizar una distribución de sobrevoltajes en términos energéticos entre los DPS aguas arriba y aguas abajo. De esta manera, el DPS aguas arriba absorbe suficiente energía para que no se dañe al segundo DPS, ver el apéndice 4 de la norma IEC 62305 para mayores detalles.

Vamos a ilustrar un ejemplo, imaginemos que se necesita una protección contra sobrevoltajes en una edificación, para ello vamos a instalar en el tablero de distribución principal un DPS del tipo 1, luego colocamos en el tablero de distribución secundario aguas abajo, un DPS del tipo 2.

Tenga en cuenta que con un solo DPS en la entrada de la línea no se protegen todos los equipos. Esto solo reduce las

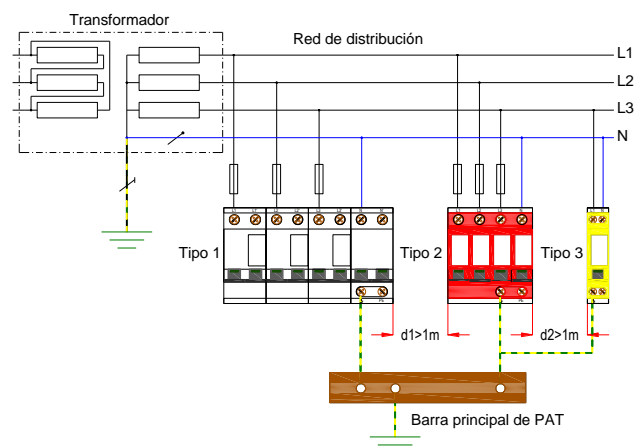
probabilidades que se celebren descargas peligrosas que puede derivar en incendios.

El DPS Clase I evita la muerte de las personas, pero no protege a los equipos. Para proteger a los equipos se deberá constituir un sistema de DPS. Para ello habrá que instalar otro DPS, en este caso Clase II más cerca de los equipos que se quieren proteger y adicionalmente, próximo a los equipos electrónicos sensibles y costosos tales como: computadores, TV, etc., se deberá instalar un DPS tipo 3.

En la figura 11 se representa un sistema de protección contra sobrevoltajes para un sistema esquema TT trifásico.

Como se puede apreciar en la figura 11 se utiliza un DPS de tipo 1 color blanco, luego a una distancia mínima de 5 m se instala otro DPS pero tipo 2 color rojo y en correspondencia con los dispositivos finales a una distancia mínima de 1 m con respecto al DPS tipo 2 colocamos un tercer DPS de tipo 3 color amarillo lo más próximo al equipo sensible que se quiere proteger, Los colores en la figura son para diferenciar no juegan ningún papel en su definición.

Los DPS de tipo 1 garantizan valores bajos de  $U_p$ , similares a los valores de los DPS de Tipo 2. Esto es posible gracias al uso de varistores de alta calidad.



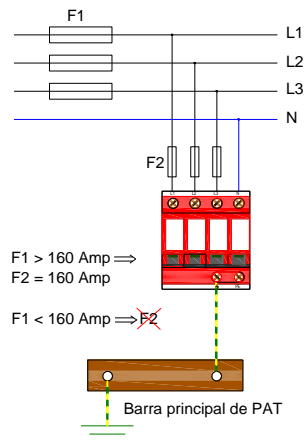
**Figura 11. Coordinación entre DPS tipo1, tipo 2 y tipo 3**

### 3.4. Fusibles previos.

Los fusibles previos a los DPS tienen la función de garantizar la resistencia a cortocircuito del propio DPS y la separación segura de la instalación en cualquier caso. En las hojas técnicas de estos dispositivos cada fabricante debe indicar los fusibles previos máximos admisibles para cada tipo de DPS.

Lo anterior es un dato exigido por la normas IEC 61643-11. Los DPS pueden instalarse con o sin fusibles de protección.

Para establecer cuándo instalar los fusibles, podemos hacer referencia a la figura 12.



**Figura 12. Fusibles previos al DPS**

Como se aprecia el fusible F1 representa el dispositivo de protección principal contra las sobrecorrientes del sistema, si este fusible F1 es mayor que el valor establecido por el fabricante del DPS como protección máxima de sobrecorriente, esto significa que el dispositivo está comprometido y se debe proteger con un fusible de capacidad de acuerdo a cada fabricante como sigue:

- DPS tipo 1+2 con fusibles < 315 Amp gG max
- DPS tipo 2 con fusibles < 125 Amp gG max
- DPS tipo 3 con fusibles < 25 Amp gG

Si empleamos fusibles con capacidades distintas a las que indica cada fabricante del DPS es contraproducente, debido a que esto determina una reducción de las características del DPS, en efecto, si tienen capacidades inferiores a las requeridas, los fusibles se funden con corrientes de rayo inferiores a las que se indican en la placa de características del DPS, reduciendo así sus prestaciones.

Lo anterior también se aplica cuando se utilizan otras protecciones como magnetotérmicos o interruptores diferenciales, pruebas de estos dispositivos con  $I_n$  de 25 A y 32 A, al pasar la sobrecorriente con forma de onda 8/20  $\mu$ s, los dispositivos actuaban abriendo sus contactos como si había una falla. No obstante, los valores registrados eran muy bajos, corrientes de 5 kA contra los 20 kA de corriente nominal del DPS. De todo esto se infiere, que introducir un interruptor de protección reduce las prestaciones del DPS, el cual, para este caso solo actuará adecuadamente con corrientes menores.

Esto significa que:

- Solo se limita una parte de la sobrecorriente.
- El DPS no se daña, pero se desconecta de la instalación hasta que un operador restablezca al interruptor.
- Las normas no los prohíbe, pero precisa que los diferenciales aumentan el Up/f y por consiguiente, reducen la distancia de protección y aumentan la fatiga de los aislantes.
- Los magnetotérmicos de diferentes fabricantes son muy distintos, lo que significa que no podemos establecer su comportamiento conjuntamente con el DPS.

Por lo anterior, se recomienda utilizar siempre fusibles, que no desmejoran de ninguna manera el valor de Up/f y su funcionamiento es típico independientemente del fabricante.

Para un DPS con descargador de chispas, es importante verificar que el valor nominal de interrupción de la corriente subsiguiente sea superior al valor de la corriente de cortocircuito en el punto de instalación.

Las protecciones de seguridad pueden instalarse de modo que se anteponga la protección o la continuidad de la alimentación del dispositivo a proteger. En este caso, el fusible protege tanto el DPS como el dispositivo que se quiere proteger. Si un fusible salta porque el DPS se ha dañado debido a una sobrecorriente elevada, se produce una parada del equipo.

En la prioridad de la alimentación los fusibles protegen solamente el DPS. En este caso, si interviene un fusible porque el DPS se dañó debido a una sobrecorriente elevada, el equipo sigue funcionando, es decir, no se suspende el servicio, sin embargo, el equipo ya no está protegido.

Un fusible de muy baja capacidad nominal puede fusionar por el propio paso de la energía del impulso transitorio. Si la capacidad nominal de los fusibles F1 de la instalación son superiores a 125 amp gL/gG, esto implica que será imprescindible instalar en la derivación y por delante del DPS otros fusibles que tengan un valor nominal menor o igual a 125 amp gL/gG.

De lo anterior, garantizaríamos la máxima capacidad de cortocircuito del DPS. Por supuesto, lo anterior será posible según el criterio de selectividad, instalaremos en el circuito del DPS el fusible más grande posible, en el ejemplo que nos ocupa es el de 125 amp gL/gG.



Si partimos de la base de aplicar el Nivel I de protección de la Norma IEC 62305, en un sistema trifásico más neutro, el DPS de tipo 1 descargador de corriente de rayo deberá derivar 100 kA de onda 10/350. Concretamente, el reparto equitativo entre los 4 conductores (tres fases y neutro) nos indica que cada polo derivará 25 kA.

Para el caso de aplicar el Nivel IV, serán 50 kA de onda 10/350 a repartirse entre los cuatro conductores, lo que equivale a 12,5 kA por cada polo.

Por lo antes expuesto, podemos inferir que el fusible previo mínimo deberá ser, al menos, de una capacidad nominal de 160 amp gL/gG. No obstante, lo recomendable es que sea de 250 amp gL/gG.

Cuanto mayor sea el fusible, más posibilidades tendremos de que no interfiera en la instalación y no afecte a la continuidad de servicio ni la del propio DPS. Tenga presente que un fusible demasiado pequeño puede fusionar o explotar.

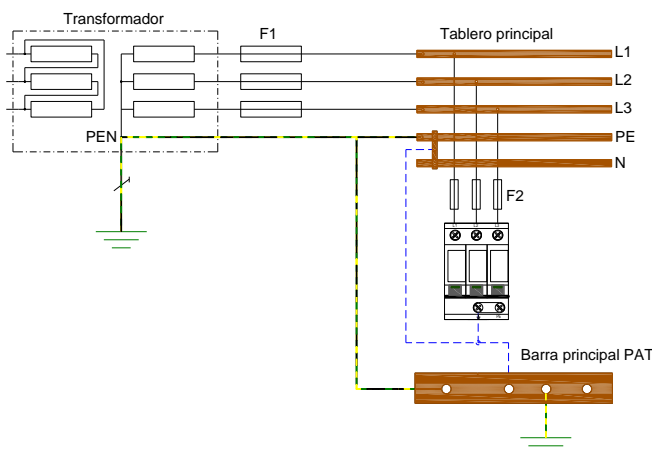
En el caso de un DPS Tipo 1, la resistencia a cortocircuito queda garantizada con un fusible de valor máximo 315 amp AgL/gG.

### 3.4. Instalación de DPS según esquema de distribución.

Analizaremos los métodos de instalación de los DPS en el sector industrial, asimilando en orden los esquemas de sistemas TN, TT y por último el sistema IT.

#### 3.4.1. Instalación de DPS en esquema TN.

Como habíamos visto al comienzo de este boletín, en el esquema TN el neutro del sistema se conecta directamente a la instalación de tierra.

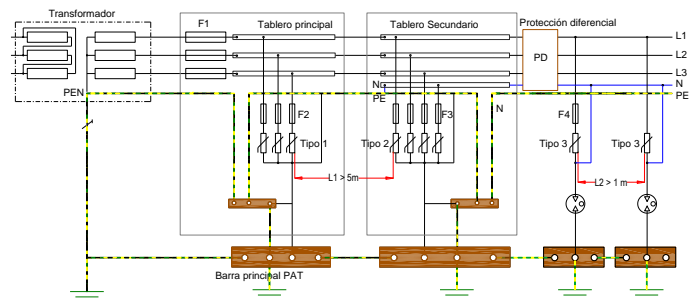


**Figura 13. Conexión tipo "A" de DPS en esquema TN**

Las masas o carcasas de los equipos se conectan al conductor de neutro directamente (TN-C) o mediante un conductor de protección PE (TN-S). Si el conductor de neutro sirve también como conductor de protección, este pasa a denominarse PEN, tal como se aprecia en la figura 13.

Haciendo referencia a la variante 2 de la norma IEC 64-8, la manera correcta de instalación de los DPS obliga a realizar la conexión de "Tipo A", la cual establece la instalación de los DPS entre los conductores activos y el conductor de protección principal PEN o bien entre los conductores activos y el colector principal de puesta a tierra. Entre estas dos formas se debe elegir a cual conectarse dependiendo de cuál de las dos recorridos de cableado es el más corto.

En correspondencia con el tablero secundario, un sistema TN-C podría convertirse en TN-S y como protección contra contactos indirectos se pueden emplear interruptores diferenciales, tal como se ilustra en la Figura 14.



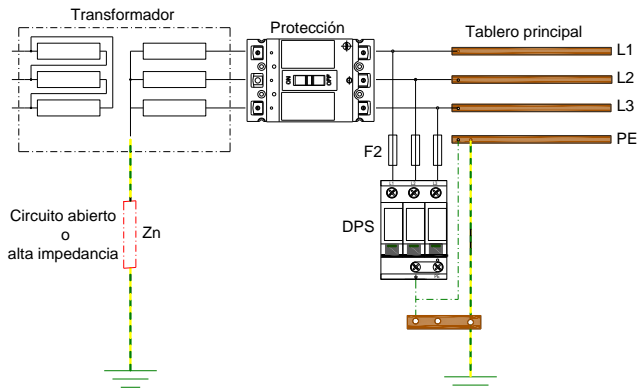
**Figura 14. Conexión tipo "A" con coordinación energética entre DPS**

En el tablero principal, aguas abajo de los dispositivos de protección de sobrecorriente (fusibles F2) se instala un DPS de Tipo 1 equipado de 3 varistores, mientras que en el tablero secundario previo a la protección diferencial se coloca un DPS del Tipo 2, equipado de 4 varistores para una separación entre estos DPS mayor o igual a 5 metros. Para completar la coordinación, a la salida del interruptor diferencial se podrán colocar DPS de Clase II con configuración 1+1, es decir, varistores más descargadores de gas, en los lugares más cercanos a la carga, distanciados entre ellos más de un metro, como se aprecia en la figura 14.

#### 3.4.2. Instalación de DPS en esquema IT.

Como habíamos visto al comienzo de este boletín, en el sistema IT, el neutro está aislado o conectado a tierra mediante una impedancia de alto valor, mientras que las masas o carcasas de los equipos están conectadas a una puesta a tierra específica. Este es un sistema muy empleado

donde se requiere continuidad de operaciones. Este tipo de instalación también requiere la realización de la conexión de "Tipo A" que ya hemos visto anteriormente.

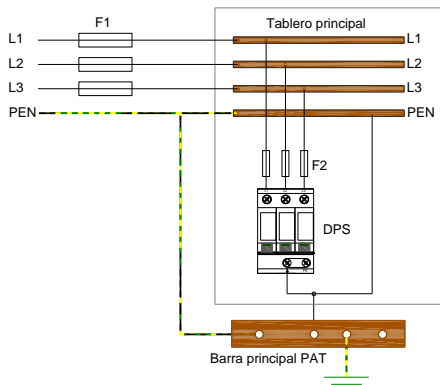


**Figura 15. Conexión tipo "A" de DPS en esquema IT**

Como habíamos comentado en el boletín anterior, el sistema IT se utiliza en condiciones particulares como, por ejemplo, en aquellas industrias en las que la producción no puede interrumpirse en ningún momento. Al primer fallo, tenga presente que un esquema IT se convierte en un esquema TT o TN, por lo que el sistema sigue funcionando para no interrumpir ningún proceso productivo o de operación.

Cuando se produce el primer fallo, el conductor PE asume el potencial de la fase defectuosa, pero esto no significa ningún problema debido a que el conductor PE y todas las partes que resultasen afectadas simultáneamente adquieren el mismo potencial con lo cual no puede haber diferencias de potencial peligrosas.

Cuando el esquema IT sea con neutro distribuido o no distribuido, se tendrán que seleccionar los DPS adecuados tomando en cuenta el voltaje que puede presentarse en caso de producirse un fallo en los DPS.



**Figura 16. Esquema IT con neutro NO distribuido**

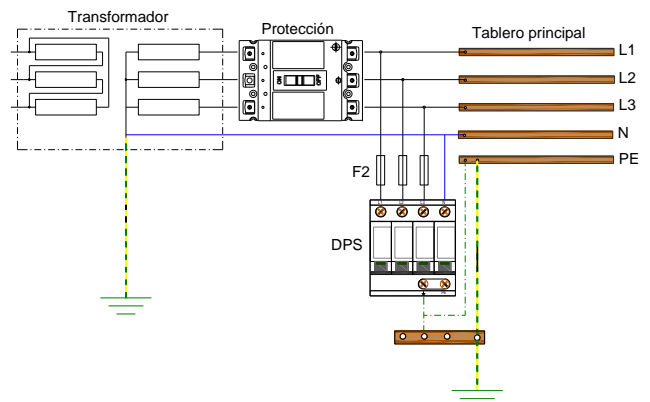
### 3.4.3. Instalación de DPS en esquema TT.

En el esquema TT como lo vimos en el boletín 1, el neutro se conecta directamente a tierra, mientras que las masas se conectan a un sistema de puesta a tierra local e independiente de la puesta a tierra del neutro.

Nuevamente como lo hicimos anteriormente haremos referencia a la Variante 2 de la norma IEC 64-8, De allí tenemos que en los esquemas TT los DPS pueden ser conectados a la red eléctrica siguiendo la conexión tipo "B" o en su defecto la tipo "C".

Como lo indica la norma IEC 64-8, la conexión tipo "B" establece que los DPS se deben conectar entre cada uno de los conductores activos y el conductor de protección principal, o en su defecto, si el recorrido es más corto, entre cada uno de los conductores activos y el colector principal del sistema de puesta a tierra, tal como se aprecia en la figura 17.

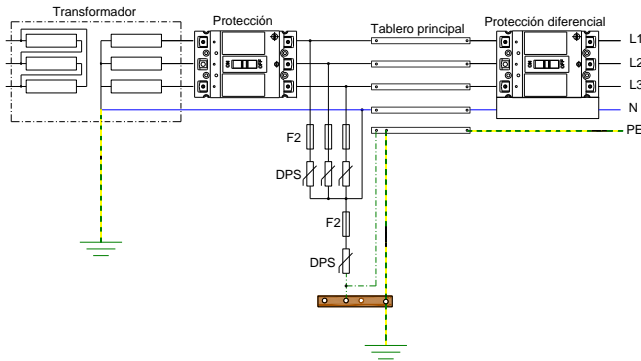
Es importante resaltar que en la conexión de tipo "B" los DPS se conectan a la salida de la protección diferencial, con lo cual de existir algún sobrevoltaje que pase por la protección diferencial antes de llegar al DPS. Esto podría traer como consecuencia que debido a las fatigas electromecánicas asociadas a las sobrecorrientes, una protección diferencial normal puede explotar o simplemente abrirse, con lo cual interrumpe el circuito.



**Figura 17. Conexión tipo "B" de DPS en esquema TT**

Los interruptores diferenciales del tipo S son sometidos a múltiples ensayos, entre ellos, a 10 impulsos de sobrevoltaje con forma de onda 8/20  $\mu$ s y amplitud de 3 kV, a fin de evitar la intervención inmediata y permitir que el DPS funcione correctamente. No obstante, lo anterior solo aplica para bajos valores de sobrevoltajes, debido a que de ser muy altos también pueden destruirse.

Como lo indica la norma IEC 64-8, la conexión tipo "C" establece que los DPS se deben conectar entre cada conductor de fase y el conductor neutro, así mismo, entre el conductor de neutro y el conductor de protección, o en su defecto, si el recorrido es menor, entre el conductor de neutro y el colector principal del sistema de puesta a tierra, tal como se aprecia en la figura 18.



**Figura 18. Conexión tipo "C" de DPS en esquema TT**

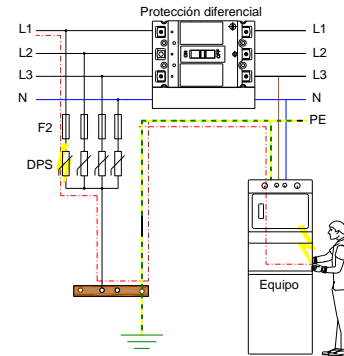
En función de lo antes visto, es de vital importancia instalar los DPS antes de la protección diferencial, como se puede indicar en la figura 18. Como se aprecia en la figura los DPS deben tener una configuración 3+1, es decir, conformados por varistores entre fase y neutro, más un GDT (Descargador de chispas de gas del inglés Gas Discharge Tube) entre neutro y el conductor PE del sistema de puesta a tierra.

Es muy importante respetar la configuración 3+1 de DPS, la cual está conformada por 3 varistores y un GDT, lo anterior se debe a que con DPS en configuración 4+0, la cual está conformada por 4 varistores, introduce un potencial peligroso en la instalación que debe ser tomado en cuenta.

Para ilustrar lo antes expuesto con un ejemplo, vamos a imaginar que hemos instalado en un esquema TT un DPS compuesto por 4 varistores conectados según la conexión de tipo B de la variante 2 de la norma IEC 64-8 previamente estudiada, esta conexión se realizara a la entrada de la protección diferencial y a este esquema se conecta un equipo operado por un usuario.

En la figura 19 referida a la conexión tipo "B" de DPS compuestos por 4 varistores en esquema TT, podemos apreciar el representativo del ejemplo que nos ocupa, en ella podemos observar que cuando se produce una falla de la fase L1 a tierra, al fallar el varistor que brinda protección en esa línea, una cierta cantidad de corriente es conducida a tierra, poniendo bajo voltaje las carcasas o masas de los equipos.

Como es de suponer, la protección diferencial ubicada aguas abajo de la falla no la percibe y no actúa abriendo el circuito. Bajo estas condiciones, todas las carcasas o masas de los equipos conectadas a la instalación del sistema de puesta a tierra estarán sometidas a una descarga de voltaje peligroso para las personas.

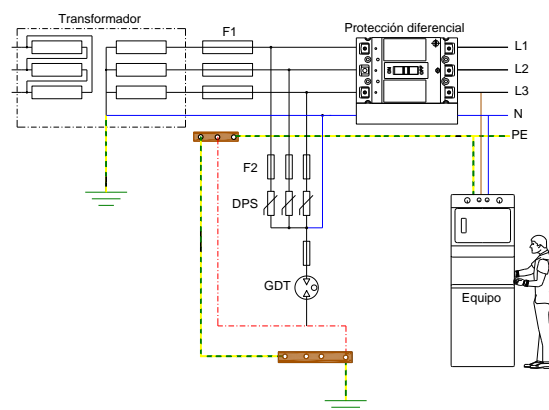


**Figura 19. Conexión tipo "B" de DPS compuestos por 4 varistores en esquema TT**

Para evitar el potencial peligro que vimos en el ejemplo anterior, se debe interponer un GDT entre neutro y tierra y de esta manera podemos subsanar este peligro.

En la figura 20 podemos apreciar cómo se resuelve el problema de seguridad que vimos en el ejemplo anterior, ahora imaginemos que disponemos de una configuración 3+1 de DPS, es decir tres varistores y un GDT. De igual forma, las carcasas o masas de los equipos están conectadas a la salida de la protección diferencial.

Como se puede ver claramente, las carcasas o masas no pueden ponerse bajo voltaje en caso de que fallase algún varistor que protege las líneas, esto gracias a que el GDT asegura una separación galvánica hacia tierra, con lo cual se garantiza la seguridad de las personas.



**Figura 20. Conexión de DPS compuestos por 3 varistores más un GDT en esquema TT**

Para las instalaciones de edificios que dispongan de sistemas de protección contra descargas atmosféricas, se debe utilizar la conexión de tipo C, no se deberá permitir la utilización de la conexión de tipo B.

Lo anterior se basa en que al producirse una descarga atmosférica y es conducida a tierra a través de los bajantes para tal fin, la instalación de tierra se pone bajo voltaje.

El DPS interviene encerrando el sobrevoltaje en la línea que tiene potencial 0.

### **Modos de protección de los DPS**

En síntesis podemos establecer que los DPS pueden conectarse de las formas previamente estudiadas, según las conexiones de tipo A, tipo B y tipo C.

Se realiza un compendio en la siguiente tabla basada en la variante 2 de la norma IEC 64-8.

DPS conectados entre cada conductor de:	Configuraciones en el esquema en el punto de instalación del DPS		
	Conexión tipo A	Conexión tipo B	Conexión tipo C
Fase y el neutro	No aplica	No aplica	Requerido
Fase y el PE	No aplica	Requerido	No aplica
Neutro y el PE	No aplica	Requerido	Requerido
Fase y el PEN	Requerido	No aplica	No aplica
Fases	Opcional	Opcional	Opcional