

# Boletín 12

## AISLADORES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N°12  
PARTE 1  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## **AISLADORES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION**

### **PARTE 1**

Por:

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

#### **1. Generalidades.**

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) define un sistema de potencia como: una red formada por unidades generadoras eléctricas, líneas de transmisión de potencia y cargas, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

Para comprender mejor el tema de las líneas de transmisión y distribución de energía relacionado a los aisladores, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 4 PARTE 2 sobre las líneas de transmisión y distribución donde partimos desde principios básicos sobre esta materia.

Por su estructura, normalmente en los sistemas de potencia podemos distinguir cuatro niveles operativos: generación, transmisión, sub-transmisión y distribución.

El sistema de potencia está constituido por elementos que cumplen funciones específicas, de forma que en operación conjunta garanticen un flujo confiable y económico de electricidad, una parte importante de este sistema lo constituyen los aisladores, a continuación nos extenderemos en este tema.

#### **2. Aisladores.**

Los aisladores se emplean fundamentalmente en las líneas de transmisión para sujetar a los conductores, de manera que estos no se muevan

en sentido longitudinal o transversal. Los aislantes cumplen la función de sujetar mecánicamente los conductores a las estructuras que los soportan, asegurando el aislamiento eléctrico entre estos dos elementos. Así pues, por algunas décadas, las cualidades eléctricas y mecánicas de los aisladores no deberán ser destruidas, por ninguno de los esfuerzos de todo tipo que estarán sometidos.

Los sistemas de aislamiento en líneas de transmisión comprenden principalmente dos elementos: el aire y los elementos aisladores. Al ubicarse las líneas de transmisión al aire libre y cubrir en muchos casos, cientos de kilómetros se hace necesario considerar diversos factores para un buen desempeño del aislamiento.

Estos factores deben tomar en cuenta los espaciamientos mínimos línea estructura, línea tierra y entre fases, el grado de contaminación del entorno, la cantidad de elementos aisladores a considerar y la correcta selección de estos.

#### **3. El aire en el aislamiento de las líneas.**

El aire es sin lugar a dudas el más usado de los aislantes para líneas de transmisión de energía. Los factores que pueden influir a la rigidez dieléctrica del aire son:

- Densidad del aire.
- Altura sobre el nivel del mar.
- Humedad y presencia de partículas contaminantes.

Este último factor adquiere gran importancia en el diseño y mantenimiento de los elementos aisladores.

#### **4. Causas de fallas del aislador.**

En los aisladores se pueden producir fallas que se traducen en el paso de la corriente del conductor al apoyo, esta puede producirse por alguna de las causas siguientes:

#### **4.1 Por conductividad del material.**

Esta falla se presenta a través de la masa del aislador, por tal motivo, se utilizan materiales para los que la corriente de fuga es despreciable.

#### **4.2 Por conductividad superficial.**

Esta falla se presenta a través de la superficie del aislador, se produce contorneando la parte exterior del aislador por aumento de la conductividad, este tipo de falla se debe principalmente por haberse depositado una capa de polvo o humedad en la superficie del aislador.

Esta conductividad recibe el nombre de efecto corona y suele reducirse dando un perfil adecuado a la superficie del aislador.

#### **4.3 Por perforación de la masa del aislador.**

Esta falla se presenta por lo difícil mantener la uniformidad dieléctrica de un material en toda su masa, creando el peligro de perforación del aislador, sobre todo si el espesor es grande. Por ello, los aisladores suelen fabricarse en varias piezas de pequeño espesor unidas por una pasta especial.

#### **4.4 Por descarga disruptiva a través del aire.**

Esta falla produce un arco entre el conductor y el soporte a través del aire, cuya rigidez dieléctrica a veces no es suficiente para evitar la descarga.

Esto suele ocurrir con la lluvia, debido a la ionización del aire y se evita con un diseño adecuado del aislador de intemperie, aumentando la distancia entre aislador y soporte de forma que la tensión necesaria para la formación del arco en el aire sea mayor.

### **5. Materiales empleados para la fabricación de aisladores.**

Históricamente se han usado distintos tipos de materiales, porcelana, vidrio y actualmente materiales compuestos, la evolución se ha dado en la búsqueda de mejores características y reducción de costos, entre los materiales están:

#### **5.1 Porcelana.**

Es una pasta de arcilla, caolín, cuarzo o alúmina se le da forma y por horneado se obtiene una cerámica de uso eléctrico. Constituida por caolín y cuarzo con un tratamiento de cocción a 1400 °C; se recubre de una capa de silicato, recociéndose posteriormente para obtener un vidriado en caliente que hace impermeables los aisladores y dificulta la adherencia de polvo o humedad.

El material es particularmente resistente a compresión por lo que se han desarrollado especialmente diseños que tienden a solicitarlo de esa manera.

Los aisladores de porcelana tienen una estructura homogénea y para dificultar las adherencias de la humedad y el polvo, la superficie exterior está recubierta por una capa de esmalte.

El material que hasta el presente parece haber dado mejores resultados para uso a la intemperie es la porcelana. Con tal finalidad se usa exclusivamente la porcelana dura vidriada, la cual consiste de mezcla de feldespato, cuarzo y caolín, pues es la mejor que satisface las condiciones requeridas por un buen aislante. Aunque la porcelana, es hoy por hoy uno de los materiales de mayor uso; posee algunas desventajas.

Es importante que el vidrio de la capa vitrificada que recubre la porcelana posee el mismo coeficiente de expansión térmica que la porcelana, pues de lo contrario surgen tensiones internas, que transcurrido cierto tiempo, se manifiestan en forma de pequeñas grietas; acortando la vida del aislador

#### **5.2 Vidrio.**

Es una mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario, aluminio, etc., fundida entre 1300 y 1400 °C. La composición de base cálcico-alcalina, obtenida por enfriamiento brusco mediante una corriente forzada de aire frío, posee elevada dureza y resistencia mecánica, incluso

gran estabilidad, ante los cambios de temperatura, con el inconveniente del mayor coeficiente de dilatación.

El aislador de vidrio se obtiene fundiendo diferentes materiales de granulometría; tales como arena, carbonato de sodio, dolomita carbonato de bario, carbonato de potasio, sulfato de bario, y piedra caliza, en un horno de fundición continua. Al igual que la porcelana, la proporción de los elementos que constituyen al material acabado permiten modificar o variar las características eléctricas, térmicas y mecánicas.

Una vez moldeado el aislador se le somete a enfriamiento rápido mediante un chorro de aire. Con esto se logra que la parte externa se contraiga, permaneciendo la parte interior con calor y se contrae, mientras que la exterior se expande.

Mediante este proceso el vidrio queda sometido permanentemente a una tensión interna uniforme, lo que lo confiere una gran resistencia mecánica. Otras ventajas del vidrio en comparación con la porcelana son: su constante dieléctrica de 7.3 (la de la porcelana es 6) y su elevado coeficiente de expansión térmica mayor a la del vidrio.

El aislador de vidrio en consecuencia, soporta los cambios bruscos de temperatura. Denota, además una elevada resistencia a los impactos, así sean provocados por proyectiles.

La aparición de cualquier fisura provoca la inmediata destrucción de la falda, quedando, sin embargo, las piezas metálicas unidas entre sí, en vista de lo cual no hay caída del conductor. Para proteger a los aisladores de vidrio contra disparos accidentales o voluntarios algunos fabricantes han diseñados aisladores de vidrio, lisos en su interior y con superficies curvas para desviar fácilmente los proyectiles.

Los aisladores de vidrio, están fabricados por una mezcla de arena silíceo y de arena calcárea, fundida con una sal de sodio a una temperatura de 1300 °C, obteniéndose por moldeo. Su color es verde oscuro.

El material es más barato que la porcelana, pero tienen un coeficiente de dilatación muy alto, que limita su aplicación en lugares con cambios grandes de temperatura; la resistencia al choque es menor que en la porcelana. Sin embargo, debido a que el coste es más reducido y su transparencia facilita el control visual, hacen que sustituyan en muchos casos a los de porcelana.

### **5.3 Materiales compuestos.**

Entre los materiales compuestos están: las fibras de vidrio y resina en el núcleo y distintas gomas en la parte externa, con formas adecuadas, han introducido en los años más recientes la tecnología del aislador compuesto.

Estas modernas soluciones con ciertas formas y usos ponen en evidencia sus ventajas sobre porcelana y vidrio.

Se emplean cuando los aisladores han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es el doble que la de porcelana.

Los aisladores de material compuesto, se emplean cuando han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que la de la porcelana y sus propiedades aislantes también es superior; sin embargo, presentan un alto costo.

## **6. Clasificación de los aisladores:**

Puede realizarse una clasificación según los siguientes criterios:

### **6.1 Según el material que lo conforma.**

Los aisladores según el material del cual están hechos pueden ser:

- Aislador de porcelana
- Aisladores de vidrio
- Aisladores poliméricos

### 6.1.1 Aisladores de vidrio.

Las primeras líneas de transmisión desde 1885 fueron construidas con aisladores de vidrio recocido. Para 1935 el vidrio templado permite aisladores de gran resistencia mecánica.



Aislador de vidrio  
Figura 1

En la figura 1 se puede observar un aislador de vidrio.

Es una mezcla de arena silíceo y de arena calcárea, fundida con una sal de sodio a una temperatura de 1300 °C, obteniéndose por moldeo. Debido a que el coste es más reducido y su transparencia facilita el control visual, hacen que sustituyan en muchos casos a los de porcelana.

El vidrio es más barato que la porcelana, pero tienen un coeficiente de dilatación muy alto, que limita su aplicación en lugares con cambios

grandes de temperatura; la resistencia al golpe es menor que en la porcelana.

### 6.1.2 Aisladores de porcelana.

Los aisladores en su mayoría son fabricados en porcelana, ya que brinda gran resistencia a las condiciones ambientales por no ser un material poroso lo que limita la absorción de agua.

En la figura 2 se puede observar un aislador fabricado con porcelana.



Aisladores de porcelana  
Figura 2

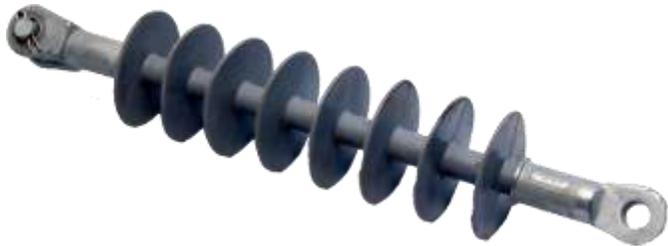
Los aisladores de porcelana han dado los mejores resultados para uso intemperie. Por lo anterior la porcelana vidriada la cual está constituida por una mezcla de feldespato, cuarzo y caolin es la que mejor satisface las condiciones de un buen aislante

### 6.1.3 Aisladores poliméricos.

Son empleados tanto en líneas eléctricas de transmisión como distribución, se caracterizan por estar constituidos por un núcleo central de material sólido, usualmente fibra de vidrio y una cubierta

exterior aislante de material polimérico, que además se caracteriza por ser flexible.

En la figura 3 se puede observar un aislador polimérico.



Aislador polimérico  
Figura 3

Las principales ventajas de este tipo de aislador son su resistencia mecánica frente a golpes, su flexibilidad y mejor comportamiento ante la contaminación gracias a las características del material polimérico. Progresivamente han reemplazado a los aisladores de cerámica o porcelana.

En aplicaciones como cadenas de aisladores de disco son reemplazadas por un único aislador polimérico, simplificando su instalación o reemplazo.

## 6.2 Según su diseño o forma.

Los aisladores pueden ser clasificados según el diseño que se coloque, distinguiéndose dos grandes grupos:

- Aisladores tipo espiga (PIN TYPE)
- Aisladores de soporte (POST TYPE)
- Aisladores de suspensión (CLEVIS)
- Otras formas

### 6.2.1 Aisladores Tipo Espiga o Pin

Este tipo de aislantes se caracteriza porque la fijación que hacen del conductor es rígida. Hay

variedades en cuanto al tamaño y forma de sujetar al conductor; en su gran mayoría requieren de ligaduras o hilos del mismo material del conductor que amarren este del aislador.

Generalmente son usados en redes eléctricas de distribución conformadas por postes con crucetas sobre las cuales a través de espigas van este tipo de aisladores que sostienen el conductor.

En la figura 4 se puede observar un aislador de tipo espiga también conocido como tipo pin, es importante resaltar que este aislador viene asociado con un herraje para su colocación.



Aislador tipo espiga o pin  
Figura 4

Estos aisladores son sencillos o dobles y se seleccionan según el nivel de tensión al cual van a trabajar, para 15 kV se usa pin sencillo y para 23 kV y 34.5 kV se emplea pin doble.

Estos aisladores tienen una rosca interna que aloja la espiga y a ella se ajusta gracias a una caperuza de plomo que se deforma para asentarse a la cruceta, y sobresale a partir de ella roscada, en una longitud que varía si se trata de cruceta de hierro o madera.

No se recomienda ponerlos en ángulos verticales mayores de 4° ni por supuesto como terminales, amarres o anclajes.

### 6.2.2 Aisladores de soporte o aisladores rígidos

Estos aisladores se construyen para tensiones de arco hasta 200 kv a 60 hz, si bien es raro usarlos para tensiones de arco superiores a 180 kv (tensión nominal 75 kv). Lo reducido del margen de aislamiento y el riesgo de aplicar tensiones tan altas sobre un solo aislador, relativamente frágil, hace que estos aisladores no se usen con tensiones superiores a 66 kv.

Las ventajas de este tipo conocido como Line-Post son que se evita la construcción de los brazos; se ahorra espacio, lo que permite su utilización en zonas urbanas sin que presente mucha interferencia, y luego su disposición horizontal lo hace recomendable en zonas donde haya salitre pues se lava fácilmente sin que se produzca contorneos, o bien sea con lluvia o lavado a presión.

La principal desventaja es la limitación de tipo mecánico pues al ocupar la posición de un brazo debe soportar los esfuerzos que le transmite el conductor sin posibilidad de moverse.

En la figura 5 se pueden observar aisladores de tipo soporte también conocido como rígidos.

Los aisladores de tipo soporte también son conocidos como aisladores de cuerpo macizo, ya que están constituido por un cilindro macizo de cerámica provisto de aletas, que tienen en cada extremo una pieza metálica de conexión.

En el próximo boletín técnico continuaremos con la parte final de aisladores para líneas de transmisión.



Aisladores de soporte o Line Post  
Figura 5