

**DPS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GUÍA PARA LA SELECCIÓN**

**IVÁN DARÍO SANA PULIDO  
JHOLMAN ALEXIS ULLOA ÁVILA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DPS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GUÍA PARA LA SELECCIÓN**

**IVÁN DARIO SANA PULIDO  
JHOLMAN ALEXIS ULLOA ÁVILA**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista**

**Director  
Msc. JULIO CÉSAR CHACÓN VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por ser nuestro guía en la realización de nuestros triunfos obtenidos en el transcurso de este camino.

En segundo lugar agradecer a nuestros padres, por concedernos la vida, por su incondicionalidad, apoyo y motivación para seguir adelante y cumplir nuestros sueños.

A nuestros hermanos y familiares por brindarnos motivación, confianza y apoyo.

A Julio César Chacón, Magíster en Potencia Eléctrica, director del proyecto, por haber ofrecido una excelente formación tanto académica como profesional, por su confianza, orientación y colaboración.

A nuestros docentes de la universidad, gracias a ellos hemos adquirido el conocimiento y las herramientas para cumplir nuestro sueño de ser profesionales.

A todos aquellos amigos y compañeros de la universidad que nos acompañaron, apoyaron y motivaron

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	18
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
1.1. SOBRETENSIÓN .....	20
1.2. CAUSAS DE SOBRETENSIÓN.....	20
1.2.1. Descargas atmosféricas.....	20
1.2.1.1. Carga eléctrica en las nubes.....	21
1.2.1.2. Características de la descarga eléctrica .....	21
1.2.1.3. Nivel cerámico .....	22
1.2.1.4. Descargas directas sobre conductores.....	23
1.2.1.5. Descargas indirectas.....	25
1.2.2. Ferroresonancia (FR).....	26
1.2.3. Accionamiento de capacitores .....	28
1.2.4. Corrientes cortadas.....	31

1.2.5. Contacto accidental con sistemas de alta tensión. ....	31
1.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES (DPS) ...	32
1.3.1. Descargador abierto explosor o chispero .....	33
1.3.2. Pararrayos tipo expulsión.....	34
1.3.3. DPS de carburo de silicio.....	34
1.3.4. DPS de autoválvula. ....	34
1.3.5. DPS con explosores activos. ....	35
1.3.6. DPS de óxido de zinc.....	36
1.3.7. DPS de frente muerto .....	37
1.4. ONDAS DE PRUEBA PARA DPS .....	38
1.4.1. Impulsos de tensión.....	38
1.4.2. Impulsos de corriente.....	40
1.5. CLASES DE DPS .....	41
1.6. CARACTERÍSTICAS DE CONTAMINACIÓN .....	42
1.7. NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (BIL) .....	43
2. COMPARACIÓN DPS DE CARBURO DE SILICIO Y ÓXIDO METÁLICO .....	45

2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	45
2.1.1. DPS de carburo de silicio.....	45
2.1.2. DPS de óxido metálico.....	47
2.1.3. Partes que conforman el DPS.....	48
2.2. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN .....	50
2.3. DIFERENCIAS RELEVANTES .....	54
3. PROCESO DE SELECCIÓN DE DPS EMPLEADO EN COLOMBIA .....	57
3.1. REQUERIMIENTOS SEGÚN RETIE .....	57
3.2. REQUERIMIENTOS SEGÚN NTC 2878 (ELECTROTECNIA. GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE PARARRAYOS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN).....	58
3.2.1. Selección de DPS de óxido metálico, .....	58
3.2.1.1. Características nominales para la selección del DPS de óxido metálico ..	59
3.2.1.2. Selección de la tensión nominal.....	59
3.2.1.3. Coordinación de corriente .....	62
3.2.1.4. Margen de protección. ....	63

3.2.1.5. Distancia de protección.....	64
3.2.1.6. Capacidad de disipación de energía .....	65
3.2.1.7. Capacidad de alivio de presión .....	67
3.2.1.8. Aislamiento del pararrayos.....	67
3.2.1.9. Ejemplo selección de DPS de óxido de zinc según NTC 2878 .....	67
3.2.2. Selección de DPS de carburo de silicio. ....	70
3.2.2.1. Características nominales para la selección del pararrayos autovalvular .	71
3.2.2.2. Selección de la tensión nominal.....	72
3.2.2.3. Selección según la corriente nominal de descarga.....	73
3.2.2.4. Selección según la tensión de cebado.....	74
3.2.2.5. Selección de la tensión residual.....	74
3.2.2.6. Selección corriente de larga duración .....	74
3.2.2.7. Selección de la capacidad de disipación de energía. ....	74
3.2.2.8. Nivel de protección contra sobretensiones atmosféricas de un DPS .....	75
3.2.2.9. Nivel de protección de un DPS contra sobretensiones de maniobra .....	75

3.2.2.10. Selección de la resistencia a la corriente de cortocircuito.....	76
3.2.2.11. Selección del aislamiento de la porcelana. ....	76
3.3. REQUERIMIENTOS SEGÚN NTC 4616 (PARARRAYOS. RECOMENDACIONES PARA SELECCIÓN Y USO) .....	77
3.3.1. Procedimiento para la selección de pararrayos .....	77
3.3.2. Resistencia a la contaminación de la cubierta del pararrayos. ....	79
3.3.3. Selección de DPS de óxido de zinc según NTC 4616. ....	81
4. DPS QUE OFRECE EL MERCADO COLOMBIANO .....	86
4.1. MARCAS REFERENTES.....	86
4.1.1. Siemens .....	87
4.1.1.1. Descargadores de sobretensión de media tensión 3EK4. ....	87
4.1.1.2. Descargadores de sobretensión para media tensión 3EK7. ....	87
4.1.2. ABB.....	88
4.1.3. Gamma-Corona .....	89
4.1.4. Joslyn.....	89
4.1.5. Celsa.....	90

4.1.6. Tyco Electronics Connectivity's (TE).....	90
4.1.7. Eaton's Cooper Power Systems. ....	91
5. GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE DPS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ....	95
5.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO A PROTEGER. ....	95
5.2. NIVEL CERAÚNICO .....	95
5.3. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN .....	96
5.3.1. Tensión nominal.....	96
5.3.2. Tensión máxima de operación continua (MCOV),. ....	98
5.4. MARGEN DE PROTECCIÓN .....	98
5.5. RECOMENDACIONES .....	98
5.6. EJEMPLO SELECCIÓN DE DPS .....	100
6. CONCLUSIONES .....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
BIBLIOGRAFÍA .....	111
ANEXOS.....	116

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Magnitudes de descargas atmosféricas.....	23
Tabla 2. Densidad promedio de descargas a tierra. ....	24
Tabla 3. Tensiones nominales para las clases de DPS. ....	41
Tabla 4. Características de contaminación. ....	43
Tabla 5. Relaciones de tensión y nivel básico de aislamiento. ....	44
Tabla 6. Comparación DPS de SiC frente al DPS de ZnO. ....	46
Tabla 7. Valores de MCOV que se encuentran en el mercado. ....	61
Tabla 8. Parámetros para los ensayos de impulso de corriente de larga duración a descargadores de sobretensiones de 10 000 A, servicio pesado .....	67
Tabla 9. Catálogo SIEMENS 3EK4.....	71
Tabla 10. Valores de tensión. ....	73
Tabla 11. Valores máximos tensión de cebado. ....	75
Tabla 12. Valores capacidad alivio de presión.....	76
Tabla 13. Requisitos para el ensayo de impulso de corriente de larga duración en descargadores de sobretensiones de 5 000 A y 2 500 A.....	78
Tabla 14. Catálogo ABB POLIM K. ....	84
Tabla 15. Factor A. ....	85
Tabla 16. Referencias DPS. Fuente: .....	92
Tabla 17. Ejemplos de cálculos para encontrar tensiones nominales del DPS. ....	97
Tabla 18. Localización recomendada del DPS. ....	100
Tabla 19. Tensiones nominales de pararrayos de óxido-metálico comúnmente aplicados en sistemas de distribución.....	101
Tabla 20. Probabilidad de descargas.....	102
Tabla 21. Probabilidad de descargas a 20 años.....	103
Tabla 22. Catalogo ABB POLIM H.....	104

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Probabilidad de descargas. ....	22
Figura 2. Mapa de ISO-Niveles ceráunicos para Colombia (área de 30 km x 30 km) – 1999. ....	25
Figura 3. Geometría de la inducción en líneas por descargas indirectas. ....	26
Figura 4. Transformador monofásico con una línea energizada. ....	27
Figura 5. Transformador trifásico con dos fases energizadas. ....	27
Figura 6. Secuencia de accionamiento de protecciones para evitar ferroresonancia. ....	28
Figura 7. Sobretensión debido a la energización. ....	29
Figura 8. Sobretensión debido a la desenergización de banco de capacitores. ....	30
Figura 9. Representación esquemática de un pararrayos de explosores. ....	33
Figura 10. Representación simplificada de un DPS de autoválvula. ....	35
Figura 11. Secuencia de operación de un pararrayos con explosores activos y soplado magnético. A) derivación a tierra de sobrecorriente. B) derivación a tierra de corriente de fuga. 1) explosores activos. 2) resistencia de derivación. 3) bobina de soplado magnético. 4) resistencia autovalvula. ....	37
Figura 12. Onda de impulso atmosférico normalizada. ....	39
Figura 13. Onda de impulso maniobra. ....	39
Figura 14. Forma de onda 10/350 $\mu$ s. ....	40
Figura 15. Forma de onda 8/20 $\mu$ s. ....	41
Figura 16. Esquema básico de un DPS de carburo de silicio y explosores. ....	47
Figura 17. Estructura del óxido de zinc. ....	47
Figura 18. Partes principales del pararrayos de óxido de zinc (ZnO). ....	48
Figura 19. Esquema de funcionamiento de un DPS de carburo de silicio. ....	53
Figura 20. Característica tensión-corriente de DPS con explosores, ....	53

Figura 21. Característica tensión-corriente de DPS con resistencias de óxido metálico, 1= característica I-V rango de alta impedancia.....	54
Figura 22. Comparación de las características no lineales del pararrayos de óxido metálico con la del pararrayos de carburo de silicio.....	55
Figura 23. Comparación del nivel de protección de un DPS convencional con un DPS de óxido metálico. Donde, a= tensión de descarga con explosores; b= tensión residual para una corriente de coordinación de 10 kA, para un DPS con explosores; c= nivel de protección para una corriente de coordinación de 10 kA, para un DPS de óxido metálico. ....	56
Figura 24. Montaje de los DPS. ....	58
Figura 25. Circuito para el cálculo del margen de protección (distancia de protección). ....	65
Figura 26. Diagrama de flujo para la selección de pararrayos.....	80
Figura 27. Diagrama para seleccionar DPS en sistemas de distribución.....	99

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. A continuación se presentan los catálogos de algunos fabricantes de DPS tales como: SIEMENS, ABB, GAMMA-CORONA, CELSA, TYCO ELECTRONICS, COOPER y JOSLYN.....	116

## RESUMEN

**TÍTULO: DPS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GUÍA PARA LA SELECCIÓN.\***

**AUTORES:**

Iván Darío Sana Pulido

Jholman Alexis Ulloa Ávila\*\*

**Palabras claves:**

DPS, guía, sistema, distribución, norma.

### DESCRIPCIÓN

El objetivo de este trabajo es realizar una guía de selección de DPS en sistemas de distribución que sea de fácil comprensión y que pueda ser utilizada por empresas distribuidoras de energía, diseñadores y empresas que requieran proteger sus equipos contra sobretensiones. Este proyecto contiene cuatro etapas principales, la primera es realizar una recopilación de los criterios que se han estado empleando para la selección de DPS en el país, la segunda etapa comprende un análisis comparativo de los dos modelos más comunes, carburo de silicio (SiC) y óxido de zinc (ZnO), la tercera fase es investigar los diferentes modelos de DPS que ofrece el mercado con el fin de seleccionar los que más se ajusten al sistema de distribución colombiano, y la cuarta es la elaboración de una guía que contempla los criterios técnicos para la selección de DPS. Dentro de los resultados se encuentra una guía que contiene los criterios más relevantes para hacer una selección rápida y óptima de DPS, así mismo se presenta una tabla con las referencias más representativas de DPS, con recomendaciones y zonas en la que mejor se desempeñan, además definiendo el tipo de equipo a proteger que coadyuva a realizar una selección adecuada. La selección apropiada permitirá generar confiabilidad al usuario y optimizar de igual manera la red, permitiendo de esta forma tener un sistema más robusto.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de ingenierías Físico-Mecánica, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Director: Msc. Julio César Chacón.

## SUMMARY

**TITLE: DPS DISTRIBUTION SYSTEMS SELECTION GUIDE.\***

**AUTHORS:**

Iván Darío Sana Pulido  
Jholman Alexis Ulloa Ávila\*\*

**KEY WORDS**

DPS, guide, system, distribution, norm.

**DESCRIPTION:**

The main objective of this project is to realize a selective manual of DPS in distribution systems, to make it easy to understand, and it used for energy's distribution companies, designers, and some companies who need protect their machines against surge. This project contains four main phases. The first one is to realize a compilation of the criteria that have been using for DPS selection in Colombia. The second phase contains a comparative analysis to the most common models (SIC) and (ZnO). The third one is to investigate the different DPS models that market offers in order to select the ones who most adjust for the Colombian distribution system. Finally the elaboration of a manual that contains the technical criteria for DPS selection. Between the results you can find a manual that contains most relevant criteria for doing a fast and optimum DPS selection, also that presents a chart with the most representative DPS references with recommendations and zones where the functioning is better, in addition that defines the kind of machine to protect and it helps to realize a suitable selection. The suitable selection would permit to generate confidence to the users and would improve the net. It would permit in this way to have a confidence system.

---

\* Degree work.

\*\* Physical-Mechanical Engineerings Faculty, School of Electric, Electronic and Telecommunication Engineering, Director: Msc. Julio César Chacón.

## INTRODUCCIÓN

En las redes aéreas o mixtas de tensión superior a 1 kV e inferior o igual 245 kV, los equipos están amenazados principalmente por descargas de rayos inducidos y directos sobre las líneas aéreas a las cuales están conectados. En las redes que no estén conectadas a las líneas aéreas, las sobretensiones más susceptibles de producirse son ocasionadas por fallas o por maniobras. Sin embargo, en circunstancias poco frecuentes, es posible que se presenten sobretensiones inducidas por descargas de rayos. En las redes de tensión superior a 245 kV, además de los factores ya mencionados, las sobretensiones de maniobra vienen a ser importantes. Las sobretensiones pueden provocar descargas disruptivas y desgastes serios de los equipos, y comprometer así el suministro de energía para los usuarios. Es indispensable evitar esto mediante una coordinación apropiada entre los DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) y el nivel de aislamiento. Es recomendable, por lo tanto, el uso de DPS cuando existe la posibilidad de sobretensiones por rayos o por maniobras, las cuales pueden ser peligrosas para el equipo [1].

Los DPS son dispositivos que limitan y dispersan intencionalmente las sobretensiones transitorias, en el sistema eléctrico colombiano se encuentran dos tipos: los DPS de carburo de silicio (SiC) y los DPS de óxido metálico sin espaciadores, ambos para sistemas de corriente alterna. Los primeros son de tipo conmutación de tensión y tienen una alta impedancia cuando no está presente un transitorio, pero que cambia súbitamente su impedancia a un valor bajo en respuesta a un transitorio de tensión. El segundo tipo de DPS son los de limitación de tensión, estos poseen una alta impedancia cuando no está presente un transitorio, pero que se reduce gradualmente con el incremento de la corriente y la tensión transitoria [2]. La norma técnica colombiana (NTC 2878) contiene una

guía para la selección de DPS en la cual se abordan todos los parámetros de selección, pero esta guía remite a otros apartados tales como: NTC 4616, NTC 4389, NTC 2166 entre otras, así como a otro tipo de normas para hacer ciertas aclaraciones, es por tal razón que se pretende desarrollar un documento donde se unifique la mayor cantidad de información, así como también que aborde documentación de fabricantes para obtener un medio de información y de orientación bien constituido asequible a los usuarios, ya que muchas veces las normas son de difícil acceso al público.

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se exponen los términos empleados en el entorno de los sistemas de distribución eléctrica, que permitan asimilar con mayor facilidad el funcionamiento, normatividad y selección de los dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS).

### 1.1. SOBRETENSIÓN

Es un aumento por encima de los valores establecidos como máximos, de la tensión eléctrica entre dos puntos de un circuito o instalación eléctrica. Existen muchas causas por las que se pueden originar sobretensiones en una red de potencia; por esta razón su estudio se suele realizar atendiendo al origen, al tipo de proceso transitorio y al tiempo de duración. La clasificación más aceptada distingue tres tipos de sobretensiones: sobretensiones temporales (TOV), sobretensiones de maniobra y sobretensiones por descargas atmosféricas [3].

### 1.2. CAUSAS DE SOBRETENSIÓN

Las causas más frecuentes de sobretensión que ocurren en una red de distribución de energía eléctrica son las siguientes.

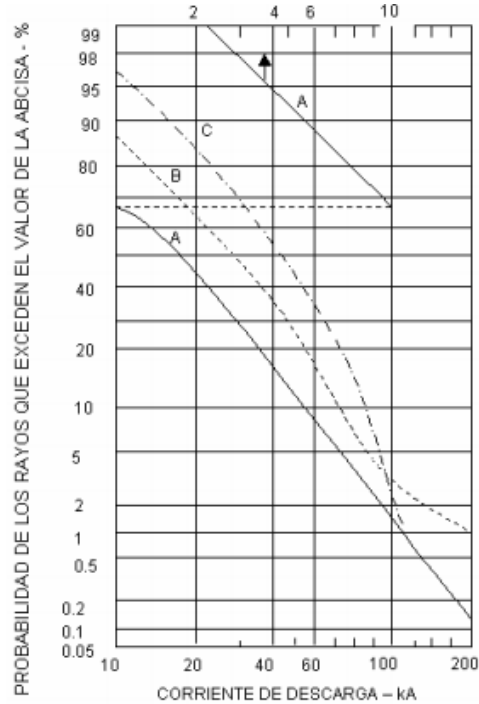
**1.2.1. Descargas atmosféricas.** A continuación se presentan las características más relevantes de las descargas atmosféricas.

**1.2.1.1. Carga eléctrica en las nubes:** Las descargas atmosféricas se presentan cuando se forman grandes concentraciones de carga eléctrica en las capas de la atmósfera inmediatamente inferiores a la estratosfera (alturas entre 5 y 12 km). Al aumentar la carga se forman potenciales de hasta 300 MV entre nubes y tierra. La descarga se forma en nubes de tormenta del tipo **cumulonimbus**. Estas se caracterizan por estar formadas por columnas de aire caliente que ascienden por convección, cuando la atmósfera se hace inestable, debido a grandes gradientes de temperatura. El interior de esas nubes, es recorrido por rápidas corrientes de aire ascendente y descendente de velocidades hasta de 300 km. La carga eléctrica se forma al separar estas fuertes corrientes de aire, las partículas de agua y hielo en partículas ionizadas. La carga se concentra en un disco de un diámetro de 10 km y una altura aproximada de 5 km. Esta carga es en la mayoría de los casos predominantemente negativa. A medida que se empieza a incrementar la carga y la tensión en las cercanías de las nubes cargadas, se empieza a rebasar el gradiente crítico, (30 kV/cm en aire seco, 10 kV/cm en las condiciones de presión y presencia de gotas de agua existentes en las nubes). Se empieza a presentar ionización del aire y por lo tanto, se van formando caminos para la conducción de la carga hacia el punto de potencial cero que es la tierra [4].

**1.2.1.2. Características de la descarga eléctrica:** Al impactar la descarga “de retorno” la línea de transmisión, produce corrientes altísimas que aumentan en unos pocos microsegundos. Se presentan corrientes pico entre 20 y 200 kA, aunque estas últimas son muy raras. La probabilidad de que se produzca una descarga mayor o igual a una determinada magnitud de corriente, se puede obtener de la figura 1. Aproximadamente el 90% de las descargas llevan carga negativa al sistema. Para el comportamiento del sistema ante la descarga, es importante la rata de aumento de la corriente proveniente del rayo. Se suele suponer en los cálculos, que la corriente aumenta linealmente desde cero hasta el valor pico en forma de rampa, con un determinado tiempo de duración (tiempo de

frente, ó de cresta), que se estabiliza un instante en el valor pico y luego decrece más lentamente hasta volver a cero [4].

**Figura 1.** Probabilidad de descargas. Tomado de [4].



**1.2.1.3. Nivel cerámico:** El nivel cerámico se define como el número de días del año en los cuales se escucha, por lo menos, un trueno en el lugar de observación. Los niveles cerámicos se suelen llevar a mapas isocerámicos, es decir, a mapas con curvas de igual nivel cerámico, en la figura 2 se puede apreciar el mapa isoceraunico para Colombia. Con base en la IEC 62305, las observaciones del CIGRE (International Council on Large Electric Systems), y otros documentos especializados, se puede definir las probabilidades de ocurrencia de las magnitudes de descargas atmosféricas [24], las cuales son especificadas en la tabla 1. Esta tabla establece que solo el 1% de los rayos tienen una magnitud superior a 200 kA, el 98% de los rayos son inferiores a 100 kA y el 95% son inferiores a 60 kA.

**Tabla 1.** Magnitudes de descargas atmosféricas. Tomado de [24].

PROBABILIDAD	MAGNITUD [ kA]
1%	200
1%	150
1%	100
2%	80
15%	60
30%	50
50%	<30

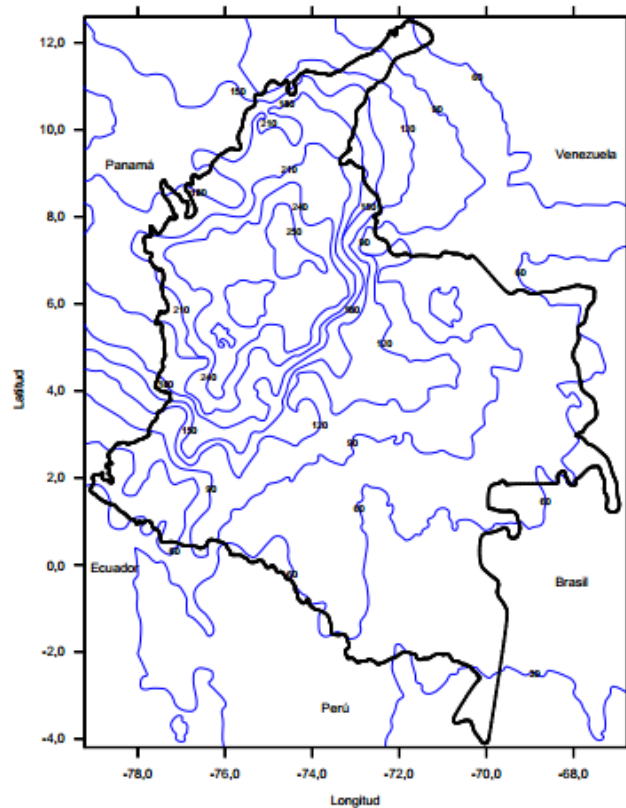
Si se multiplica la probabilidad por la cantidad de rayos esperada en una zona se puede establecer la cantidad de rayos de cada magnitud que impactará en dicha zona, esta cantidad se conoce como Densidad de Descargas a Tierra (DDT) y expresa la cantidad de rayos que se generan en un área de 1 km<sup>2</sup> en un año, en la tabla 2 se presenta la DDT para algunas ciudades de Colombia.

**1.2.1.4. Descargas directas sobre conductores.** Las descargas directas sobre los conductores de fase producirán, casi con certeza, un flameo directo de las cadenas aisladoras, ocasionando una falla usualmente monofásica. El flameo inminente se puede visualizar si tenemos en cuenta que la impedancia característica de una línea de distribución, es aproximadamente 400 Ω, y que un rayo promedio tiene una corriente pico aproximadamente de 30 kA, con lo cual la sobretensión pico promedio inducida en la línea, es:  $V = 30 \text{ kA} \times 400 \text{ } \Omega = 6000 \text{ kV}$ . Si se tiene en cuenta que la tensión crítica de flameo (tensión a la cual el aislamiento produce flameos el 50% de las veces), de una línea de distribución, es normalmente inferior a 200 kV, se concluye que es muy poco probable que una línea de distribución soporte sin flamear una descarga directa sobre los conductores de fase [5].

**Tabla 2.** Densidad promedio de descargas a tierra. Tomado de [2].

Ciudad	Latitud	Longitud	DDT
Barranquilla	10,9	-74,8	1
Cartagena	10,5	-75,5	2
Corozal	9,3	-75,3	3
El Banco	9,1	-74,0	10
Magangué	9,3	-74,8	5
Montería	8,8	-75,9	2
Quibdó	5,7	-76,6	9
Santa Marta	11,1	-74,2	2
Tumaco	1,8	-78,8	1
Turbo	8,1	-76,7	5
Valledupar	10,4	-73,3	2
Riohacha	11,5	-72,9	2
Armenia	4,5	-75,8	2
Barranca	7,0	-73,8	7
Bogotá	4,7	-74,2	1
Bucaramanga	7,1	-73,1	1
Cali	3,6	-76,4	1
Cúcuta	7,9	-72,5	1
Girardot	4,3	-74,8	5
Ibagué	4,4	-75,2	2
Ipiales	0,8	-77,6	1
Manizales	5,0	-75,5	2
Medellín	6,1	-75,4	1
Neiva	3,0	-75,3	1
Ocaña	8,3	-73,4	2
Pasto	1,4	-77,3	1
Pereira	4,8	-75,7	4
Popayán	2,4	-76,6	1
Remedios	7,0	-74,7	12
Villavicencio	4,2	-73,5	1
Bagre	7,8	-75,2	12
Samaná	5,4	-74,8	9

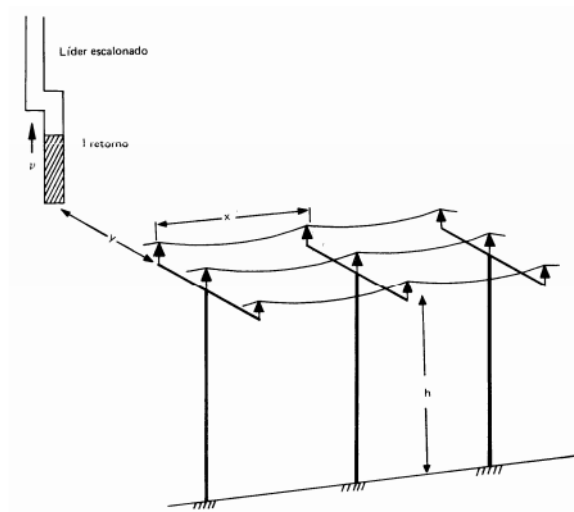
**Figura 2.** Mapa de ISO-Niveles cerámicos para Colombia (área de 30 km x 30 km) – 1999. Tomado de [2].



**1.2.1.5. Descargas indirectas:** Las descargas indirectas son aquellas que no impactan directamente la línea, pero que retornan por un canal ionizado cercano a la línea (dentro de un radio de aproximadamente 200 m). El cambio brusco del campo electromagnético producido por la circulación de la corriente de retorno induce en la línea una sobretensión. La figura 3 ilustra este concepto. De acuerdo con investigaciones, [6], [7], se ha encontrado que cerca del 80% de los daños en líneas de distribución, son producidos por este mecanismo. Así pues, las descargas indirectas constituyen la principal causa de daños por descargas atmosféricas, no solo en líneas de distribución sino en instalaciones domiciliarias y de computadores. La protección contra este tipo de inducciones consiste en la construcción de una jaula de Faraday alrededor de los conductores. Obviamente, una jaula ideal sería de construcción injustificable económicamente en la mayoría

de los casos, pero la presencia del cable de guarda ha demostrado comportarse como una jaula de Faraday bastante buena, reduciendo apreciablemente el número de fallas por este concepto. La presencia del cable de guarda en una línea de distribución, se justifica, no solo como protección contra descargas directas, sino por su efecto de jaula de Faraday contra descargas indirectas [5].

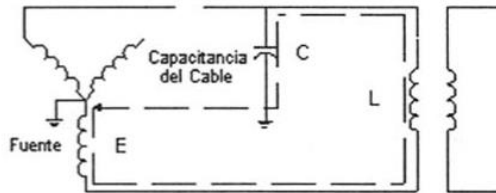
**Figura 3.** Geometría de la inducción en líneas por descargas indirectas. Tomado de [5].



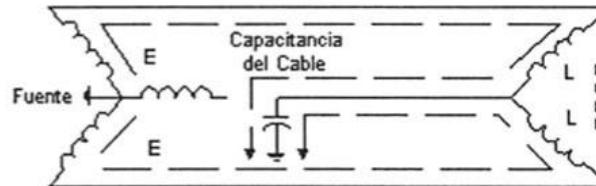
**1.2.2. Ferroresonancia (FR).** En un sistema eléctrico de distribución, la ferroresonancia se presenta cuando se conforma un circuito LC serie, en el cual un elemento tiene característica no lineal. La capacitancia es debida a la presencia de bancos de condensadores, cables, líneas de interconexión y en menor grado a la capacitancia propia del transformador; la inductancia normalmente es aportada por un transformador con un núcleo de material ferromagnético. El circuito serie LC se forma cuando por la energización o desenergización de una o dos fases la reactancia capacitiva queda conectada en serie con la reactancia inductiva del transformador. Esta condición se puede alcanzar cuando se utilizan dispositivos de interrupción monopolares o por la operación de protecciones como fusibles. Las figuras 4 y 5 ilustran posibles circuitos LC serie que se presentan ante la

interrupción de una o dos fases con una fuente trifásica sólidamente aterrizada que alimenta un transformador conectado entre fases [8].

**Figura 4.** Transformador monofásico con una línea energizada. Tomado de [8].



**Figura 5.** Transformador trifásico con dos fases energizadas. Tomado de [8].



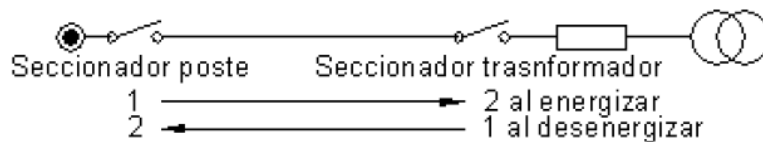
Las condiciones que probablemente producen ferroresonancia son las siguientes:

- Transformadores de pequeña capacidad: A más pequeña capacidad la susceptibilidad es más grande. Los bancos con capacidad  $> 300$  kVA son raramente sensibles.
- Vacío: Una carga tan pequeña como 4% resultaría en cercana inmunidad.
- Cualquier conexión  $3\phi$  es sensible: Un transformador  $1\phi$  conectado a fase – fase en un sistema primario aterrizado es sensible.
- Suministro primario por cables subterráneos: El blindaje aumenta la capacitancia y la susceptibilidad. Los cables primarios aéreos generalmente proporcionan inmunidad a menos que la tensión sea mayor a 15 kV a 34,5 kV la ferroresonancia es definitivamente una posibilidad con suministro aéreo puesto que la capacitancia interna del transformador es suficiente para resonancia [9].

- La tensión del primario superior a 5 kV: Tensiones superiores a 5 kV proporcionan sustancial inmunidad. Por encima de 15 kV la ferresonancia es bastante probable. Las opiniones difieren sobre susceptibilidad (sensibilidad) en el rango de 5 a 15 kV [9].
- Banco de capacitores secundario con neutro flotante: Incluso en una conexión Y aterrizada – Y si una fase del primario es desenergizada puede energizar la reactancia de magnetización de la fase desenergizada a través de la capacitancia y así causa resonancia [9].

En la actualidad, el método más práctico para evitar la ferresonancia es por medio de la instalación de transformadores conectados en Y-Y con los neutros primario y secundario del transformador aterrizados y conectados al neutro del sistema primario. El primario en Y con neutro aterrizado elimina por cortocircuito la conexión serie de la reactancia del transformador y la capacitancia del cable previniendo de ese modo el establecimiento del circuito resonante. La FR puede ser prevenida si los cables y transformadores nunca son energizados o desenergizados al mismo tiempo [9]. (Ver figura 6).

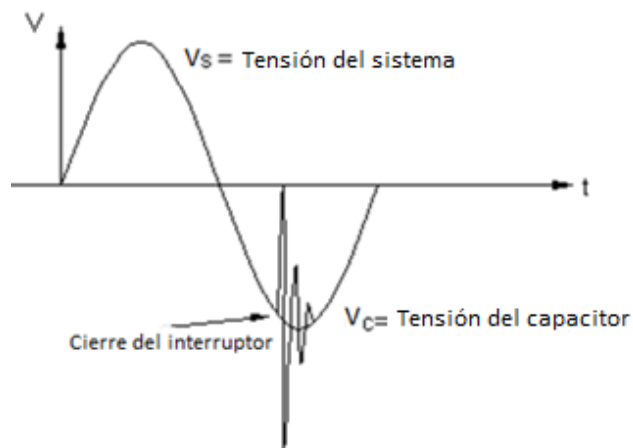
**Figura 6. Secuencia de accionamiento de protecciones para evitar ferresonancia. Tomado de [9].**



**1.2.3. Accionamiento de capacitores.** El accionamiento de bancos de capacitores puede causar una sobretensión al energizar o al desenergizar. Considérese la energización del banco con neutro aterrizado. Si las condiciones iniciales (pre –cierre) son tales que el banco de capacitores no tiene carga (sin

tensión) y la tensión del sistema cierra en un máximo, la tensión se excederá como se muestra en la figura 7. La desenergización de un banco de capacitores es un aspecto que preocupa. Al abrir el interruptor se crean las condiciones de sobretensión que se muestra en la figura 8. Asíumase que  $R$  y  $X_L$  son muy pequeños comparados con la reactancia capacitiva tal que la tensión de estado estable del capacitor es esencialmente el mismo de la fuente de tensión. Si se asume que el interruptor se ha abierto en algún tiempo breve antes del tiempo 0, la interrupción de corriente se llevará a cabo en un tiempo normal  $\theta$  de la corriente tal como el tiempo  $a$  de la figura 14 [9].

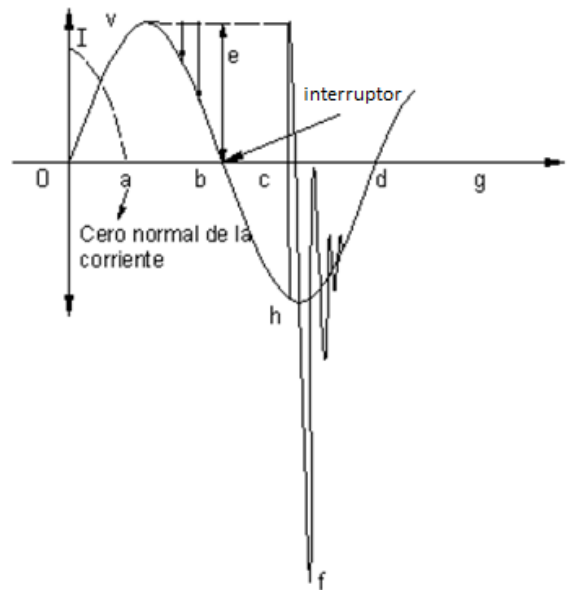
**Figura 7. Sobretensión debido a la energización. Tomado de [9].**



Por lo supuesto antes, la corriente de estado estable de 60 Hz. Se adelanta a la tensión de la fuente en  $90^\circ$ , tal que la tensión de la fuente y la tensión del capacitor alcanzan su valor máximo en el tiempo  $a$ . El resultado de la interrupción es que la tensión del capacitor permanecerá en el valor pico puesto que la carga queda atrapada en él. Sin embargo, la fuente de tensión continua su variación normal de 60 Hz y la tensión que gradualmente aparece alrededor del interruptor es la diferencia entre la tensión fija del capacitor por un lado y la tensión de la fuente en

el otro. Como se ve, la tensión de la fuente alcanza un máximo de 2 veces el valor normal en el punto e, medio ciclo después de la interrupción [9].

**Figura 8. Sobretensión debido a la desenergización de banco de capacitores. Tomado de [9].**



Si el accionamiento del interruptor puede resistir 2 veces la tensión normal en este tiempo, una interrupción exitosa ha sido obtenida. A causa de sus resistores de descarga normalmente incluidos en los capacitores, la tensión del capacitor se descargará totalmente hasta desaparecer. Sin embargo, si el interruptor no alcanza a recobrar el adecuado dieléctrico, el arco se puede reencender entre los contactos alguna vez durante el periodo de a y c, que reenergizará el capacitor. Las tensiones de los transitorios máximos resultarán si un reencendido se lleva a cabo a tensión máxima del interruptor (tiempo c). Cuando la corriente es reestablecida en este tiempo, la tensión del capacitor el cual es a + 1.0, trata de reincorporar la tensión del sistema a -1.0 o h. Él debe recorrer 2.0 para alcanzar el valor h y así puede pasar del punto h por 2. Luego la tensión resultante en f es 3 veces el normal. Los interruptores modernos generalmente no reinciden o

reencienden más de una vez durante el despeje. Las tensiones que se aproximan a 3 veces la normal ocurrirán solo si ocurre el reencendido en el peor tiempo posible. Tensiones del orden de 2,5 veces son más típicas en medidas de campo [9].

**1.2.4. Corrientes cortadas.** La mayoría de los dispositivos de interrupción de corrientes de falla tales como fusibles, reclosers, interruptores, etc, realizan la extinción del arco cuando la corriente (de 60 Hz) pasa por cero. Los transitorios producidos de esta manera son usualmente 2 veces el normal o menos. Es posible bajo algunas condiciones tales como la operación de fusibles limitadores de corriente o de interruptores que la interrupción de bajas corrientes ocurra antes de que la corriente pase por cero. Estas corrientes cortadas así pueden causar excepcionalmente altas tensiones dependiendo de la rata de interrupción de la corriente, de la cantidad de corriente cortada y de la configuración del sistema [9].

Para analizar el corte abrupto de corriente, se asume que la corriente es forzada a que instantáneamente baje a cero desde algún valor finito. Si esta corriente está fluyendo en una inductancia, ella no puede cambiar instantáneamente, y por lo tanto, resulta que prácticamente debe haber una capacitancia y/o resistencia asociada con la inductancia si el arco de tensión es ignorado. Teóricamente, el corte puede producir tensiones muy altas. En la práctica, sin embargo, la inductancia es con frecuencia la impedancia no lineal de magnetización de un transformador. Las características magnéticas de los transformadores modernos, acoplados en interruptores típicos usualmente no dan elevaciones de tensión de más de 2 veces el normal [9].

**1.2.5. Contacto accidental con sistemas de alta tensión.** Con frecuencia los circuitos aéreos de distribución primaria están construidos debajo de circuitos de alta tensión en el mismo poste. Caen conductores de alta tensión rotos sobre circuitos primarios de tensión más baja, posiblemente causando que los

pararrayos ratados más bajo fallen a lo largo de la línea completa y causen daños en la mayoría de equipos [9].

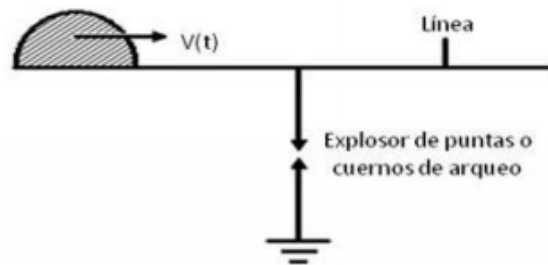
### **1.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES (DPS)**

Los DPS son aparatos destinados a proteger el material eléctrico contra las sobretensiones transitorias elevadas, drenándolas y limitando su duración, y eventualmente la amplitud de la corriente subsiguiente. Estos aparatos comenzaron con formas de cuernos entre los cuales bajo una sobretensión se iniciaba una descarga, evolucionaron con resistencias no lineales (de carburo de silicio) en serie a un explosor, y luego apareció el óxido de cinc [10]. En sus inicios se creía que el DPS o pararrayo absorbía o detenía el rayo y básicamente lo que hace es desviarlo, y así proteger el equipo que esté conectado a este en paralelo. El rayo es un fenómeno meteorológico que genera severos efectos térmicos, eléctricos y mecánicos, en función de su energía durante la descarga, los valores de corriente que pueden aparecer en un solo rayo oscilan entre 5000 y 350000 amperios.

Los DPS tienen un funcionamiento cuyo principal objetivo es proteger el transformador de sobretensiones, en condiciones normales de funcionamiento de la red tiene una impedancia muy elevada y solo fluye una pequeña corriente del orden de 1 mA. En presencia de una sobretensión, la impedancia cambia a un valor muy bajo, descargando así una corriente a tierra, la importancia de este radica en que se puede reducir el aislamiento de los transformadores, además de ello reducir la probabilidad de falla del transformador, permitiendo así un aumento del nivel de confiabilidad de la red. Esto es importante desde el punto de vista económico y de confiabilidad del sistema. A continuación se presentan las clases de pararrayos que se han venido empleando en el sistema eléctrico a través de su historia.

**1.3.1. Descargador abierto explosor o chispero** Cuando se comenzó a estudiar las causas y efectos de las sobretensiones en líneas de transmisión, surgió la necesidad de buscar un elemento que fuera capaz de drenar estas sobretensiones a tierra, por lo que los primeros dispositivos que se emplearon fueron los llamados cuernos de arqueo (road gap), arreglo que se muestra a continuación en la figura 9 [11].

**Figura 9.** Representación esquemática de un pararrayos de explosores. Tomado de [11].



Algunas de las ventajas que este tipo de dispositivos presentaban eran:

- Nula intensidad de fuga.
- Baja capacidad.
- Alta capacidad de disipación energética.
- Bajo costo.

Entre las desventajas más frecuentes se tenía:

- Su tensión de disparo dependía de la polaridad.
- Para que este entrara en funcionamiento en un tiempo de  $1 \mu\text{s}$  la tensión de disparo debía encontrarse en un rango que fuera 1,5 a 3 veces superior a la tensión crítica de flameo  $V_{50}$ .
- El arco no extinguía por sí mismo.

- El disparo del explosor provocaba un corto circuito en el sistema, el cual de forma inmediata era alimentado por la corriente del sistema.

**1.3.2. Pararrayos tipo expulsión.** Este tipo de pararrayos consiste en un entrehierro o explosor externo o a la intemperie que está conectado en serie con un tubo que genera gases al producirse calor en su interior; el tubo está construido de fibra o micarta, con casquillos en ambos extremos los cuales están montados en dos piezas que sirven como terminales para conectar el explosor y para la conexión a tierra del pararrayos; esto forma otro entrehierro o explosor interno en el tubo. Este tipo de pararrayos actúa en forma semejante a una cuchilla fusible, pero sin el fusible; esto es, cuando la onda de sobretensión tiene un valor determinado (tensión de disparo del pararrayos) se forma un doble arco, uno en el explosor exterior y otro en el explosor interior, con lo cual se forma una descarga a tierra de baja impedancia para la corriente del rayo y de servicio de la línea, una vez que desaparece la onda de sobretensión, solo queda la tensión debida a la caída del arco dentro de la cámara de arqueo [12].

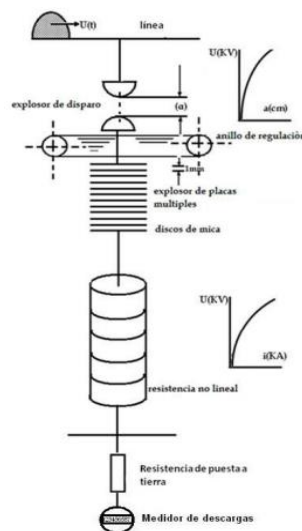
**1.3.3. DPS de carburo de silicio.** Los DPS de SiC (recortador) utilizan válvulas de resistencias no lineales de carburo de silicio en serie con una estructura de explosores (a través de los cuales se descarga la sobretensión), las válvulas limitan y cortan la corriente. La utilización de los explosores es necesaria debida a que el carburo de silicio tiene un pequeño coeficiente de no linealidad, y siempre estaría conduciendo. La conexión en serie de los explosores disminuye la tensión aplicada a los bloques, impide el paso de corrientes de fuga y corta el paso de la corriente que se produce después de una descarga [10].

**1.3.4. DPS de autoválvula.** Debido a que las desventajas de los pararrayos que existían eran considerables, en especial en su funcionamiento, la desventaja más importante que se considero fue el disparo, puesto que debido a su mal funcionamiento provocaba que se generara un corto circuito en el sistema, lo cual

no es recomendable. Gracias a la detección de estas desventajas se pudieron desarrollar mejoras en el pararrayos de carburo de silicio y de explosores, esto dio paso al desarrollo de DPS más eficientes y que tuvieran una mayor confiabilidad, llegando al diseño del descargador tipo autoválvula, llamado así por el comportamiento característico de sus resistencias [11]. En la figura 10, se puede observar cómo está conformado este pararrayos.

**1.3.5. DPS con explosores activos.** La necesidad de mandar a tierra no solamente las sobretensiones atmosféricas, sino también las de maniobra, se convirtió rápidamente en el nuevo reto para los pararrayos. Esto permite que el descargador no presente daños permanentes cuando drene corrientes de varios cientos de miliamperios con valores de duración de 1 000  $\mu$ s. Es evidente que la magnitud de la tensión residual en los extremos del pararrayos tome valores cercanos al nivel básico de aislamiento, elevando la temperatura del pararrayos, al utilizar resistencias a base de carburo de silicio, el incremento de la temperatura impedirá la de-ionización del medio, permitiendo con esto que se produzca el re-encendido del arco eléctrico dentro del pararrayos.

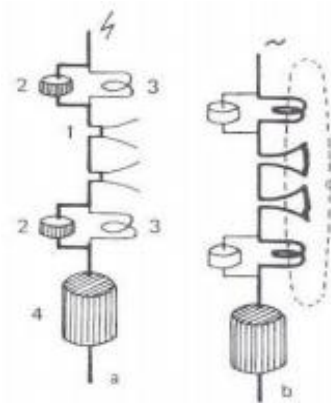
**Figura 10.** Representación simplificada de un DPS de autoválvula. Tomado de [11].



El funcionamiento de este tipo de dispositivos es mostrado en la figura 11, donde las bobinas de soplado magnético (3) se encuentran conectadas en paralelo con resistencias (2), y ambas, a su vez, conectadas en serie con los explosores activos (1). En la práctica se suelen observar varias configuraciones de este tipo conectadas en serie, para así poder aumentar el efecto de soplado sobre la corriente, que circula primero a tierra (corriente de descarga), pero que luego tiene que ser extinguida (corriente de fuga). La resistencia autovalvula (4) se conecta finalmente a los elementos citados anteriormente en la figura mencionada [11].

**1.3.6. DPS de óxido de zinc.** Es un elemento de óxido metálico de resistencia no lineal, contiene óxido de zinc muy fino, el cual sintetizado con otros aditivos puede prensarse en discos de tamaño deseado, estos discos expuestos a altas temperaturas se convierten en un material cerámico policristalino denso; la estructura de esta cerámica es una matriz de granos de óxido de zinc altamente conductor, rodeados y separados por capas intergranulares de resistencia eléctrica alta, consistente principalmente por aditivos de óxido metálico, bajo un esfuerzo eléctrico suficiente, las capas intergranulares empiezan a conducir siguiendo una característica de conducción altamente no lineal.

**Figura 11. Secuencia de operación de un pararrayos con explosores activos y soplado magnético. A) derivación a tierra de sobrecorriente. B) derivación a tierra de corriente de fuga. 1) explosores activos. 2) resistencia de derivación. 3) bobina de soplado magnético. 4) resistencia autoválvula. Tomado de [11].**



Los DPS ZnO (limitador) presentan una alta impedancia en condiciones normales de funcionamiento de la red, teniendo unas descargas en funcionamiento normal del orden de miliamperios. Debido a su curva de funcionamiento altamente no lineal, la aparición de una sobretensión en la red implica una disminución exponencial de la resistencia que presenta la autoválvula a la circulación de la corriente, derivando la sobrecorriente a tierra a través de ella e impidiendo que la tensión en la red supere el nivel de aislamiento nominal del equipo [10].

**1.3.7. DPS de frente muerto.** Descargador de sobretensiones ensamblado en una carcasa apantallada que brinda aislamiento del sistema y blindaje para conexión a tierra, para instalar en un cerramiento para la protección del equipo y los circuitos de distribución montados sobre soporte y subterráneos [13].

## 1.4. ONDAS DE PRUEBA PARA DPS

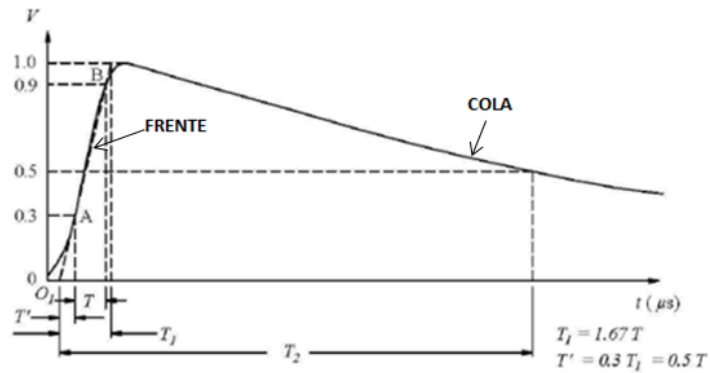
**1.4.1. Impulsos de tensión.** El equipo eléctrico (sistemas eléctricos de potencia, transmisión o distribución) durante su vida operacional tiene que soportar sobretensiones causadas por descargas atmosféricas o por maniobras, cuyos picos, generalmente, exceden las amplitudes operativas de las tensiones AC. Los estándares internacionales definen el IMPULSO DE TENSIÓN como una tensión unidireccional que crece más o menos rápidamente hasta un valor máximo y luego decrece relativamente despacio hasta llegar a cero [10].

Los parámetros que definen una onda de impulso son los siguientes: polaridad, valor de cresta (máximo), duración del frente (que precede a la cresta) T1, duración de la cola hasta el hemivalor T2. Se dice que una onda de tensión de impulso es plena cuando no es interrumpida (cortada) por una descarga, contorno o perforación. La onda cortada puede serlo en el frente, en la cresta, o en la cola, y a partir del instante del corte de tensión cae bruscamente. Se distinguen dos tipos de impulsos:

- Atmosférico (tipo rayo), IA.
- Maniobra (tipo swicheo), IM.

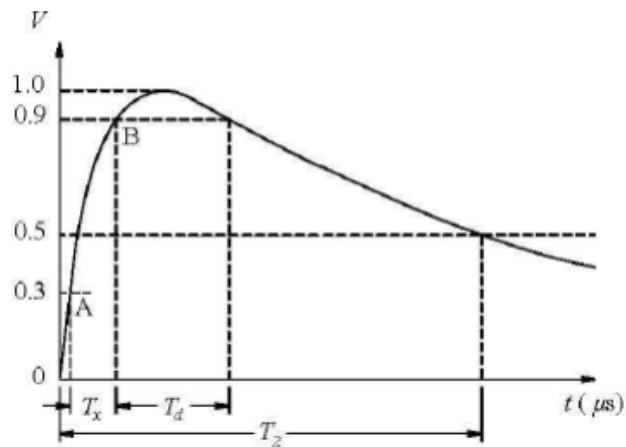
El primer tipo de sobretensiones son las originadas por descargas atmosféricas, que alcanzan a los conductores de las líneas de alta tensión o a las partes vivas de las subestaciones, en la figura 12 se representa la forma típica de una onda de tensión del tipo impulso atmosférico, el impulso atmosférico normalizado es un impulso pleno con una duración de frente T1 de 1,2  $\mu$ s y una duración hasta la cola T2 (amplitud al 50% de su valor de cresta) de 50  $\mu$ s, denominado impulso 1,2/50.

**Figura 12.** Onda de impulso atmosférico normalizada. Tomado de [10].



El segundo tipo de sobretensiones es causado por las maniobras efectuadas sobre los sistemas de distribución como apertura o cierre de líneas, energización de equipos, etc [10]. La onda de sobretensión cuyo tiempo de frente convencional es superior a 20 microsegundos se clasifica como sobretensión de maniobra, las características de una onda de maniobra implican algunos parámetros adicionales que se indican a continuación y que se ilustran en la figura 13. El impulso de maniobra normalizado denominado impulso 250/2500 es un impulso con una duración hasta la cresta de 250  $\mu s$  y una duración hasta la cola de 2500  $\mu s$ .

**Figura 13.** Onda de impulso maniobra. Tomado de [10].

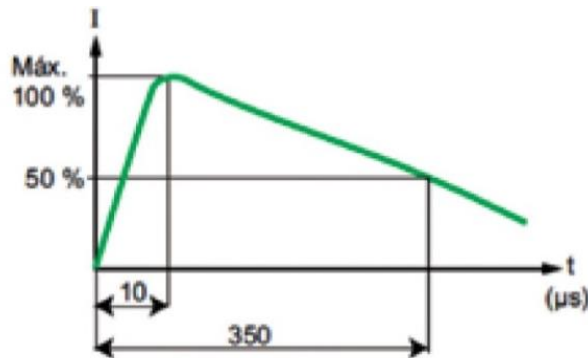


**1.4.2. Impulsos de corriente.** De acuerdo a los estándares utilizados para ensayar los dispositivos protectores contra sobretensiones transitorias, se utilizan distintas ondas impulsivas de ensayo, algunas formas adoptadas son las de impulso de corriente como lo son: 8/20  $\mu\text{s}$ , 10/350  $\mu\text{s}$ , 10/1000  $\mu\text{s}$ , etc. La forma de onda 10/350  $\mu\text{s}$  (fig. 14) se emplea para simular un impacto directo de rayo, mientras que la forma de onda 8/20  $\mu\text{s}$  es usada para simular el efecto de un impacto indirecto en sus diferentes formas de acoplamiento y operaciones de conmutación en redes de distribución de energía eléctrica.

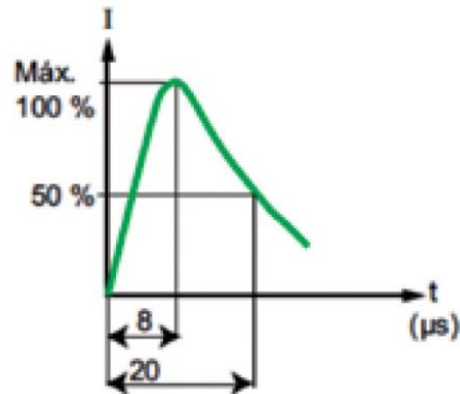
La forma de onda estándar es la 8/20  $\mu\text{s}$  (fig. 15). Las tolerancias de la forma de onda son las siguientes:

- Valor de cresta  $\pm 10\%$ .
- Tiempo de subida  $\pm 10\%$ .
- Tiempo hasta el valor medio  $\pm 10\%$ .

**Figura 14.** Forma de onda 10/350  $\mu\text{s}$ . Tomado de [29].



**Figura 15.** Forma de onda 8/20  $\mu$ s. Tomado de [29].



Se permiten pequeñas oscilaciones si la amplitud de la oscilación no sobrepasa más de un 5% el valor de cresta. Toda inversión de la polaridad debido al paso de corriente por cero no puede sobrepasar más de un 20% el valor de cresta. La medida de la corriente que circula por el interior del limitador se realiza con una precisión del 3%.

### 1.5. CLASES DE DPS

Existen tres clases de DPS: distribución, intermedio y estación. Para la mayoría, las principales diferencias de estos tipos de DPS es el tamaño del bloque. Un bloque más grande reduce la tensión de descarga IR e incrementa bastante la capacidad de energía y su confiabilidad. En la tabla 3 se presentan los diferentes DPS que se encuentran en el mercado según su tensión nominal. Los DPS del tipo distribución son usados en los alimentadores mientras que el intermedio y el tipo estación son usadas en las subestaciones (SE) [9].

**Tabla 3.** Tensiones nominales para las clases de DPS. Tomado de [9].

Tensiones nominales en kV																	
Distribución	1	3	6	9	10	12	15	18	21	22	23	24					
Intermedios	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51
Estación	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51

### 1.6. CARACTERÍSTICAS DE CONTAMINACIÓN

Factores contaminantes como vapores químicos, humo, polvo, lluvia, niebla salina u otros materiales conductores afectan el nivel de aislamiento de los dispositivos eléctricos. En su forma más general, los contaminantes constan de dos partes fundamentales: una parte eléctricamente inerte que al humedecerse no se disocia en iones, y que por lo tanto no es conductora y cuya función es darle a la capa sus características adhesivas y absorbentes, y una parte eléctricamente activa que al humedecerse se disocia y presenta por tanto características conductoras [23]. La IEC 60815 define cuatro niveles de contaminación (entre moderada y muy fuerte) y estipula la fuga requerida para revestimientos de porcelana indicada en la tabla 4. Si no existen normas similares para revestimientos de polímero, la tabla también rige actualmente para esos revestimientos. La distancia de fuga es la longitud medida a lo largo del perfil externo del revestimiento y sirve de medida del comportamiento del descargador en entornos contaminados en lo que respecta al riesgo de arcos externos [25].

**Tabla 4.** Características de contaminación. Tomado de [25].

Nivel de contaminación	Fuga específica en [mm/kV]
Moderado (L)	16
Medio (M)	20
Alto (H)	25
Muy alto (V)	31

### 1.7. NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (BIL)

Es un valor de referencia para la resistencia del aislamiento al impulso, expresado en términos de valor de cresta de la tensión permisible al impulso de rayo normalizado.

$$BIL = V_{50\%} [1-1,3\sigma]$$
$$\sigma \leq 3\%$$

Dónde:

$V_{50\%}$  = tensión de flameo.

En la tabla 5 se presentan las relaciones de tensión nominal del sistema, tensión máxima del sistema y el nivel básico de aislamiento para transformadores sumergidos en líquido refrigerante, ya que este equipo es el más común a proteger.

**Tabla 5.** Relaciones de tensión y nivel básico de aislamiento. Tomado de [28].

Aplicación	Tensión nominal del sistema, Us	Tensión máxima del sistema, Um	Nivel Básico de Aislamiento (NBA)
	kV eficaces	kV eficaces	kV cresta
Distribución hasta 500 kVA inclusive	≤1,2	1,2	30
	2,5	2,5	45
	4,4; 5,0	5,0	60
	7,2; 8,7	8,7	75
	11,4; 13,2; 13,8; 15	15,0	95
Potencia	1,2	1,2	30
	2,5	2,5	45
	4,4; 5,0	5,0	60
	7,2; 8,7	8,7	75
	11,4; 13,2; 13,8; 15	15,0	95
	25,0	25,0	125
	34,5	36	150
	46,0	52	200
69,0	72,5	250	

## **2. COMPARACIÓN DPS DE CARBURO DE SILICIO Y ÓXIDO METÁLICO**

En la tabla 6, se realiza la comparación respectiva entre los DPS de carburo de silicio y oxido metálico. A continuación se profundiza en cada uno de los temas expuestos en la tabla 6.

### **2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

**2.1.1. DPS de carburo de silicio.** Este tipo de pararrayos es considerado como uno de los más antiguos, actualmente casi en desuso, que consistía en un recipiente cerámico, que en su interior tenían conectados en serie resistencias de carburo de silicio con explosores metálicos, estos a su vez se encontraban aislados entre sí, la separación que existía entre los explosores se tomaba como un indicador de la tensión en la cual trabajaría el pararrayos, que por medio de sus resistencias no lineales lograba drenar la sobrecorriente a tierra. En la figura 16 se puede apreciar el pararrayos de carburo de silicio [11].

**Tabla 6.** Comparación DPS de SiC frente al DPS de ZnO. Fuente: Elaboración propia.

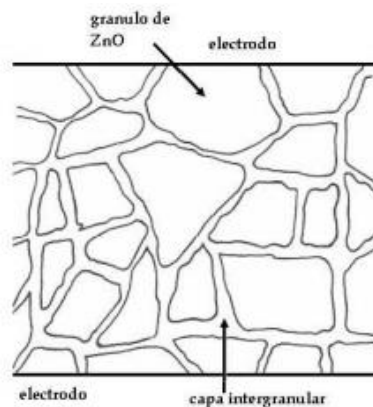
<b>COMPARACIÓN DPS DE CARBURO DE SILICIO VS DPS DE ÓXIDO METÁLICO</b>		
	<b>DPS SiC</b>	<b>DPS ÓXIDO METÁLICO (ZnO)</b>
Contienen explosores	SI	NO (aunque algunos fabricantes aun los emplean)
Actualmente se comercializan	NO	SI
Coeficiente de no linealidad	Elevado	Superior al de SiC
Características físicas: sistema de sellado, conexión a tierra, envolvente cerámico, anillo de regulación, contadores de descargas, dispositivo de alivio de presión	SI	SI
Características de operación: tensión nominal, frecuencia nominal, corriente de descarga, corriente nominal de descarga corriente subsiguiente, tensión no disruptiva, tensión residual, tensión de descarga, avalancha térmica, estabilidad térmica, nivel de protección, clase de aliviador de presión.	SI	SI
MCOV	NO	SI
Tensión de cebado	SI	NO
Ensayos tipo y de rutina	SI	SI
Resistencia bajo contaminación	SI	SI

**Figura 16.** Esquema básico de un DPS de carburo de silicio y explosores. Tomado de [11].



**2.1.2. DPS de óxido metálico.** Este tipo de pararrayos son más modernos que los de SiC, aunque físicamente son similares, estos se distinguen por la falta de explosores, además de contar con resistencias de óxido de zinc. Este tipo de DPS comenzó a tener auge en la década de los 70, penetrando en el mercado internacional rápidamente. Como se observa en la figura 17, el óxido de zinc son pequeñas partículas de 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente, las cuales se encuentran separadas por pequeñas capas con una gran resistencia. [11]

**Figura 17.** Estructura del óxido de zinc. Tomado de [11].



A principios de los 80 se observó la penetración en el mercado de DPS a base de óxido de zinc (ZnO) para operación ligera y para trabajo pesado. Así como ha

habido fabricantes que han omitido el uso de los explosores de disparo, existen otros que los siguen empleando, que a tensiones nominales logran aislar el sistema al cual se encuentran conectados. En algunos casos se ha implementado el uso de los llamados explosores de extinción, los cuales ayudan a extinguir completamente la corriente de fuga a tierra, la cual se considera de valores más bajos en comparación con la corriente de fuga de los DPS de carburo de silicio. En la figura 18 se pueden observar las partes de este dispositivo [11].

**Figura 18.** Partes principales del pararrayos de óxido de zinc (ZnO). Tomado de [12].



**2.1.3. Partes que conforman el DPS.** A continuación se presentan las partes constitutivas del DPS.

Explosores (aplica solo a DPS de SiC): estos se encuentran conectados en serie con el conjunto de resistencias no lineales, las cuales a su vez están interconectadas a tierra; su funcionamiento es enviar cualquier sobretensión dañina al sistema, drenándola a tierra.

Válvulas o resistencias no lineales de carburo de silicio (aplica solo a DPS de SiC): el funcionamiento de estos elementos era limitar el paso de la corriente a tierra, después de que el pararrayos ha sido descargado. Sus resistencias están construidas de carburo de silicio un material con una impedancia no lineal.

Resistencias no lineales de óxido metálico (aplica solo a DPS de ZnO): tienen idéntica misión que las resistencias de carburo de silicio pero con un coeficiente de no linealidad mucho más elevado, con lo que se consigue que tensiones nominales de servicio, estas resistencias conduzcan una corriente de fuga despreciable, mientras que frente a una sobretensión, absorben perfectamente la corriente de descargas.

*Las partes restantes aplican para ambos DPS*

Sistema de sellado: este es realizado con anillos de goma sintética blanda de doropreno, siendo comprimidos en la parte superior del pararrayos por una tapa de acero inoxidable, y en la parte inferior por el conjunto de la conexión a tierra, fabricado en bronce.

Conexión a tierra: tiene una doble función, la primera es de conectar el pararrayos con tierra y así lograr garantizar el paso de la corriente de descarga, y la segunda es evitar la inutilización de una línea por fallo de un pararrayos como consecuencia de una serie continuada descargas o una sobretensión mantenida y prolongada.

Envoltorio cerámico o polimérico: son generalmente de porcelana blanca o roja de alta resistencia, o de materiales poliméricos como hule silicon o EPDM (etileno Propileno Dieno monómero) con una línea de fuga lo suficientemente larga como para garantizar que ningún arco lo contornee bajo efectos de contaminación.

Anillo de regulación: su función en el DPS es la de mantener la distribución uniforme del gradiente de potencial a lo largo de este, sobre todo cuando se ha colocado en condiciones donde existe contaminación.

Contadores de descargas: para la protección del sistema eléctrico por medio de DPS, es importante tomar en cuenta el número de veces que el dispositivo ha

operado a causa de una sobretensión. Por tal motivo los DPS cuentan con un contador digital que es capaz de contabilizar cada vez que el pararrayos ha operado.

Dispositivo de alivio de presión: medio para aliviar la presión interna del descargador de sobretensiones y evitar la ruptura violenta de la carcasa luego del paso prologado de corriente de falla o flameo interno del descargador.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN**

A continuación se describen las características técnicas más relevantes que describen el funcionamiento de los DPS.

Tensión máxima de operación continua (MCOV) (aplica solo a DPS de ZnO): es la máxima tensión que puede ser aplicada entre bornes del DPS de forma indefinida sin que haya un aumento tanto en las pérdidas como en la temperatura del dispositivo [13].

Cebado (aplica solo a DPS de SiC): descarga disruptiva entre los electrodos del explosor de un descargador de sobretensiones [16].

Tensión de cebado a frecuencia industrial (aplica solo a DPS de SiC): valor de la tensión a frecuencia industrial medida en valor de cresta por  $\sqrt{2}$ , que aplicada entre los bornes de un DPS, provoca el cebado de todos los explosores en serie [16].

*Las siguientes características aplican para ambos DPS*

Tensión nominal: valor específico máximo de la tensión eficaz a frecuencia industrial admisible entre sus bornes para la cual está previsto que el descargador

de sobretensiones funcione correctamente. Esta tensión puede ser aplicada de manera continua a un descargador de sobretensiones sin modificar sus características de funcionamiento [16].

Frecuencia nominal: frecuencia de la red para la cual está previsto el descargador de sobretensiones [16].

Corriente de descarga: onda de corriente que fluye por el descargador de sobretensiones, en el caso del DPS de carburo de silicio como consecuencia del cebado de los explosores en serie [16].

Corriente nominal de descarga: valor de cresta de la corriente de descarga de forma de onda 8/20  $\mu$ s que se utiliza para designar un descargador de sobretensiones. Es, asimismo la corriente de descarga utilizada para iniciar la corriente subsiguiente durante el ensayo de funcionamiento [16].

Corriente subsiguiente: corriente aportada por la red y que fluye por el DPS después del paso de la corriente de descarga [16].

Tensión de descarga: valor pico de la tensión que aparece entre bornes desde que se presenta la sobretensión hasta cuando aparece la corriente de descarga [10].

Tensión residual: tensión que aparece entre los bornes de un DPS durante el paso de la corriente de descarga [16].

Característica de tensión no disruptiva: esta tensión de resistencia a la frecuencia industrial en función del tiempo presenta las máximas duraciones de tiempo para las cuales se pueden aplicar a los DPS a frecuencia industrial, sin causar daño o inestabilidad térmica [13].

Avalancha térmica: situación en la que la pérdida de potencia sostenida de un DPS excede la capacidad de disipación térmica de la carcasa y las conexiones, lo que conduce a un aumento acumulativo de la temperatura de los elementos resistivos que termina en falla [13].

Estabilidad térmica: un DSP es térmicamente estable si después del funcionamiento que haya causado elevación de temperatura, la temperatura de los elementos resistivos disminuye con el tiempo cuando el DPS es energizado a una tensión de funcionamiento continua especificada y en condiciones ambientales especificadas [13].

Nivel de protección: el nivel de protección al impulso tipo rayo de un pararrayos es el valor máximo de la tensión residual a la corriente nominal de descarga. Esto se aplica a la protección de los equipos contra las sobretensiones de frente rápido. El nivel de protección al impulso tipo maniobra es el valor máximo de la tensión residual a las corrientes de impulso tipo maniobra especificadas. Esto se aplica al apantallamiento de los equipos contra las sobretensiones de frente lento [1].

Clase de aliviador de presión: es el número relativo a la capacidad de un pararrayos para resistir las corrientes de falla interna, que sobrevienen después de una falla, sin explosión violenta de la cubierta [1].

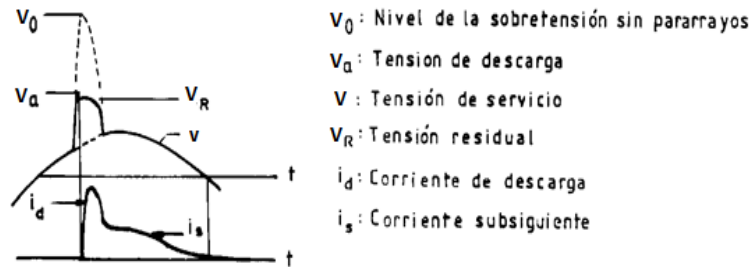
Resistencia bajo contaminación: para los pararrayos destinados a ser utilizados en zonas contaminadas de los niveles III y IV, es recomendable un ensayo de contaminación, este ensayo permite obtener informaciones sobre las descargas disruptivas [1].

Ensayos tipo: ensayos realizados al terminar el desarrollo del diseño de un nuevo descargador de sobretensiones, para determinar el desempeño representativo y para demostrar la conformidad con la norma pertinente [13].

Ensayos de rutina: ensayos realizados sobre cada descargador o sobre partes o materiales de éste, para asegurar que el producto cumple las especificaciones de diseño [13].

En la figura 19, se muestra la característica tensión corriente para el DPS de carburo de silicio.

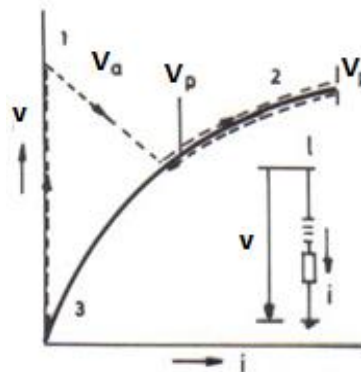
**Figura 19.** Esquema de funcionamiento de un DPS de carburo de silicio. Tomado de [10].



En la figura 20 se muestra la característica tensión corriente para el DPS de SiC, mientras que en la figura 21 se realiza para el DPS de ZnO.

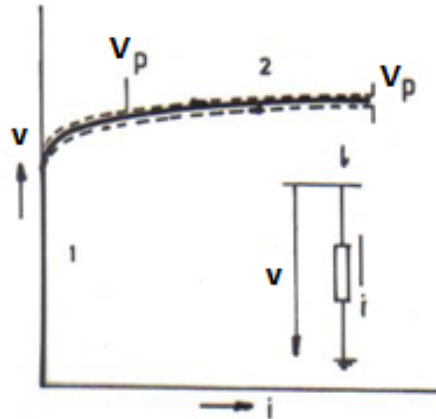
**Figura 20. Característica tensión-corriente de DPS con explosores,**

1=encendido; 2=corriente que circula por el DPS; 3=recuperación. Tomado de [30].



**Figura 21. Característica tensión-corriente de DPS con resistencias de óxido metálico, 1= característica I-V rango de alta impedancia**

2=característica I-V rango de baja impedancia. Tomado de [30].



### 2.3. DIFERENCIAS RELEVANTES

- La descarga IR de un pararrayos se encuentra usando la onda de impulso estándar de  $8 \mu\text{s}/20 \mu\text{s}$ . Esta onda ha sido usada por muchos años y ha sido considerada como representativa para descargas atmosféricas, los datos experimentales han indicado que los tiempos del frente de onda reales son mucho más rápidos. Los tiempos de frente de onda de  $2 \mu\text{s}$  o menos no son inusuales. Un tiempo de cresta de  $1 \mu\text{s}$  ocurriría el 17% de las veces. Si una onda con este tiempo de elevación incide en un pararrayos, la descarga disruptiva y la IR del pararrayos cambiarán los valores publicados para una onda estándar de  $8 \mu\text{s}/20 \mu\text{s}$ . Se ha llegado a concluir que la característica IR de un pararrayos de carburo de silicio se incrementa aproximadamente el 30% y para uno de ZnO el 10%. Esta es una de las principales desventajas del DPS de ZnO con respecto al de Carburo de Silicio [9].
- Los problemas que existían con los explosores serie, ya no se tienen en los de ZnO. La construcción de los de ZnO es más simple y como tiene menos

piezas, la confiabilidad es mayor. Lo anterior, establece diferencias constructivas entre los dos tipos de fabricación.

- La diferencia en las características de los materiales (SiC y ZnO) es significativa: Los discos o bloques hechos de ZnO tienen una característica no lineal muy superior a los de SiC, en la figura 22 se puede apreciar esta comparación, en donde el DPS de óxido metálico sencillamente facilita la entrada o salida de conducción. Debido a esta característica, los pararrayos de ZnO no requieren los explosores. La característica no lineal del ZnO, permite lograr niveles de protección mejores que los de SiC. Los pararrayos de ZnO, tienen mayor capacidad de absorción de energía, lo cual permite realizar la protección contra sobretensiones de maniobra, esto no era posible con los de SiC [18].
- En la figura 23, se muestra una comparación del nivel de protección de un DPS convencional con un DPS de óxido metálico.

**Figura 22.** Comparación de las características no lineales del pararrayos de óxido metálico con la del pararrayos de carburo de silicio. Tomado de [9].

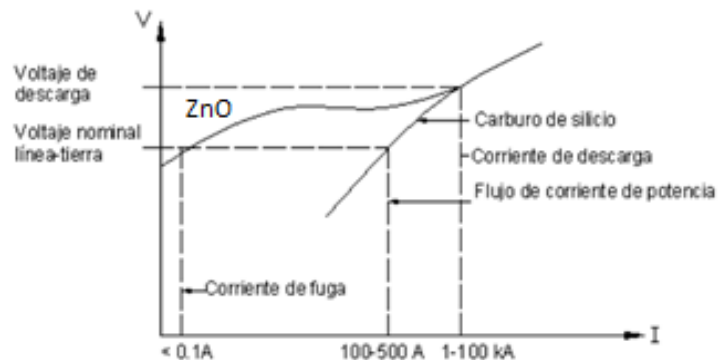
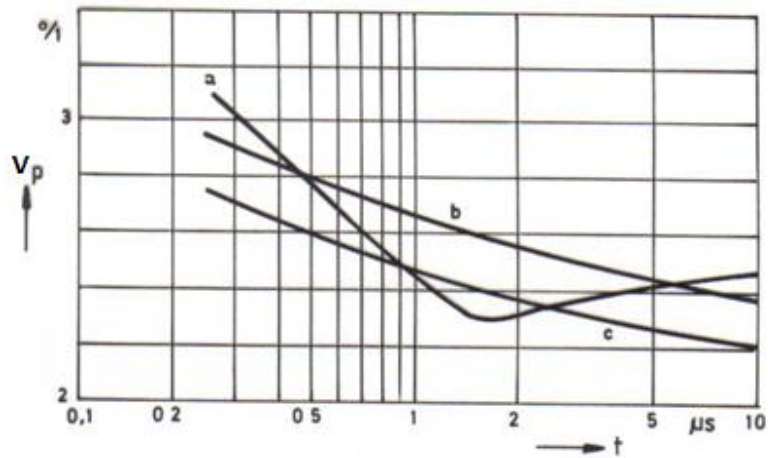


Figura 23. Comparación del nivel de protección de un DPS convencional con un DPS de óxido metálico. Donde, a= tensión de descarga con explosores; b= tensión residual para una corriente de coordinación de 10 kA, para un DPS con explosores; c= nivel de protección para una corriente de coordinación de 10 kA, para un DPS de óxido metálico. Tomado de [30].



### **3. PROCESO DE SELECCIÓN DE DPS EMPLEADO EN COLOMBIA**

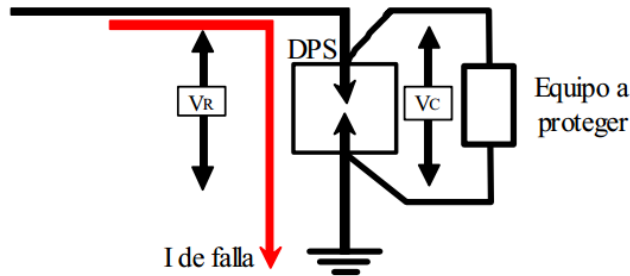
Para realizar el proceso de selección de DPS, se debe remitir tanto al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) como a las Normas Técnicas Colombianas (NTC), ya que en estos textos se encuentran la normalización de estos dispositivos para el país, a continuación se tratarán las indicaciones que cada uno de estos textos establece.

#### **3.1. REQUERIMIENTOS SEGÚN RETIE**

A continuación se presentan las exigencias y especificaciones que el RETIE establece sobre los DPS.

Toda subestación (transformador) y toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta o extra alta tensión, deben disponer de DPS. El DPS debe estar instalado como lo indica la figura 24. Se debe tener como objetivo que la tensión residual del DPS sea casi igual a la aplicada al equipo [14]. En subestaciones de distribución al interior de edificios, el diseñador evaluará y justificará la posibilidad de instalar sólo los DPS en la transición a la acometida subterránea y no en el transformador. Para la instalación de un DPS se debe tener en cuenta que la distancia entre los bornes del mismo y los del equipo a proteger debe ser lo más corta posible, de tal manera que la inductancia sea mínima [14].

**Figura 24. Montaje de los DPS. Tomado de [14].**



Los DPS utilizados en media, alta y extra alta tensión con envolvente en material de porcelana, deben contar con algún dispositivo de alivio de sobrepresión automático que ayude a prevenir la explosión del equipo. Los DPS utilizados en media tensión con envolvente en material polimérico, deben contar con algún dispositivo externo de desconexión en caso de quedar en cortocircuito.

### **3.2. REQUERIMIENTOS SEGÚN NTC 2878 (ELECTROTECNIA. GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE PARARRAYOS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN)**

La NTC 2878 establece las recomendaciones generales básicas para la selección y aplicación de pararrayos que serán utilizados para la protección de transformadores de distribución con tensiones de serie entre 15 kV y 34,5 kV. Esta norma se apoya en la NTC 2166 (descargadores de sobretensiones de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna) y en la NTC 4389 (descargadores de sobretensiones de óxido metálico sin espaciadores para sistemas de corriente alterna) [15].

**3.2.1. Selección de DPS de óxido metálico,** En las siguientes indicaciones se presenta como obtener un DPS de óxido de zinc que represente seguridad a la red eléctrica, así como también se muestra un ejemplo de cómo realizar el

procedimiento de selección, ya que este tipo de dispositivo es lo que actualmente maneja el mercado.

### **3.2.1.1. Características nominales para la selección del DPS de óxido metálico**

- Tensión máxima de operación continua del DPS (MCOV).
- Máximas tensiones residuales para ondas de descarga de 8 µs/20 µs.
- Corriente nominal de descarga.
- Capacidad para soportar la corriente de descarga de onda de 4 µs/10 µs.
- Capacidad de disipación total de energía sin refrigeración.
- Clase de alivio de presión.
- Aislamiento externo de la porcelana.
- Capacidad de soporte de sobretensiones temporales.

**3.2.1.2. Selección de la tensión nominal.** La tensión nominal se utiliza como un valor de referencia que determina las demás características de operación.

a) Determinación de la tensión máxima de operación continua (MCOV)

Si el pararrayos está conectado entre fase y tierra en un sistema trifásico se determinará así:

$$MCOV = \frac{Vm}{\sqrt{3}}$$

Dónde:

Vm= tensión máxima del sistema.

Los valores de MCOV estandarizados en el mercado se pueden apreciar en la tabla 7, en donde por ejemplo para una tensión nominal de 10 kV tenemos la posibilidad de seleccionar un DPS con un MCOV de 8, 8,4 u 8,5.

b) Determinación de una tensión preliminar basada en la tensión máxima de operación continúa.

$$V_o = \frac{MCOV}{K_o}$$

Dónde:

$V_o$  = tensión preliminar.

$K_o$  = factor de diseño del pararrayos propio del fabricante.

c) Determinación de sobretensiones temporales en falla a tierra.

$$VTG = K_e * V_{oc}$$

Dónde:

$VTG$  = sobretensión temporal en falla a tierra.

$K_e$  = factor de falla a tierra que depende de la relación  $X_0/X_1$  y  $R_0/R_1$  (impedancias de secuencia cero y positiva).

*Nota.  $K_e$  tiene un valor máximo de 1,4 para sistemas directamente aterrizados y normalmente un valor de 1,73 para sistemas aislados.*

**Tabla 7.** Valores de MCOV que se encuentran en el mercado. Fuente: Elaboración propia.

<b>Tensión nominal DPS [kV]</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>MCOV real [kV]</b>	2,4; 2,55	3; 3,2	4	4,8; 5; 5,1	6	6,4	7; 7,2; 7,65	8; 8,4; 8,5	9	9,6; 10; 10,2
<b>Tensión nominal DPS [kV]</b>	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24
<b>MCOV real [kV]</b>	11	12; 12,7	13	14	14,4; 15,3	15	16	16,8; 17; 17,85	18; 17,6	19; 19,2; 19,5; 20,4
<b>Tensión nominal DPS [kV]</b>	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35
<b>MCOV real [kV]</b>	20	21	21,6; 22; 22,95	23	24; 24,4	25	26	26,4; 27; 28,05	27	28
<b>Tensión nominal DPS [kV]</b>	36	37	39	40	41	42	44	45	46	47
<b>MCOV real [kV]</b>	28,8; 29; 30,6	30	31,2; 31; 33,5	32	33	33,6; 34; 35,7	35	36; 38,25	37	38

d) Selección de otra tensión nominal preliminar basada en la sobretensión temporal de falla a tierra.

$$V1 = \frac{VTG}{Kt}$$

Dónde:

V1 = tensión preliminar.

Kt = capacidad de la sobretensión temporal del DPS expresada como múltiplo de la tensión nominal.

*Nota. Kt se puede tomar de curvas o de tablas dadas por los fabricantes de pararrayos, las cuales muestran la duración de sobretensión y su contraste respectivo como múltiplo de tensión nominal.*

La capacidad de la sobretensión temporal del DPS depende también del consumo de energía precedente y la tensión de servicio aplicada después de la sobretensión.

e) Determinación de otras tensiones temporales

Aplicando lo descrito en el ítem c) se calculan otras sobretensiones temporales y a partir de ellas se hallan valores preliminares de tensiones nominales igual que en el ítem anterior ( $V_0, V_1, V_2... V_n$ ).

f) Determinación de la tensión nominal

La tensión nominal que se debe seleccionar es el valor más alto escogido entre las tensiones preliminares ( $V_0, V_1, V_2... V_n$ ). Si este valor no corresponde a un valor de tensión normalizado se debe seleccionar el inmediatamente superior normalizado.

### **3.2.1.3. Coordinación de corriente**

a) Corriente nominal de descarga

La corriente nominal de descarga se determina como se estipula en el numeral 3.2.2.3.

b) Capacidad para soportar un impulso de maniobra

Para sistemas con tensiones de servicio entre 15 kV y 34,5 kV, este parámetro tiene menor importancia ya que las sobretensiones originadas por impulsos de maniobra son inferiores a las sobretensiones por descargas atmosféricas. Sin embargo, los valores de corriente y las tensiones residuales con las corrientes y ondas por maniobra son importantes para el cálculo de la disipación de energía

que debe soportar el pararrayos. Para las tensiones menores o iguales a 34,5 kV, las magnitudes de la máxima corriente producida por un impulso de maniobra son de 0,5 kA [15].

**3.2.1.4. Margen de protección.** Diferencia entre la rigidez dieléctrica del aislamiento del equipo y el nivel de protección del pararrayos.

a) El margen de protección del pararrayos para ondas de impulso atmosférico se establece de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MP = \frac{BIL - Vr}{Vr} * 100\%$$

Dónde:

MP= Margen de protección.

BIL = Nivel básico de aislamiento.

Vr = Tensión residual o tensión de descarga con la corriente de descarga nominal, con una onda 1,2 μs/50 μs.

b) El margen de protección del DPS para ondas de impulso de maniobra se establece de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MP = \frac{VIM - Vr}{Vr} * 100$$

Dónde:

MP= margen de protección.

VIM= tensión que debe soportar el equipo con el impulso de maniobra.

Vr = tensión residual con onda de impulso de maniobra.

Se recomienda que las tensiones residuales en el DPS a la corriente nominal de descarga con ondas de impulso de corriente 8 μs/20 μs, sean mínimo 20% menores que el nivel básico de aislamiento (BIL) del equipo protegido. Para sobretensiones de maniobra, el margen de protección no debe ser inferior al 15%

de la tensión que debe soportar con un impulso de maniobra (VIM), el equipo protegido [15].

**3.2.1.5. Distancia de protección.** Los márgenes de protección del DPS solamente son válidos si el DPS se monta directamente sobre el objeto que se va a proteger, debido a que si existe una distancia entre el pararrayos y el objeto protegido, se reducen drásticamente los márgenes de protección. La tensión aplicada sobre el objeto que se va a proteger con un DPS, se determina a partir de las siguientes consideraciones:

a) Considerando un DPS (P) que protege un transformador (T) instalado a una cierta distancia de éste (véase figura 25), de tal forma que una onda tarda un tiempo (t) en recorrer el trayecto.

$$V_p = R_d I_d + R_t I_d + V_1$$

$$V_e = V_p + V_{osc}$$

$$V_{osc} = \frac{2U_t L}{V} V_1 = L_1 H \frac{di_d}{dt}$$

Dónde:

$V_p$  = tensión aplicada al DPS (kV).

$R_d \times I_d = V_r$  =tensión residual del DPS (kV).

$R_d$  = resistencia de descarga del DPS ( $\Omega$ ).

$I_d$  = corriente nominal de descarga (kA).

$R_t$  = resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$U_t$  = pendiente de la onda incidente (kV/ $\mu$ s).

$V$  = velocidad de onda incidente (m/ $\mu$ s).

$L$  = separación entre el DPS y el equipo protegido (m).

$V_e$  = tensión aplicada al equipo que se va a proteger (kV).

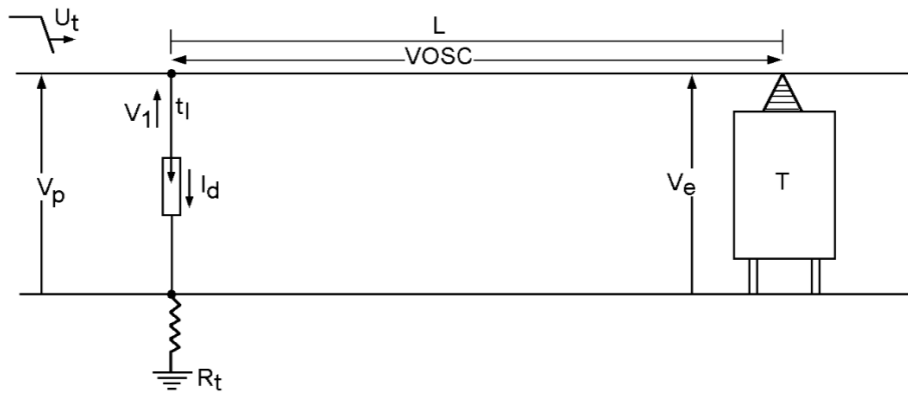
$L$  = longitud del bajante del DPS (m).

$H$  = inductancia del cable de conexión al DPS (H/m).

b) Con el valor  $V_e$  se debe recalculer el margen de protección  $MP$ , con el fin de determinar que este último no sea inferior al 20% establecido.

$$\text{Entonces, } MP = \frac{NBA - V_e}{V_e} \times 100\% = 20\%$$

**Figura 25.** Circuito para el cálculo del margen de protección (distancia de protección). Tomado de [15].



c) Si  $L$  y  $R_t$  son demasiado pequeños  $V_e$  puede ser calculado en forma aproximada por la siguiente formula simplificada.

$$V_e = V_{osc} = (R_d \cdot I_d) \frac{V_r + 2U_t L}{V}$$

### 3.2.1.6. Capacidad de disipación de energía

a) Determinación de la disipación de energía debida a conmutación

La ecuación que se debe utilizar para el cálculo de la energía que deberá disipar el pararrayos, es la siguiente:

$$E = \frac{V_{ov} - V_1}{Z} \times V_r \times 2t \times n$$

Dónde:

E = energía que debe disipar el pararrayos.

V<sub>ov</sub> = sobretensión esperada en ausencia de pararrayos.

V<sub>r</sub> = tensión residual del pararrayos para una carga de 10 kA.

T = tiempo de propagación de la descarga (valor asumido 20 μs).

n = número de descargas consecutivas considerado como 1.

Z = impedancia expresada en Ω.

La capacidad de disipación de energía debido a la tensión nominal será:

$$\frac{\text{Energía disipada}}{\text{Tensión nominal del pararrayos}}$$

Expresada en kilojulios / kilovoltios (kJ/kV)

b) Magnitud de disipación de energía debida a descarga atmosférica

Se puede calcular en forma aproximada por medio de la siguiente ecuación:

$$E = V_r \times I \times t \times n$$

Dónde:

E = energía que debe disipar el pararrayos.

I = corriente de descarga (10 kA).

V<sub>r</sub> = tensión residual del pararrayos para una descarga de 10 kA.

T = tiempo de propagación de la descarga (valor asumido 20 μs).

n = número de descargas consecutivas sin enfriamiento y tiene un valor de 2.

Se calcula la capacidad de disipación de energía debida a la tensión nominal y se verifica el cumplimiento de la clase de descarga del pararrayos que se va a utilizar.

**3.2.1.7. Capacidad de alivio de presión.** El cálculo de la capacidad de alivio de presión se determina por la corriente de cortocircuito (IBC) en el lugar donde va a ser instalado el pararrayos.

$$I_{BC} = \frac{MVA_{(falla)}}{\sqrt{3} \times V_n}$$

Dónde:

$V_n$  = tensión nominal.

MVA (falla) = cantidad en MVA cuando se presenta una falla.

Con la IBC se verifica la clase de descarga del pararrayos seleccionado de acuerdo con la tabla 8.

**3.2.1.8. Aislamiento del pararrayos.** Se debe seleccionar de acuerdo con lo indicado en el numeral 3.2.2.11.

**Tabla 8.** Parámetros para los ensayos de impulso de corriente de larga duración a descargadores de sobretensiones de 10 000 A, servicio pesado. Tomado de [16].

Clase de descarga de larga duración	Valores de la resistencia de carga $R_1$ $\Omega$	Duración convencional de la cresta $\mu s$	Tensión de carga $U_c$ , kV (corriente continua)
1	3,3 $U_r^*$	2 000	3,0 $U_r^*$
2	1,8 $U_r$	2 000	2,6 $U_r$
3	1,2 $U_r$	2 400	2,6 $U_r$
4	0,8 $U_r$	2 800	2,4 $U_r$
5	0,5 $U_r$	3 200	2,2 $U_r$

$U_r$  = tensión nominal de la muestra ensayada, en kilovoltios

**3.2.1.9. Ejemplo selección de DPS de óxido de zinc según NTC 2878**

Parámetros de la red:

- Tensiones: 34500 /440 V

- BIL: 200/30 kV
- Sistema aterrizado

Tensión máxima:

El valor de la tensión máxima del sistema esta aproximadamente entre 1,05 y 1,1 la tensión nominal del sistema.

$$V_m = 34,5 * 1,1 = 37,9 \text{ kV}$$

Tensión máxima de operación continua:

$$MCOV = \frac{V_m}{\sqrt{3}}$$

$$MCOV = \frac{37,9 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 21,9 \text{ kV}$$

La tensión máxima de operación continua obtenida fue de 21,9 kV, este no es un valor estandarizado por los fabricantes, es por tal razón que se selecciona un MCOV de 22 kV que si se encuentra en catálogos.

Entonces MCOV seleccionado,  
MCOV=22 kV

Tensión preliminar basada en la tensión máxima de operación continua.

$$V_o = \frac{MCOV}{K_o}$$

Se asume un factor  $K_o=0,8$ , este valor depende del fabricante.

$$V_o = \frac{22 \text{ kV}}{0,8} = 27,5 \text{ kV}$$

Sobretensiones temporales en falla a tierra

$$VTG = Ke * MCOV$$

Ke=1,4 para sistemas aterrizados

$$VTG = 1,4 * 22 \text{ kV} = 30,8 \text{ kV}$$

Selección de tensión preliminar basada en la sobretensión temporal de falla a tierra.

$$V1 = \frac{VTG}{Kt}$$

Kt= 1,15 para un tiempo de duración de falla de 1 s.

$$V1 = \frac{30,8 \text{ kV}}{1,15} = 26,78 \text{ kV}$$

Kt= 1,1 para un tiempo de duración de falla de 10 s.

$$V2 = \frac{30,8 \text{ kV}}{1,1} = 28 \text{ kV}$$

Al comparar los valores de Vo, V1 y V2 se puede apreciar que V2 presenta la magnitud más grande con 28 kV, esta sería nuestra tensión nominal, pero como este valor no está normalizado, el valor inmediatamente superior normalizado para este caso sería 30 kV, como se observa en la tabla 10.

Entonces,

Tensión nominal= 30 kV

Ahora se selecciona la corriente nominal de descarga, para este ejemplo se escoge un DPS con una corriente nominal de descarga de 10 kA con forma de onda de 8/20  $\mu$ s. Para este caso se puede seleccionar, por ejemplo un DPS de la marca SIEMENS y la referencia 3EK4 300-1CM4 la cual se ha elegido con

respecto al MCOV, que para este ejemplo es de 22 kV, pero como este valor no se encuentra en el catálogo se selecciona el siguiente valor que es de 24 kV, tal como se presenta en la tabla 9.

A partir del MCOV y la corriente nominal de descarga se selecciona la tensión residual de descarga.

Tensión residual de descarga (10 kA) = 79,5 kV

$$\text{Margen de proteccion} = \frac{BIL - \text{Descarga IR}}{\text{Descarga IR}} \times 100\%$$

$$\text{Margen de proteccion} = \frac{200 - 79,5}{79,5} \times 100\%$$

$$\text{Margen de proteccion} = 151,57\%$$

**3.2.2. Selección de DPS de carburo de silicio.** A continuación se presentan las pautas necesarias para seleccionar adecuadamente un DPS de carburo de silicio, para este caso no se desarrolla ejemplo de selección, ya que este tipo de dispositivo ya no es elaborado, por ende no se encuentra en el mercado. La CREG en su resolución 98 de 2000 Anexo CC.1, no permite el uso de pararrayos tipo estación de carburo silicio en ningún punto como protección de las nuevas líneas de transmisión, equipo de transformación y equipo de compensación de reactivos. A pesar de esto se enuncian las pautas de selección, ya que es común que empresas encargadas del servicio de mantenimiento de redes aun conserven estos dispositivos en bodega, además es frecuente encontrar estos descargadores en la red eléctrica ya que si no presentan daño no serán sustituidos.

**Tabla 9.** Catálogo SIEMENS 3EK4. Tomado de [19].

Tensión nominal $U_n$	Máxima tensión de operación continua $U_c$	Referencia del descargador de sobretensión	Valores máximos de tensiones residuales ante diversos tipos corrientes de descarga								Aislamiento de carcasa		Altura H (ver fig. 1)	Distancia de fuga	Distancia de flameo	Peso neto
			8/20 $\mu$ s 1 kA [kV]	8/20 $\mu$ s 3 kA [kV]	8/20 $\mu$ s 5 kA [kV]	8/20 $\mu$ s 10 kA [kV]	8/20 $\mu$ s 20 kA [kV]	30/60 $\mu$ s 125 kA [kV]	30/60 $\mu$ s 500 A [kV]	Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 $\mu$ s [kV]	Tensión soportada a frecuencia industrial 1 min., húmedo [kV]					
3	2,4	3EK4 030-1CB4	6,4	7,1	7,4	8,0	9,1	5,8	6,1	65	27	96	280	112	0,8	
6	4,8	3EK4 060-1CB4	12,7	14,2	14,8	15,9	18,3	11,6	12,2	65	27	96	280	112	0,9	
9	7,2	3EK4 090-1CC4	19,1	21,2	22,2	23,9	27,4	17,4	18,4	87	36	137	420	150	1,2	
12	9,6	3EK4 120-1CC4	25,4	28,3	29,6	31,8	36,6	23,2	24,5	87	36	137	420	150	1,3	
15	12,0	3EK4 150-1CF4	31,8	35,4	37,0	39,8	45,7	29,0	30,6	99	41	160	550	170	1,6	
18	14,4	3EK4 180-1CJ4	38,2	42,5	44,4	47,7	54,9	34,8	36,7	123	51	204	690	212	2,0	
21	16,8	3EK4 210-1CJ4	44,5	49,5	51,8	55,7	64,0	40,6	42,9	123	51	204	690	212	2,1	
24	19,2	3EK4 240-1CK4	50,9	56,6	59,1	63,6	73,1	46,4	49,0	140	58	234	820	242	2,3	
27	21,6	3EK4 270-1CM4	57,2	63,7	66,5	71,6	82,3	52,2	55,1	161	67	270	960	278	2,7	
30	24,0	3EK4 300-1CM4	63,6	70,8	73,9	79,5	91,4	58,0	61,2	161	67	270	960	278	2,8	
33	26,4	3EK4 330-1CR4	70,0	77,8	81,3	87,5	101	63,8	67,3	191	79	320	1200	330	3,2	
36	28,8	3EK4 360-1CR4	76,3	84,9	88,7	95,4	110	69,6	73,5	191	79	320	1200	330	3,3	

### 3.2.2.1. Características nominales para la selección del pararrayos autovalvular

- Tensión de extinción o nominal.
- Corriente nominal de descarga.
- Tensión de cebado.
- Tensión residual.
- Corriente de larga duración.
- Capacidad de disipación de energía.
- Nivel de protección del pararrayos contra sobretensiones atmosféricas.
- Nivel de protección del pararrayos contra sobretensiones de maniobra.
- Capacidad para soportar la corriente de cortocircuito.
- Aislamiento de la porcelana.

**3.2.2.2. Selección de la tensión nominal.** La tensión con la frecuencia de servicio en el pararrayos no debe ser superior a la tensión de extinción, incluso en caso de fallas de la red. Para el cálculo de la máxima tensión de servicio con frecuencia industrial deberá tenerse en cuenta el coeficiente de puesta a tierra  $e$  [15].

Pararrayos conectados entre fase y tierra

La selección de la tensión de extinción de los DPS conectados entre fase y tierra se hará de acuerdo con lo siguiente:

$$V_n \geq V_m * e$$

Dónde:

$V_m$  = valor máximo de la tensión de servicio en el lugar del montaje (tensión fase-fase)

Coeficiente de puesta a tierra ( $e$ )= el más alto valor de la relación entre la máxima tensión fase-tierra con cortocircuito en el sitio considerado de la red ( $V_e$ ) y la tensión fase-fase sin cortocircuito ( $V_b$ ).

*NOTA. En redes con neutro aislado o conectado a tierra inductivamente, el coeficiente de puesta a tierra se puede asumir igual a 1 si no se conoce y el neutro se considera como no efectivamente puesto a tierra. Si el coeficiente de puesta a tierra es menor que 0,8 se considera que el neutro está efectivamente puesto a tierra.*

Los valores de tensión nominal del DPS se seleccionan de acuerdo a los valores normalizados establecidos en la tabla 10 [15].

**Tabla 10.** Valores de tensión. Tomado de [16].

Valores normalizados de tensión en kV					
0,175	6	18	36	75	126
0,280	7,5	21	39	84	138
0,500	9	24	42	96	150
0,660	10,5	27	51	102	174
3	12	30	54	108	186
4,5	15	33	60	120	198

**3.2.2.3. Selección según la corriente nominal de descarga.** Los pararrayos están clasificados por sus corrientes de descarga nominales normalizadas (10 kA, 5 kA, 2,5 kA y 1,5 kA, con forma de onda 8  $\mu$ s/20  $\mu$ s). La corriente nominal de descarga debe elegirse teniendo en cuenta la máxima corriente que va a descargar el pararrayos, que puede estimarse a partir de los datos de la máxima sobretensión procedente de una línea y debida a la caída de un rayo en ella. La corriente de descarga ( $I_d$ ) puede calcularse aproximadamente utilizando la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{2V - nV_r}{Z_c}$$

Dónde:

$V_r$  = tensión residual del pararrayos para el valor máximo de la corriente que se va a descargar a través de él.

$V$  = onda de tensión de valor máximo procedente de una de las líneas conectadas al mismo nodo.

$Z_c$  = impedancia de onda característica de las líneas (se ha expuesto que todas las líneas ( $n$ ) poseen el mismo valor  $Z_c$ ).

n= número total de líneas coincidentes al mismo nodo.

*Nota. La intensidad máxima de descarga se obtendrá en el caso de un pararrayos situado al final de una línea el cual protege a un transformador, siendo  $n=1$ .*

Para niveles de tensión entre 15 kV y 34,5 kV se recomienda utilizar pararrayos con un corriente nominal de descarga no menor a 10 kA.

**3.2.2.4. Selección según la tensión de cebado:** Los valores máximos de tensiones de cebado deben estar de acuerdo a la tabla 11.

**3.2.2.5. Selección de la tensión residual.** Los valores de tensión residual del pararrayos son seleccionados a partir de valores garantizados por el fabricante o la curva de tensión residual contra corriente de descarga.

**3.2.2.6. Selección corriente de larga duración.** Esta representa los esfuerzos causados por sobretensiones internas que soporta el DPS durante su funcionamiento normal [15]. El pararrayos deberá cumplir los requisitos de ensayos de impulso de corriente.

**3.2.2.7. Selección de la capacidad de disipación de energía.** Se determina conforme lo estipulado en el numeral 3.2.1.6.

**Tabla 11.** Valores máximos tensión de cebado. Tomado de [16].

Tensión nominal del descargador de sobretensiones $U_r$	Tensión máxima de cebado a los impulsos tipo rayo normalizados		Impulso tipo rayo para ensayo sobre el frente de onda			Tensión máxima de cebado a los impulsos de tipo maniobra	
	kV, valor de cresta		Valor nominal de la pendiente del frente de onda kV/ms	Tensión máxima de cebado			
	Descargadores de sobretensiones 10 000 A servicio pesado	Descargadores de sobretensiones 2 500 A, 5 000 A y 10 000 A servicio ligero		kV, valor de cresta			
				Descargadores de sobretensiones 10 000 A servicio pesado	Descargadores de sobretensiones 2 500 A, 5 000 A y 10 000 A servicio ligero	Descargadores de sobretensiones 10 000 A servicio pesado	Descargadores de sobretensiones 10 000 A servicio pesado
$0,15 < U_r \leq 0,3$	-	$8,0 U_r$	10	-	$12,0 U_r$	-	-
$0,3 < U_r \leq 0,6$	-	$6,0 U_r$	10	-	$7,5 U_r$	-	-
$0,6 < U_r \leq 1,2$	-	$5,0 U_r$	10	-	$6,0 U_r$	-	-
$1,2 < U_r \leq 10$	-	$3,6 U_r$	$8,3 U_r$	-	$4,15 U_r$	-	-
$10 < U_r \leq 120$	$2,80 U_r$	$3,33 U_r$	$7,0 U_r$	$3,20 U_r$	$3,85 U_r$	-	$2,80 U_r$
$120 < U_r \leq 200$	$2,60 U_r$	$3,00 U_r$	$6,0 U_r$	$3,00 U_r$	$3,45 U_r$	-	$2,60 U_r$
$200 < U_r \leq 300$	$2,60 U_r$	-	1 300	$3,00 U_r$	-	$2,75 U_r$	$2,60 U_r$
$300 < U_r \leq 420$	$2,50 U_r$	-	1 500	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$
Superior a 420	$2,50 U_r$	-	2 000	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$

### 3.2.2.8. Nivel de protección contra sobretensiones atmosféricas de un DPS.

Corresponde a la tensión máxima seleccionada entre las tres siguientes:

- Tensión máxima de cebado con impulsos tipo rayo.
- Tensión residual para la corriente de descarga nominal.
- Tensión de cebado al frente de onda dividida por 1,15 (en este coeficiente se debe tener en cuenta el bajo efecto debido a la corta duración del pico del impulso antes del cebado).

**3.2.2.9. Nivel de protección de un DPS contra sobretensiones de maniobra.** Si este dato no se da como característica del DPS, se puede tomar igual al nivel de protección contra tensiones atmosféricas.

### 3.2.2.10. Selección de la resistencia a la corriente de cortocircuito.

- a) Los DPS se deben seleccionar de tal manera que su resistencia a la corriente de cortocircuito (en kA) sea mayor que la corriente de falla inicial con tensión alterna en el sitio de montaje.
- b) El DPS no debe explotar violentamente en caso de falla en esté, por lo que se debe poseer una capacidad de alivio de presión seleccionada de acuerdo con la magnitud y duración de la corriente de cortocircuito del equipo asociado.
- c) Los valores normalizados de la capacidad de alivio de presión se indican en la tabla 12.

**Tabla 12.** Valores capacidad alivio de presión. Tomado de [16].

Clase de descargador de sobretensiones = corriente de descarga nominal A	Corriente de cortocircuito nominal A	Corrientes de cortocircuito reducidas A		Corriente de cortocircuito baja con una duración de 1 s* A
20 000 o 10 000	80 000	50 000	25 000	600 ± 200
20 000 o 10 000	63 000	25 000	12 000	600 ± 200
20 000 o 10 000	50 000	25 000	12 000	600 ± 200
20 000 o 10 000	40 000	25 000	12 000	600 ± 200
20 000 o 10 000	31 500	12 000	6 000	600 ± 200
20 000, 10 000 o 5 000	20 000	12 000	6 000	600 ± 200
10 000 o 5 000	16 000	6 000	3 000	600 ± 200
10 000, 5 000, 2 500 o 1 500	10 000	6 000	3 000	600 ± 200
10 000, 5 000, 2 500 o 1 500	5 000	3 000	1 500	600 ± 200

**3.2.2.11. Selección del aislamiento de la porcelana.** Se selecciona según el estudio de coordinación de aislamiento para la instalación, definiendo principalmente los siguientes requisitos.

- Nivel básico de aislamiento (BIL).
- tensión de prueba con frecuencia industrial.

- mínima distancia de fuga.

### **3.3. REQUERIMIENTOS SEGÚN NTC 4616 (PARARRAYOS. RECOMENDACIONES PARA SELECCIÓN Y USO)**

Esta norma tiene por objeto suministrar recomendaciones para la selección y uso de pararrayos utilizables en redes trifásicas de tensión nominal superior a 1 kV. La norma se refiere a los pararrayos de resistencia no lineal con descargadores conformes con la NTC 2166, así como los pararrayos de óxido metálico sin descargador conformes en la NTC 4389 [1]. Esta norma a diferencia de la NTC 2878 realiza un procedimiento simplificado, se puede aplicar tanto en sistemas de distribución como en sistemas de transmisión, esta norma no discrimina el tipo de red ni el tipo de equipo a proteger a diferencia de la 2878 donde esta se limita a la protección de transformadores en sistemas de distribución.

**3.3.1. Procedimiento para la selección de pararrayos.** El procedimiento iterativo siguiente descrito en el diagrama de flujo de la figura 26, es recomendable para la selección de pararrayos:

1. Se determina la tensión de régimen permanente del pararrayos en función de la tensión de servicio más elevada de la red.
2. Se determina la tensión nominal del pararrayos en función de las sobretensiones temporales.
3. Se estima la amplitud y la probabilidad de las corrientes de descarga de rayos previsible a través del pararrayos, se determinan los esfuerzos ligados a la descarga de las líneas y se selecciona la corriente nominal de la descarga, el valor de impulso de corriente de gran amplitud y la clase de descarga del pararrayos. Si se necesitan valores de corriente de gran amplitud diferentes de los valores normalizados (véase la tabla 13), estos valores se deben seleccionar en función de la corriente de descarga del rayo [1].

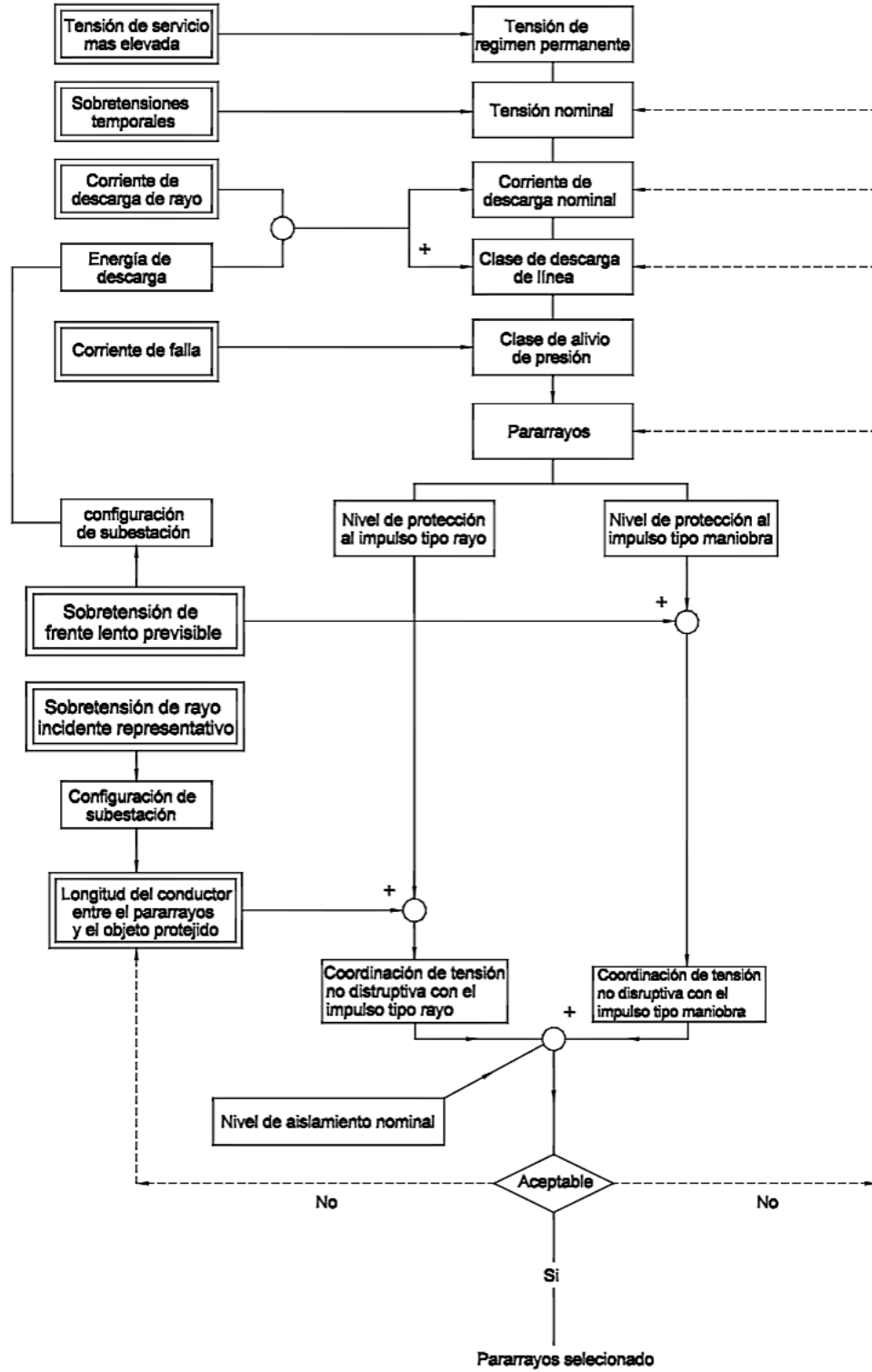
**Tabla 13.** Requisitos para el ensayo de impulso de corriente de larga duración en descargadores de sobretensiones de 5 000 A y 2 500 A. Tomado de [13].

Clasificación del descargador de sobretensiones	Corriente de pico A	Duración virtual del pico T $\mu$ s
5 000 A	75	1 000
2 500 A	50	500

4. Se selecciona la clase de aliviador de presión del pararrayos en función de la corriente de falla previsible.
5. Se selecciona un pararrayos adaptado a los requisitos formulados antes.
6. Se determinan las características de protección a los impulsos tipo maniobra y tipo rayo.
7. Se coloca el pararrayos tan cerca como sea posible del aparato a proteger.
8. Se determina la coordinación de la tensión no disruptiva al impulso tipo rayo, teniendo en cuenta [1].
  - La sobretensión tipo rayo incidente representativo definido por el comportamiento de la línea a esta sobretensión y la tasa de falla aceptable del equipo protegido.
  - La configuración de la subestación.
  - La distancia entre el pararrayos y el equipo protegido.
9. Se determina el nivel de aislamiento nominal del equipo.
10. Si se desea que el nivel de aislamiento nominal del equipo sea menor que el obtenido, es recomendable estudiar soluciones tales como la selección de una tensión de régimen permanente menor, de una tensión nominal menor, de una corriente nominal de descarga mayor, de una clase de descarga de línea mayor, de un diseño diferente del pararrayos o de una reducción de la distancia entre el pararrayos y el equipo protegido [1]. Una tensión de servicio permanente o una tensión nominal menor pueden disminuir la confiabilidad en servicio del pararrayos.

**3.3.2. Resistencia a la contaminación de la cubierta del pararrayos.** Los depósitos de contaminación sobre la cubierta pueden causar descargas disruptivas o un aumento de la temperatura de los depósitos de repartición de tensión en los pararrayos con descargadores y un fuerte aumento de temperatura de los varistores en los pararrayos de óxido metálico. Como precaución contra las fallas de los pararrayos en las zonas contaminadas, es necesario seleccionar pararrayos con capacidad de soportar las condiciones de contaminación locales. Es conveniente que los pararrayos utilizados en condiciones de servicio normales resistan los esfuerzos del nivel de contaminación II (contaminación promedio). Si el entorno donde el pararrayos este instalado está sometido a un nivel de contaminación más elevado, esto puede disminuir la eficacia del pararrayos. Si se utilizan pararrayos de diseño inadecuado en zonas fuertemente contaminadas (nivel III) o muy fuertemente contaminadas (nivel IV), puede ser eficaz una limpieza como precaución contra los efectos mencionados antes [1].

Figura 26. Diagrama de flujo para la selección de pararrayos. Tomado de [1].



**3.3.3. Selección de DPS de óxido de zinc según NTC 4616.** Se va realizar el montaje de un transformador de distribución, que es alimentado mediante una línea de 5 km de distancia a la subestación principal, con los siguientes datos:

Parámetros de la red:

- Tensiones: 13800/220 V
- BIL: 95/30 kV
- Sistema aterrizado

Tensión máxima de servicio.

$$Vm = 13,8 * 1,1 = 15,18 \text{ kV}$$

Tensión máxima de operación continua.

$$MCOV = \frac{Vm}{\sqrt{3}}$$
$$MCOV = \frac{15,18 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 8,764 \text{ kV}$$

La tensión máxima de operación continua obtenida fue de 8,764 kV, este no es un valor estandarizado por los fabricantes, es por tal razón que se selecciona una tensión máxima de operación de 9 kV la cual se encuentra en catálogos.

Tensión preliminar basada en la tensión continua de operación.

$$Vo = \frac{MCOV}{Ko}$$

Se asume un factor  $Ko=0,8$ , este valor depende del fabricante.

$$Vo = \frac{9 \text{ kV}}{0,8} = 11,25 \text{ kV}$$

Sobretensiones temporales en falla a tierra.

$$VTG = Ke * MCOV$$

Ke = 1,4 para sistemas aterrizados

$$VTG = 1,4 * 9 kV = 12,6 kV$$

Selección de otra tensión nominal preliminar basada en la sobretensión temporal de falla a tierra.

$$V1 = \frac{VTG}{Kt}$$

Kt= 1,15 para un tiempo de duración de falla de 1 s.

$$V1 = \frac{12,6 kV}{1,15} = 10,96 kV$$

Kt= 1,1 para un tiempo de duración de falla de 10 s.

$$V2 = \frac{12,6 kV}{1,1} = 11,45 kV$$

Sobretensiones temporales por pérdida de cargas.

$$Vt1 = 1,2 * Vs$$

Dónde:

Vs = tensión del sistema entre fase y tierra.

$$Vt1 = 1,2 * 7,967kV = 9,56 kV$$

Al comparar los valores obtenidos de Vo, V1, V2 y Vt1 la tensión nominal del DPS sería 11,45 kV, pero como este no es un valor normalizado se toma una tensión nominal de 12 kV.

Según la NTC 4616 para determinar la corriente nominal de descarga del DPS para equipos con tensiones comprendidas entre 1 kV hasta 245 kV se deben utilizar dispositivos con corrientes de descarga entre 5 kA y 10 kA, en este caso como la línea es de 5 km la norma recomienda una corriente nominal de descarga de 10 kA. Para este ejemplo se puede seleccionar un DPS marca ABB con referencia POLIM K la cual se eligió con respecto al valor de MCOV, tal como se presenta en la tabla 14.

A partir del catálogo del fabricante se selecciona la tensión residual de descarga, con respecto al MCOV y a la corriente nominal de descarga con forma de onda 8/20  $\mu$ s.

Tensión residual de descarga (10 kA) = 30 kV

$$\text{Margen de proteccion} = \frac{BIL - Descarga IR}{Descarga IR} \times 100\%$$

$$\text{Margen de proteccion} = \frac{95 - 30}{30} \times 100\%$$

$$\text{Margen de proteccion} = 216,6\%$$

Coordinación de la tensión no disruptiva:

Tensión no disruptiva.

$$U_{cw} = BIL + \frac{A}{N} + \frac{Lt}{Lsp}$$

Dónde:

A = describe el funcionamiento de la línea frente al rayo, el valor se elige de la tabla 15.

N = número de líneas.

Lt = es la suma de la longitud del DPS al equipo a proteger con la longitud del conductor que va del DPS a tierra.

Lsp = longitud del tramo.

**Tabla 14.** Catálogo ABB POLIM K. Tomado de [21].

$U_c$	$U_r$	Residual voltage $U_{res}$ in kV (pv) at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s				wave 30/60 $\mu$ s			
Continuous operating voltage	Rated voltage	5 kA	10 kA	1 kA	2.5 kA	5 kA	10 kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
kV	kV	pv	pv	pv	pv	pv	pv	pv	pv	pv	pv
4	5.0	13.0	14.7	10.9	11.7	12.4	<b>13.4</b>	14.9	9.7	10.0	10.3
5	6.3	16.2	18.3	13.6	14.5	15.4	<b>16.7</b>	18.6	12.1	12.5	12.9
6	7.5	19.4	21.9	16.3	17.4	18.5	<b>20.0</b>	22.2	14.5	14.9	15.4
7	8.8	22.7	25.7	19.1	20.3	21.6	<b>23.4</b>	26.0	17.0	17.5	18.0
8	10.0	25.9	29.3	21.7	23.2	24.7	<b>26.7</b>	29.7	19.4	19.9	20.6
<b>9</b>	<b>11.3</b>	<b>29.1</b>	<b>32.9</b>	<b>24.4</b>	<b>26.0</b>	<b>27.7</b>	<b>30.0</b>	<b>33.3</b>	<b>21.7</b>	<b>22.4</b>	<b>23.1</b>
10	12.5	32.3	36.5	27.1	28.9	30.8	<b>33.3</b>	37.0	24.1	24.9	25.6
11	13.8	35.6	40.2	29.9	31.8	33.9	<b>36.7</b>	40.8	26.6	27.4	28.2
12	15.0	38.8	43.8	32.5	34.7	36.9	<b>40.0</b>	44.4	29.0	29.8	30.8
13	16.3	42.0	47.4	35.2	37.6	40.0	<b>43.3</b>	48.1	31.4	32.3	33.3
14	17.5	45.3	51.1	38.0	40.5	43.1	<b>46.7</b>	51.9	33.8	34.8	35.9
15	18.8	48.5	54.8	40.7	43.4	46.1	<b>50.0</b>	55.5	36.2	37.3	38.5

Para el ejemplo se emplean los siguientes valores:

A= 900

N= 1

Lt= 15 metros

$$U_{cw} = 95 + \frac{900}{1} * \frac{15}{5000} = 97,7 \text{ kV}$$

Este valor de tensión no disruptiva es similar al BIL, para incrementar el nivel de protección contra la tensión disruptiva se deben instalar DPS en tramos de líneas más cortos y así mejorar el nivel de confiabilidad del servicio.

**Tabla 15.** Factor A. Tomado de [1].

	A kV
Líneas de distribución (tensiones disruptivas entre fases)	
- Con crucetas puestas a tierra (tensiones disruptivas a tierra para bajas tensiones)	900
- Línea sobre postes en madera (tensiones disruptivas a tierra para las tensiones elevadas)	2700
Líneas de transmisión (tensiones disruptivas monofásicas a tierra)	
- Un conductor único	4500
- Un haz de dos conductores	7000
- Un haz de cuatro conductores	11000
- Un haz de seis u ocho conductores	17000

## **4. DPS QUE OFRECE EL MERCADO COLOMBIANO**

Los sistemas de distribución colombianos son muy diversos, existen diferentes factores que influyen sobre ellos, tenemos altitudes por encima de los 3000 metros, condiciones de calor extremo, zonas de alta polución, variedades de suelos, niveles ceráunicos cambiantes, zonas con presencia de alta salinidad y cargas muy diversificadas, es por tal razón que cuando se piensa en la selección de la protección contra sobretensiones se debe tener en cuenta todos estas variables. El mercado actualmente ofrece una amplia gama de DPS, de diversas características, las cuales se establecen y clasifican en la tabla 16 según los factores mencionados anteriormente.

### **4.1. MARCAS REFERENTES**

En la actualidad distintas empresas nacionales y extranjeras ofrecen dispositivos protectores contra sobretensiones dentro de su gama de productos, unas más especializadas que otras, en donde cada empresa ofrece características de vanguardia y brinda productos que generan confiabilidad a la red, siempre se encuentran nuevos modelos en el mercado con materiales y con ensayos que dan soporte a esta variedad de equipos, a continuación se presentan algunas de las marcas más distinguidas del mercado como también otras que con el paso de los años se han hecho un espacio ofreciendo productos de calidad certificada, en donde se exponen tanto sus características eléctricas como mecánicas.

#### **4.1.1. Siemens**

**4.1.1.1. Descargadores de sobretensión de media tensión 3EK4.** Son aptos para tensiones máximas de red de hasta 40,5 kV, eliminan de forma efectiva las descargas parciales y el ingreso de humedad. La goma de silicona es resistente a las radiaciones ultravioletas y es hidrofóbica, repeliendo el agua y junto con ella la suciedad. Además es resistente al ozono, a todos los disolventes comunes orgánicos e inorgánicos y a los productos de limpieza. El resultado son unas excelentes propiedades en ambientes contaminados sin efectos de envejecimiento. De esta forma, el 3EK4 resulta perfecto para aplicaciones en cualquier entorno, incluyendo áreas industriales, costeras o desérticas. Los bloques del varistor de óxido metálico empleados proporcionan excelentes valores de tensión residual para impulsos tipo rayo y tipo maniobra para proteger los transformadores de distribución. En los Anexos se presentan las referencias y datos técnicos del 3EK4 para una corriente de descarga nominal de 10 kA [19].

**4.1.1.2. Descargadores de sobretensión para media tensión 3EK7.** El DPS 3EK7 de Siemens ofrece protección frente a las sobretensiones para los equipos de distribución eléctrica con tensiones de servicio de hasta 72,5 kV. Proporciona un excelente sellado contra la entrada de humedad y las descargas parciales. Los bloques de óxido metálico están además vitrificados perimetralmente para evitar el envejecimiento. El SR es altamente hidrófobo y mantiene su capacidad de repeler el agua y cualquier depósito de contaminación durante toda su vida de servicio. Con ello tiene una alta resistencia al desgaste y la formación de vías de fuga. Además, la envolvente de SR es autoextinguible y retardante de llama. Alta resistencia mecánica que reduce el riesgo de proyección de componentes internos. La goma siliconada resiste la exposición al ozono y a los rayos UV, así como todos los agentes de limpieza y disolventes, orgánicos e inorgánicos usuales. Por lo tanto, el pararrayos 3EK7 es apropiado para cualquier condición ambiental, tanto en zonas industriales como en regiones costeras o desérticas.

Los pararrayos 3EK7 son adecuados para un rango de temperaturas desde  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ . Altitud de servicio de hasta 3.600 m sobre el nivel del mar. En los Anexos se presentan las referencias y datos técnicos del 3EK7 para una corriente de descarga nominal de 5 kA y 10 kA [20].

**4.1.2. ABB.** ABB fabrica DPS de óxido metálico para redes de distribución (protección de líneas aéreas, cables, subestaciones, transformadores, generadores, condensadores etc.). Estos DPS presentan una capacidad energética alta de entrada, una distancia de protección larga, son resistentes a la polución, libres de mantenimiento, alta estabilidad mecánica y una alta estabilidad en zonas sísmicas. ABB cuenta entre su gama de DPS de media tensión los tipos MWK, MWD, POLIM-I, POLIM-S, POLIM-H, POLIM-D, en los Anexos se muestran los datos técnicos de estos dispositivos [21], a continuación se describe la aplicación de cada uno:

POLIM-H. . N: DPS con especial robustez eléctrica y mecánica. Apropriados para la protección de generadores y transformadores en talleres de fundición de metales, bancos de condensadores y otras aplicaciones especiales. Recomendado para instalaciones ferroviarias y trenes.

POLIM-I: apropiados para la protección de transformadores e instalaciones de cables de media tensión e instalaciones ferroviarias. Típico pararrayos del tipo “Intermediate”, de construcción mecánica robusta.

POLIM-DA: protección de transformadores en subestaciones y protección de líneas eléctricas.

POLIM-D: protección de líneas aéreas y transformadores de distribución. Gracias a la mayor distancia de descarga, estos pararrayos son ideales para aplicaciones en ambientes altamente contaminados.

MWD/MWK: protección de transformadores en subestaciones, protección de cables de media tensión, protección de instalaciones interiores en redes de media tensión y motores. Excelente nivel de protección. Gracias a la mayor distancia de descarga, estos pararrayos son ideales para aplicaciones en ambientes altamente contaminados. MWD sólo para aplicaciones en interiores.

POLIM-C: apropiados para la protección de envolventes de cables, motores e interruptores. Diseño muy compacto.

**4.1.3. Gamma-Corona.** DPS poliméricos, para tensiones nominales de 3 – 54 kV y corriente nominal de descarga de 10 kA. Presentan un excelente desempeño en zonas costeras con alta salinidad, son livianos para transporte, es fácil su montaje y su cubierta es con base en silicona HTV que lo hace altamente hidrofóbicos, en los Anexos se muestran los datos técnicos de la familia de DPS de GAMMA para media tensión [22].

**4.1.4. Joslyn.** Los pararrayos de distribución de JOSLYN están diseñados para satisfacer las demandas de protección de equipos subterráneos y aéreos, respectivamente diseñados para tareas pesadas. Los pararrayos poliméricos de JOSLYN son ensamblados con un soporte moldeado de poliéster reforzado con vidrio, lo que incrementa bastante su resistencia. El soporte también utiliza un freno de contaminación en el cuerpo del soporte, este freno facilita el auto lavado de la contaminación mediante agua de lluvia. Esta compañía ofrece pararrayos Zforce™ con las siguientes series “ZNP”, “ZHP” y “ZRP” para redes aéreas. “ZNP” (5 kA Polímero de Trabajo Normal, Clasificado entre 9, 10 y 18 kV), “ZHP” (10 kA Polímero de Trabajo Pesado, Clasificado entre 3 -36 kV), “ZRP” (10 kA Polímero Riser Pole, Clasificado entre 3-36 kV).

También ofrece pararrayos de distribución tipo codo de 5 kA serie “ZE”, rango 3-27 kV. Permite la instalación de un pararrayos sobre conectores bushings separados

estándar, manteniendo el concepto de frente inactivo. El tipo de pararrayos “ZE” fue desarrollado específicamente para la protección de sistemas de distribución subterráneos. Está instalado en el punto de apertura del sistema subterráneo para evitar el doblamiento de la onda de tensión. Cuando se instala también en un punto intermedio, los reflejos de la tensión provenientes del punto abierto del pararrayos se descargan de manera inofensiva. Cubierta conductora moldeada de EPDM para mantener el frente inactivo. La construcción de una sola pieza no requiere ningún montaje al momento de efectuar la instalación. En los Anexos se exponen los datos técnicos de estos descargadores [27].

**4.1.5. Celsa.** Los DPS constan de una serie de pastillas de óxido de zinc, con una característica natural de resistencia altamente no lineal. Los DPS tipo distribución son fabricados con tensiones nominales de 3 a 36 kV, con una corriente nominal de descarga de 10 kA y con forma de onda de 8/20  $\mu$ s. En los Anexos se encuentra su catálogo [26].

**4.1.6. Tyco Electronics Connectivity’s (TE).** DPS con carcasa directamente moldeada que impide la entrada de humedad, son libres de mantenimiento, tienen un rendimiento superior de TOV (sobretensión temporal), capacidad de alto manejo de energía, son elaborados con silicona hidrofóbica y presentan una gran capacidad de resistencia a las vibraciones e impactos, la gama de descargadores de media tensión que ofrecen son las series “OCP2” (desde 3 kV hasta 41 kV), “DA1” (desde 4 kV hasta 39 kV) y “HDA”(desde 1 kV hasta 41 kV). Estos DPS son adecuados para aplicaciones que incluyen la protección de redes de media tensión y equipos de conmutación en zonas con altos niveles ceráunicos, apropiados para proteger transformadores y terminaciones de cables, tanto en uso interior como exterior. En los Anexos se encuentran los catálogos de estos descargadores.

**4.1.7. Eaton's Cooper Power Systems.** Los descargadores de COOPER POWER SYSTEMS están diseñados y fabricados para proporcionar fiabilidad a la red, estos mejoran la tensión de descarga y aumentan los márgenes de protección, como también presentan un buen rendimiento en lugares contaminados, entre la amplia gama de DPS que ofrece COOPER encontramos los más comunes en sistemas de distribución como son los tipo Ultrasil, variSTAR, y los MOVE (tipo codo) que se emplean en las líneas subterráneas. En los Anexos se encuentran los catálogos de estas referencias para diferentes corrientes de descarga nominal.

**Tabla 16.** Referencias DPS. Fuente: Elaboración propia.

Marca	Referencia	Tensiones	MCOV	Corriente nominal de descarga 8/20 $\mu$ s	Observaciones	Equipos recomendados
SIEMENS	3EK7	3 a 60 kV	2,4 a 48 kV	5 - 10 kA	Ideal para trabajo en industrias y zonas de nivel ceraúnico menor o igual a 7 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, redes aéreas, bancos de capacitores, reactores
GAMMA-CORONA	PY	3 a 54 kV	2,55 a 43,9 kV	10 kA	Recomendados para la zona caribe y pacifica colombiana con nivel ceraúnico de 7 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, redes aéreas
JOSLYN	ZFORCE	3 a 36 kV	2,55 a 29 kV	5 - 10 kA	Recomendados para líneas aéreas urbanas con nivel ceraúnico de no más de 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Redes aéreas
CELSA	C-10	10 a 36 kV	8,4 a 29 kV	10 kA	Recomendados para líneas tanto urbanas como rurales donde el nivel ceraúnico se menor o igual a 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Redes aéreas
ABB	POLYM H	5 a 55 kV	4 a 44 kV	20 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un alto nivel ceraúnico 10 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, generadores, bancos de capacitores y redes tanto aéreas
TYCO ELECTRONICS	HDA	3 a 51 kV	3 a 41 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel ceraúnico 5 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores
ABB	POLYM D	4 a 36 kV	4 a 36 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel ceraúnico 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores
ABB	POLYM C	1 a 9 kV	0,9 a 7,5 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel ceraúnico 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, motores, redes aéreas y subterráneas
ABB	POLYM I	5 a 55 kV	4 a 44 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel ceraúnico 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, motores, redes tanto aéreas

Marca	Referencia	Tensiones	MCOV	Corriente nominal de descarga 8/20 $\mu$ s	Observaciones	Equipos recomendados
JOSLYN	ZE	3 a 27 kV	2,55 a 22 kV	5 kA	Recomendados para líneas aéreas urbanas con nivel cerámico de no más de 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Equipos en instalaciones subterráneas
COOPER	MOVE	3 a 36 kV	2,55 a 29 kV	5 kA	Recomendados para líneas aéreas urbanas con nivel cerámico de no más de 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Equipos en instalaciones subterráneas y encapsuladas
ABB	POLYM K	5 a 55 kV	4 a 44 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel cerámico 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, motores, redes tanto aéreas
ABB	POLYM S	5 a 55 kV	4 a 44 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel cerámico 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Equipos de media tensión
ABB	MWD	5 a 55 kV	4 a 44 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel cerámico 5 rayos Km <sup>2</sup> por año	Equipos de media tensión, instalaciones subterráneas
ABB	MWK	5 a 55 kV	4 a 44 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel cerámico 4 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, motores, redes tanto aéreas como subterráneas
SIEMENS	3EK4	3 a 36 kV	2,4 a 28,8 kV	10 kA	Ideal para trabajo en industrias y zonas de nivel cerámico menor o igual a 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, redes aéreas, bancos de capacitores, reactores
TYCO ELECTRONICS	DA1	4 a 39 kV	3,2 a 31,2 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel cerámico 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores y redes de media tensión

Marca	Referencia	Tensiones	MCOV	Corriente nominal de descarga 8/20 $\mu$ s	Observaciones	Equipos recomendados
TYCO ELECTRONICS	OCP2	3 a 51 kV	3 a 41 kV	10 kA	Recomendados para proteger equipos en zonas con un nivel ceraúnico 5 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores y redes de media tensión
COOPER	ULTRASIL	3-36 kV	2,55 a 29	5 - 10 kA	Recomendados para líneas aéreas urbanas con nivel ceraúnico de no más de 6 rayos Km <sup>2</sup> por año	Transformadores, redes aéreas, bancos de capacitores

## **5. GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE DPS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

La siguiente guía se desarrolló teniendo en cuenta los parámetros del sistema y las características de operación de los DPS ofrecidos por los fabricantes, esta guía tiene como objetivo dar indicaciones concretas para escoger el mejor dispositivo que se adapte a la red y que ofrezca confiabilidad a la misma, a continuación se presentan los pasos sugeridos.

### **5.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO A PROTEGER.**

Se caracteriza el tipo de red eléctrica a proteger en la cual se definen los siguientes factores:

- Tensión máxima de la red.
- Nivel básico de aislamiento.
- Configuración de la red.
- Sistema de puesta tierra.

### **5.2. NIVEL CERAÚNICO**

Revisar la tabla 2, que está elaborada con base al mapa ceraúnico de Colombia, para determinar la densidad promedio de descargas a tierra (DDT). Además observar la tabla 1 que contiene la probabilidad y magnitud de las descargas atmosféricas, con el fin de hallar la probabilidad de caídas de rayo en un cierto periodo de años de diferente magnitud, comparar estos valores y de esta forma

determinar la corriente nominal de descarga, tal cual como se muestra en el numeral 5.6.

Con la corriente nominal de descarga se sabrá la capacidad de absorción de energía del DPS y además se tendrá un indicio del grado de protección. Las corrientes nominales de descarga de 10 kA y 20 kA pueden ser preferibles para las instalaciones importantes particularmente en regiones que tengan una densidad elevada de descargas de rayo y en donde el suelo presente una alta resistencia.

### **5.3. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN**

**5.3.1. Tensión nominal.** La tensión nominal del DPS se debe seleccionar en función de las sobretensiones temporales (TOV) de la red en el lugar de emplazamiento del DPS, teniendo en cuenta su amplitud y duración. La cantidad de tensión que aparecerá es una función del tipo de puesta a tierra del sistema. La causa de sobretensión temporal más frecuente es la falla línea tierra, para esta se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- **Para sistemas multiterrizados en Y, conductores desnudos**  
Tensión nominal del pararrayos =  $V_{\text{nominal L-T}} \times 1,35$
- **Para sistemas en  $\Delta$**   
Tensión nominal del pararrayos =  $V_{\text{nominal L-T}} \times 1,73$
- **Para sistemas SPACER CABLE (Cables agrupados)**  
Tensión nominal del pararrayos =  $V_{\text{nominal L-T}} \times 1,5$
- **Para sistemas Y uniterrizados**  
Tensión nominal del pararrayos =  $V_{\text{nominal L-T}} \times 1,4$

En la tabla 17, se muestran ejemplos de cálculo de tensiones nominales de DPS según su sistema de puesta a tierra, para una duración de la sobretensión inferior a 300 segundos.

**Tabla 17.** Ejemplos de cálculos para encontrar tensiones nominales del DPS. Tomado de [9].

Tensión del sistema [kV]	Sistema de puesta a tierra	Factor de multiplicación	Vmax L-T [kV]	Tensión nominal normalizada del DPS [kV]	MCOV real del DPS [kV]
13,2	Multiaterrizado	1,35	10,28	10	8 - 8,4 - 8,5
13,2	Uniaterrizado	1,4	10,7	12	9,6 - 10 - 10,2
13,2	Δ	1,73	13,18	15	12 - 12,7
13,2	Spacer	1,5	11,4	12	9,6 - 10 - 10,2
13,8	Multiaterrizado	1,35	10,76	12	9,6 - 10 - 10,2
13,8	Uniaterrizado	1,4	11,2	12	9,6 - 10 - 10,2
13,8	Δ	1,73	13,8	15	12 - 12,7
13,8	Spacer	1,5	11,9	12	9,6 - 10 - 10,2
34,5	Multiaterrizado	1,35	26,9	27	21,6 - 22 - 22,95
34,5	Uniaterrizado	1,4	27,8	27	21,6 - 22 - 22,95
34,5	Δ	1,73	34,45	36	28,8 - 29 - 30,6
34,5	Spacer	1,5	29,9	30	24 - 24,4

**5.3.2. Tensión máxima de operación continua (MCOV),** El MCOV de un DPS se considera que es aproximadamente el 80% de la tensión nominal del DPS, en las tabla 7 se muestran los valores de MCOV real de los DPS comúnmente encontrados en el mercado.

#### **5.4. MARGEN DE PROTECCIÓN**

Para calcular este margen se emplea el BIL del equipo y la descarga IR del DPS (a corriente nominal de descarga y forma de onda 8/20  $\mu$ s) tomada del catálogo del fabricante (las normas sugieren que el nivel de descarga de 10 kA sea usado para propósitos de coordinación). La norma recomienda que los márgenes de protección no sean inferiores al 20%.

$$\text{Margen de proteccion} = \frac{\text{BIL} - \text{Descarga IR}}{\text{Descarga IR}} \times 100\%$$

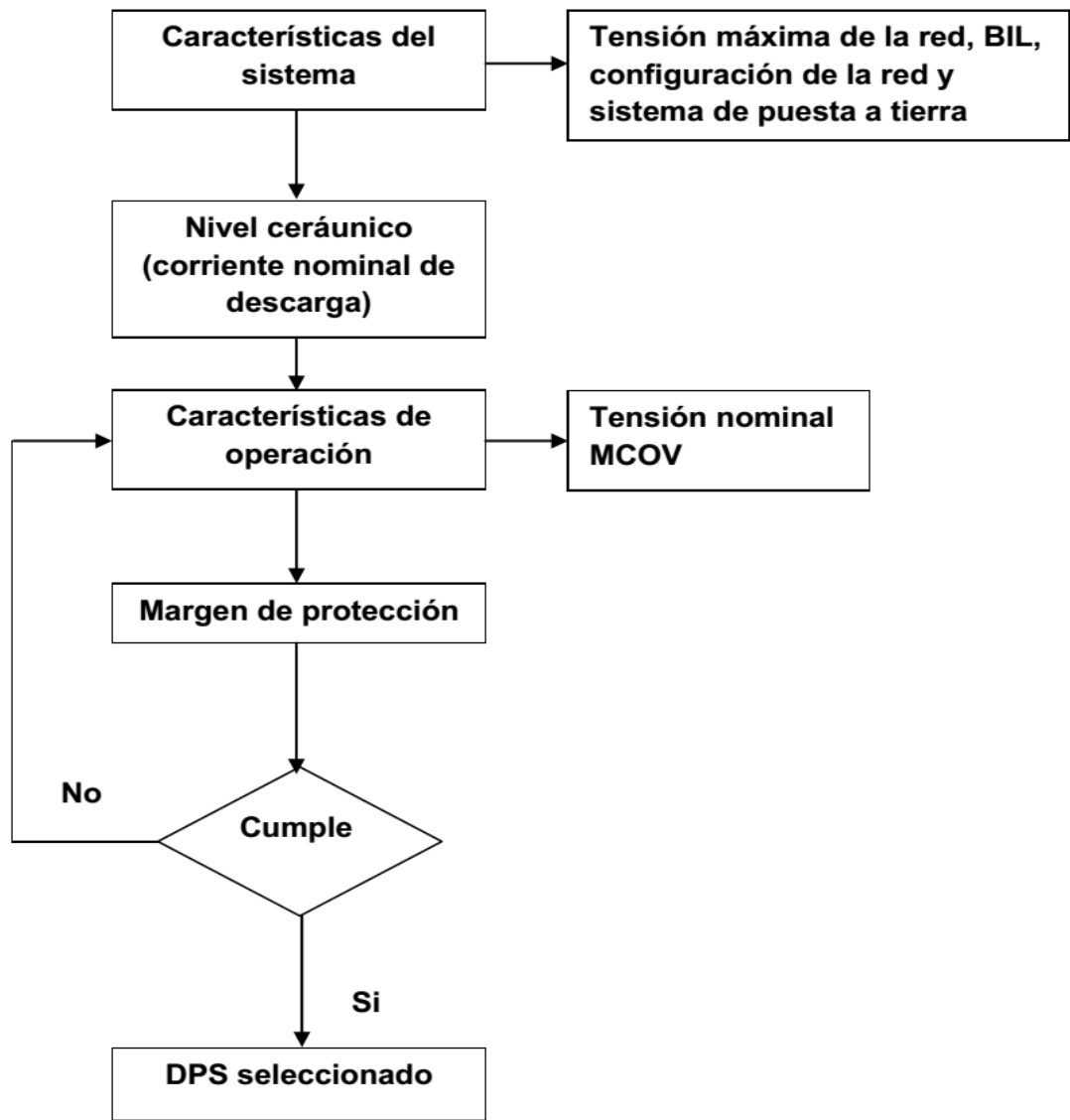
Para líneas subterráneas en la tabla 18, se hacen las sugerencias de localización del DPS ya que el fenómeno de las ondas viajeras y en consecuencia la duplicación de las tensiones en los puntos abiertos afectara el margen de protección.

#### **5.5. RECOMENDACIONES**

- Colocar el DPS tan cerca como sea posible del aparato a proteger.
- Es conveniente que los pararrayos resistan los esfuerzos de contaminación de nivel II (contaminación promedio).
- En la tabla 16 se encuentran las referencias de DPS ofrecidos en el mercado, de esta podemos escoger el dispositivo que se ajuste a nuestras necesidades.

- Si no se utiliza la guía propuesta emplear la tabla 19 extractada de la norma ANSI C62.22, muestra las tensiones nominales comúnmente aplicadas a pararrayos de óxido metálico para sistemas de distribución.
- En la figura 27 se muestran los pasos sugeridos para la selección de un DPS.

**Figura 27.** Diagrama para seleccionar DPS en sistemas de distribución. Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 18.** Localización recomendada del DPS. Tomado de [9].

Tensión [kV]	Configuración del alimentador	Localización del DPS
15	Radial sin derivaciones	Poste inicial Punto de enlace abierto
25	Radial sin derivaciones	Poste inicial Punto de enlace abierto
35	Radial sin derivaciones	Poste inicial Punto de enlace abierto Punto medio
15	Radial con derivaciones laterales	Poste inicial Punto de derivación
25	Radial con derivaciones laterales	Poste inicial Punto de derivación
35	Radial con derivaciones laterales	Poste inicial Punto de derivación Todos los enlaces abiertos

## 5.6. EJEMPLO SELECCIÓN DE DPS

Se va realizar el montaje de un transformador con las siguientes características:

- Tensión: 13200/208 V
- BIL: 95/30 kV
- Sistema de puesta a tierra multiterrizado

Para calcular la probabilidad de caída de un rayo se debe realizar el producto entre la densidad de descargas a tierra (DDT) y la probabilidad de caída la cual se infiere de la tabla 20.

**Tabla 19.** Tensiones nominales de pararrayos de óxido-metálico comúnmente aplicados en sistemas de distribución. Tomado de [9].

Tensión del sistema kV rms		Tensiones de DPS comúnmente aplicados kV rms (MCOV) +++		
Tensión nominal	Tensión máxima rango B **	Multiterrizado 4 h Y y con neutro	Sistema 3 hilos con puesta a tierra de baja impedancia *** +	Sistema 3 hilos con puesta a tierra de alta impedancia
4160 Y/2400	4400 Y/2540	3 (2,55)	6 (5,1)	6 (5,1)
4160	4400			6 (5,1)
13200 Y/7620	13970 Y/8070	10 (8,4)	15 (12,7) ++	
13800 Y/7970	14605 Y/8430	12 (10,1)	15 (12,7) ++	
13800	14520			18 (15,3)
34500 Y/19920	36510 Y/21080	27 (22)	36 (29) ++	

\* Los circuitos (Spacer Cable) no han sido incluidos. La experiencia ha sido insuficiente con la aplicación de pararrayos de óxido metálico en estos circuitos para incluirlos en la tabla.

\*\* Ver ANSI C84.1-1989

\*\*\* La duración de la falla-tierra no excede en 30 min.

+ Los circuitos de baja impedancia típicamente son: 3 hilos uniterrizados en la fuente. Los circuitos de alta impedancia son  $\Delta$  o no aterrizados.

++ Estudios de casos individuales que muestran tensiones nominales más bajos que pueden ser usados.

+++ Para cada valor nominal de trabajo pesado el MCOV está también listado entre paréntesis.

**Tabla 20.** Probabilidad de descargas. Tomado de [9].

PROBABILIDAD	MAGNITUD [ kA]
1%	200
1%	150
1%	100
2%	80
15%	60
30%	50
50%	<30

Para este ejemplo se toma un valor de DDT igual a 5 (el valor de DDT depende de la zona de emplazamiento, y se elige de la tabla 2), a continuación se muestra como calcular la probabilidad de caída de un rayo:

$$\text{Probabilidad } N_{\text{años}} (\text{magnitud de rayo}) = N_{\text{años}} \times \text{DDT} \times \text{Probabilidad de caída}$$

$$\text{Probabilidad 1 año (magnitud de 50 kA)} = 1 \times 5 \times 0,3$$

$$\text{Probabilidad 1 año (magnitud de 50 kA)} = 1,5 \text{ rayos}$$

Ahora se realiza una probabilidad de caída de rayos generalizada, para varias magnitudes en un cierto periodo de años, mostrado en la tabla 21.

A partir de la tabla 21 se puede inferir que la mayor probabilidad de que ocurra un rayo menor a 30 kA es del 50%, si se observa la tabla las magnitudes comprendidas entre 50 kA y 200 kA presentan probabilidades bajas y esa tendencia se mantiene entre más elevada sea la magnitud del rayo, por ende estas probabilidades se ven reflejadas en la cantidad de descargas en cada año. Es por tal razón que la corriente nominal de descarga se elige en un rango máximo de hasta 30 kA, según la presente guía se recomienda corrientes de 10

kA y 20 kA, para este caso se selecciona una corriente de descarga nominal de 20 kA ya que es un valor más conservador con respecto a la probabilidad de caída de rayos.

**Tabla 21.** Probabilidad de descargas a 20 años. Fuente: Elaboración propia.

PROBABILIDAD	MAGNITUD [kA]	Años				
		1	2	5	10	20
1%	200	0,05	0,1	0,25	0,5	1
1%	150	0,05	0,1	0,25	0,5	1
1%	100	0,05	0,1	0,25	0,5	1
2%	80	0,1	0,2	0,5	1	2
15%	60	0,75	1,5	3,75	7,5	15
30%	50	1,5	3	7,5	15	30
50%	<30	2,5	5	12,5	25	50

#### Cálculo de tensiones

Según la tabla 17, para un sistema de 13,2 kV multiaterrizado se recomienda los siguientes valores de tensión nominal y MCOV.

Tensión nominal = 10 kV

Los valores de MCOV que se recomiendan son: 8 kV, 8,4 kV y 8,5 kV, se aconseja emplear el valor de 8,5 kV ya que es un valor holgado con respecto a la tensión de operación línea tierra y el dispositivo actuara con una sobretensión significativa.

Con esta información se revisa la tabla 16 de referencias de DPS y el catálogo del fabricante, por ejemplo ABB, del cual se elige la referencia POLIM H la cual se puede apreciar en la tabla 22, el DPS escogido se ha seleccionado de acuerdo al MCOV que para este caso es 8,5 kV, al revisar el catalogo se observa que este

valor no se encuentra estandarizado para ABB por lo tanto se elige el valor superior normalizado el cual seria 9 kV.

Ahora se toma el valor de la tensión residual para calcular el margen de protección, este se elige con la corriente nominal de descarga con forma de onda de 8/20  $\mu$ s y con el MCOV, siguiendo la recomendación de colocar el DPS lo más cerca del equipo a proteger.

**Tabla 22.** Catalogo ABB POLIM H. Tomado de [21].

$U_e$ Continuous operating voltage kV (rms)	$U_r$ Rated voltage kV (rms)	Residual voltage ( $U_{res}$ ) in kV (pk) at specified impulse current									
		wave 1/ ... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s		
		10 kA (pk)	20 kA (pk)	2 kA (pk)	5 kA (pk)	10 kA (pk)	20 kA (pk)	40 kA (pk)	500 A (pk)	1 kA (pk)	2 kA (pk)
4	5.0	12.7	13.6	10.6	11.2	11.6	12.7	14.2	9.8	10.1	10.4
5	6.3	15.9	17.0	13.3	13.9	14.5	15.9	17.7	12.3	12.6	13.0
6	7.5	19.0	20.4	15.9	16.7	17.4	19.0	21.3	14.7	15.2	15.6
7	8.8	22.2	23.8	18.6	19.5	20.3	22.2	24.8	17.2	17.7	18.2
8	10.0	25.3	27.2	21.2	22.3	23.2	25.3	28.4	19.6	20.2	20.8
9	11.3	28.5	30.6	23.9	25.1	26.1	28.5	31.9	22.1	22.7	23.4
10	12.5	31.7	34.0	26.5	27.8	29.0	31.7	35.4	24.5	25.2	26.0
11	13.8	34.8	37.4	29.2	30.6	31.9	34.8	39.0	27.0	27.7	28.6
12	15.0	38.0	40.8	31.8	33.4	34.8	38.0	42.5	29.4	30.3	31.2
13	16.3	41.1	44.2	34.5	36.2	37.7	41.1	46.0	31.9	32.8	33.8
14	17.5	44.3	47.6	37.1	38.9	40.6	44.3	49.6	34.3	35.3	36.4
15	18.8	47.5	50.9	39.8	41.7	43.5	47.5	53.1	36.8	37.8	39.0
16	20.0	50.6	54.3	42.4	44.5	46.4	50.6	56.7	39.2	40.3	41.6
17	21.3	53.8	57.7	45.1	47.3	49.3	53.8	60.2	41.7	42.8	44.2
18	22.5	56.9	61.1	47.7	50.1	52.2	56.9	63.7	44.1	45.4	46.8
19	23.8	60.1	64.5	50.4	52.8	55.1	60.1	67.3	46.6	47.9	49.4
20	25.0	63.3	67.9	53.0	55.6	58.0	63.3	70.8	49.0	50.4	52.0
21	26.3	66.4	71.3	55.7	58.4	60.9	66.4	74.3	51.4	52.9	54.6
22	27.5	69.6	74.7	58.3	61.2	63.8	69.6	77.9	53.9	55.4	57.2

Tensión residual de descarga (20 KA) = 28,5 kV

$$\text{Margen de protección} = \frac{BIL - \text{Descarga IR}}{\text{Descarga IR}} \times 100\%$$

$$\text{Margen de protección} = \frac{95 - 28,5}{28,5} \times 100\%$$

$$\text{Margen de protección} = 233,3\%$$

## 6. CONCLUSIONES

- La guía que se elaboró contiene los parámetros necesarios para generar una selección correcta de DPS en sistemas de distribución, la cual es de fácil comprensión y es otra opción de selección frente a la guía que se presenta en la NTC 2878.
- Al realizar la comparación de DPS de carburo de silicio vs el de óxido metálico se logra inferir la superioridad de este último, ya que esta nueva tecnología con partículas de óxido de zinc presenta una alta no linealidad lo que permitió que este dispositivo tenga un gran desarrollo y se lograra eliminar los explosores de los DPS, parte fundamental de los descargadores de SiC.
- Al recopilar los criterios que se han empleado para la selección de DPS en el sector eléctrico colombiano, se puede apreciar que las normas que describen estos procesos de selección, se tornan la mayoría de las veces complicados debido a los textos sobrecargados y a la cantidad de fórmulas que se emplean, logrando de esta forma confundir y enredar a la persona que se remite a ellas para realizar una selección óptima.
- El cuadro de referencias de DPS que se presenta en la tabla 16, permite coadyuvar a la selección adecuada de DPS ya que este cuadro contiene los productos ofrecidos por diversos fabricantes de reconocida calidad, y además filtra los dispositivos según el equipo a proteger.
- En el mercado colombiano se ofrecen múltiples marcas de DPS, de las cuales algunas (DPS elaborados en otros países que se comercializan en el país) no tienen los certificados de conformidad, a pesar de contar con sus concernientes catálogos y ensayos respectivos, hay que tener cuidado al momento de elegir o comprar un dispositivo adecuado, ya que tiene que haber aprobado los filtros de calidad realizados por los organismos pertinentes tales como la ONAC y el CIDET.

- En lugares con altos niveles ceráunicos es importante emplear DPS más robustos, es decir con una magnitud de corriente de descarga nominal más grande (mayor a 10 kA), ya que la capacidad de energía del dispositivo se ve afectada frente a estas condiciones.
- Hay que tener en cuenta los tiempos de frente de onda de las sobretensiones, ya que los fabricantes en su gran mayoría ofrecen sus productos para impulsos de tensión con forma de onda de 8/20  $\mu$ s, es de suma importancia tener en cuenta que se pueden presentar descargas con frente de onda muchas veces de 1  $\mu$ s lo que limitaría el tiempo de vida del dispositivo.
- En zonas de alta contaminación hay que tener en cuenta que el DPS venga acondicionado para trabajar bajo estas condiciones, si es necesario se aplicara un diseño especial para que no se vea afectada la distancia de fuga externa, esto también dependiendo del equipo que se pretenda proteger (transformadores, capacitores, generadores, etc).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4616. Pararrayos. Recomendaciones para selección y uso. Noviembre 2001.

[2] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4552-1. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: Principios generales. Noviembre 2008.

[3] Ingeniería Especializada, “Coordinación de aislamiento,” 2009. [Online]. Available:

[http://ingenieria.udea.edu.co/altae2009/documentos/conferencias\\_magistrales/conferencia\\_ingenieria\\_desempeno\\_jaime\\_blandon.pdf](http://ingenieria.udea.edu.co/altae2009/documentos/conferencias_magistrales/conferencia_ingenieria_desempeno_jaime_blandon.pdf)

[4] A. Mejía, “Características de las descargas atmosféricas y su efecto sobre las líneas de transmisión,” 2007. [Online]. Available: <http://www.gamma.co/pdf/boletines/tecnicos/boletin04.pdf>

[5] J. Blandón, “Consideraciones sobre el comportamiento de las líneas de distribución ante descargas atmosféricas,” 2007. [Online]. Available: <http://www.gamma.co/pdf/boletines/tecnicos/boletin13.pdf>

[6] Yokoyama, Miyake, Mitani “Advanced observations of lightning induced voltage on Power Distribution lines” IEEE TPAS, vol. PWRO – 1, No. 2, Abril 1986, pags. 129-139.

[7] Nagano, Masuda, Nara, Inoue “Measurements of steep front lightning voltages on distribution lines”, IEEE TPAS, vol. PAS-102, No. 6, Junio 1983, pags. 1598-1606.

[8] G. Aponte, A. Vargas, F. Castro y J. Suárez, “Análisis de la ferro-resonancia en transformadores de distribución conectados con cable monopolar apantallado,” 2011. [Online]. Available: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/1389/6/Analisis%20de%20la%20ferro->

resonancia%20en%20transformadores%20de%20distribucion%20conectados%20con%20cable%20monopolar%20apantallado.pdf

[9] RAMIREZ, Samuel. Redes de Distribución de Energía. Tercera edición. Manizales: Ediciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2004.

[10] RUGELES, Julio y CHACÓN, Julio. Laboratorio de Alta Tensión Manual de Prácticas. Tercera edición. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander.

[11] Instituto Politécnico Nacional, “Análisis de la aplicación de apartarrayos en sistemas eléctricos de potencia mediante simulación,” 2008. [Online]. Available: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/7495/1/70.pdf>

[12] Universidad Veracruzana, “Protecciones contra descargas atmosféricas en líneas de transmisión,” 2013. [Online]. Available: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32862/1/marinvilla.pdf>

[13] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4389. Descargadores de sobretensiones (pararrayos)- de óxido metálico sin espaciadores (gaps) para sistemas de corriente alterna. Mayo 2005.

[14] REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE, Resolución No. 90708 de 2013.

[15] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 2878. Electrotecnia. Guía para la selección de pararrayos en transformadores de distribución. Junio 1991.

[16] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 2166. Descargadores de sobretensiones con resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna. Septiembre 2009.

[17] Universidad Autónoma de Nuevo León, “Equipo eléctrico,” 2005. [Online]. Available:

<http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/pro/EquipoElectrico.pdf>

[18] L. Cardona, “Coordinación de aislamiento I,” 2012. [Online]. Available: <http://www.unalmed.edu.co/~lcardona/coordina1/Modulo5.pdf>

[19] SIEMENS, “Descargadores de sobretensión de media tensión 3EK4 con envolvente de silicona,” 2011. [Online]. Available:

[http://www.energy.siemens.com/co/pool/hq/power-transmission/high-voltage-products/surge-arresters-and-limiters/low-medium-voltage-arresters/medium-voltage-arrester-3ek4/aboutus/3EK4\\_es.pdf](http://www.energy.siemens.com/co/pool/hq/power-transmission/high-voltage-products/surge-arresters-and-limiters/low-medium-voltage-arresters/medium-voltage-arrester-3ek4/aboutus/3EK4_es.pdf)

[20] SIEMENS, “Descargador de sobretensión para media tensión 3EK7 con aislamiento de goma siliconada,” 2009. [Online]. Available: <http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-transmission/high-voltage-products/surge-arresters-and-limiters/downloads/h51-catalogue-3ek7-iec-ansi-spanish.pdf>

[21] ABB, “Selector de pararrayos de media tensión,” 2015. [Online]. Available: <http://new.abb.com/high-voltage/surge-arresters/medium-voltage-arresters/medium-voltage-surge-arresters/mv-surge-arresters-selector>

[22] GAMMA, “Descargadores de sobretensión poliméricos,” 2013. [Online]. Available:

[http://www.gamma.com.co/AdministratorPanel/pdf\\_files/833\\_cat\\_PARARRAYOS%20POLIM%C3%89RICO.pdf](http://www.gamma.com.co/AdministratorPanel/pdf_files/833_cat_PARARRAYOS%20POLIM%C3%89RICO.pdf)

[23] IEEE, “Curso de contaminación del aislamiento eléctrico,” 2005. [Online]. Available:

<https://ewh.ieee.org/r9/panama/pesaltae2005/archivos/Contaminacion.pdf>

[24] DesTec, “Proceso de selección de DPS,” 2013. [Online]. Available:

<http://destec-corp.com/download/47/>

[25] ABB, “Descargadores de sobretensiones de alto voltaje guía para el comprador,” 2010. [Online]. Available:

[http://www.unioviedo.es/pcasielles/uploads/cat%c3%a1logos/pararrayos/abb\\_para\\_rrayos\\_guia\\_comprador.pdf](http://www.unioviedo.es/pcasielles/uploads/cat%c3%a1logos/pararrayos/abb_para_rrayos_guia_comprador.pdf)

[26] CELSA, “Descargadores de sobretensión DPS,” 2013. [Online]. Available: [http://www.celsa.com.co/images/docs/catalogos/CATA009\\_1\\_1.pdf](http://www.celsa.com.co/images/docs/catalogos/CATA009_1_1.pdf)

[27] JOSLYN Manufacturing Co, “Catálogo de productos,” 2014. [Online]. Available:

[https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjADahUKEwimseG0ge\\_HAhWI84AKHY\\_-](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjADahUKEwimseG0ge_HAhWI84AKHY_-)

BNs&url=http%3A%2F%2Fimarasac.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F9592695019%2FCALCULO%2BDE%2BSELECCION%2BDE%2BPARARRAYOS.doc.pdf%3Ft%3D1416497519&usg=AFQjCNFAYy89d6YFggSliWinoNwQJJSEug&sig2=f1DcfHH6L8lmk-Lx9SJHdA

[28] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 836. Electrotecnia. Niveles de aislamiento y ensayos para transformadores sumergidos en líquido refrigerante. Abril 1998.

[29] A. de Lima, "Proteção contra sobretensão de origem atmosférica," 2014. [Online]. Available: <http://www.osestoreletrico.com.br/web/publicidade/tabela-de-valores/1476-protecao-contrasobretensao-de-origem-atmosferica.html>

[30] N. Morales, "Coordinación de aislaciones-2," 2008. [Online]. Available: [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/EM719/1/material\\_docente/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/EM719/1/material_docente/)

## BIBLIOGRAFÍA

ABB, “Descargadores de sobretensiones de alto voltaje guía para el comprador,” 2010. . [en línea].[citado 13 de septiembre de 2015]. Disponible en: [http://www.unioviedo.es/pcasielles/uploads/cat%c3%a1logos/pararrayos/abb\\_para\\_rrayos\\_guia\\_comprador.pdf](http://www.unioviedo.es/pcasielles/uploads/cat%c3%a1logos/pararrayos/abb_para_rrayos_guia_comprador.pdf)

ABB, “Selector de pararrayos de media tensión,” 2015. . [en línea].[citado 8 de septiembre de 2015]. Disponible en:: <http://new.abb.com/high-voltage/surge-arresters/medium-voltage-arresters/medium-voltage-surge-arresters/mv-surge-arresters-selector>

APONTE G., VARGAS A., CASTRO F. Y SÚAREZ J., “Análisis de la ferro-resonancia en transformadores de distribución conectados con cable monopolar apantallado,” 2011. [en línea].[citado 9 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/1389/6/Analisis%20de%20la%20ferro-resonancia%20en%20transformadores%20de%20distribucion%20conectados%20con%20cable%20monopolar%20apantallado.pdf>

BLANDÓN J. “Consideraciones sobre el comportamiento de las líneas de distribución ante descargas atmosféricas,” 2007. [en línea].[citado 10 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.gamma.co/pdf/boletines/tecnicos/boletin13.pdf>

CARDONA L., “Coordinación de aislamiento I,” 2012. . [en línea].[citado 10 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~lcardona/coordina1/Modulo5.pdf>

CELSA, “Descargadores de sobretensión DPS,” 2013. . [en línea].[citado 18 de septiembre de 2015]. Disponible en: [http://www.celsa.com.co/images/docs/catalogos/CATA009\\_1\\_1.pdf](http://www.celsa.com.co/images/docs/catalogos/CATA009_1_1.pdf)

DE LIMA A., “Proteção contra sobretensão de origem atmosférica,” 2014. [. [en línea].[citado 14 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/publicidade/tabela-de-valores/1476-protecao-contra-sobretensao-de-origem-atmosferica.html>

DESTEC, “Proceso de selección de DPS,” 2013. . [en línea].[citado 12 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://destec-corp.com/download/47/>

GAMMA, “Descargadores de sobretensión poliméricos,” 2013. [en línea].[citado 11 de septiembre de 2015]. Disponible en: [http://www.gamma.com.co/AdministratorPanel/pdf\\_files/833\\_cat\\_PARARRAYOS%20POLIM%C3%89RICO.pdf](http://www.gamma.com.co/AdministratorPanel/pdf_files/833_cat_PARARRAYOS%20POLIM%C3%89RICO.pdf)

IEEE, “Curso de contaminación del aislamiento eléctrico,” 2005. [. [en línea].[citado 10 de septiembre de 2015]. Disponible en: <https://ewh.ieee.org/r9/panama/pesaltae2005/archivos/Contaminacion.pdf>

INGENIERÍA ESPECIALIZADA, “Coordinación de aislamiento,” 2009. [en línea].[citado 10 de septiembre de 2015] Disponible en: [http://ingenieria.udea.edu.co/altae2009/documentos/conferencias\\_magistrales/conferencia\\_ingenieria\\_desempeno\\_jaime\\_blandon.pdf](http://ingenieria.udea.edu.co/altae2009/documentos/conferencias_magistrales/conferencia_ingenieria_desempeno_jaime_blandon.pdf)

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, “Análisis de la aplicación de apartarrayos en sistemas eléctricos de potencia mediante simulación,” 2008. [en línea].[citado 12 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/7495/1/70.pdf>

JOSLYN Manufacturing Co, "Catálogo de productos," 2014. . [en línea].[citado 15 de septiembre de 2015]. Disponible en: [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjADahUKEwimseG0ge\\_HAhWI84AKHY\\_-BNs&url=http%3A%2F%2Ffimarasac.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F9592695019%2FCALCULO%2BDE%2BSELECCION%2BDE%2BPARARRAYOS.doc.pdf%3Ft%3D1416497519&usg=AFQjCNFAYy89d6YFggSliWinoNwQJJSEug&sig2=f1DcfHH6L8lmk-Lx9SJHdA](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjADahUKEwimseG0ge_HAhWI84AKHY_-BNs&url=http%3A%2F%2Ffimarasac.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F9592695019%2FCALCULO%2BDE%2BSELECCION%2BDE%2BPARARRAYOS.doc.pdf%3Ft%3D1416497519&usg=AFQjCNFAYy89d6YFggSliWinoNwQJJSEug&sig2=f1DcfHH6L8lmk-Lx9SJHdA)

MEJÍA A. "Características de las descargas atmosféricas y su efecto sobre las líneas de transmisión," 2007[en línea].[citado 11 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.gamma.co/pdf/boletines/tecnicos/boletin04.pdf>

MIYAKE MITANI Yokoyama "Advanced observations of lightning induced voltage on Power Distribution lines" IEEE TPAS, vol. PWRO – 1, No. 2, Abril 1986, pags. 129-139.

MORALES N., "Coordinación de aislaciones-2," 2008. . [en línea].[citado 12 de septiembre de 2015]. Disponible en: [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/EM719/1/material\\_docente/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/EM719/1/material_docente/)

NAGANO, MASUDA, NARA, INOUE "Measurements of steep front lightning voltages on distribution lines", IEEE TPAS, vol. PAS-102, No. 6, Junio 1983, pags. 1598- 1606.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4552-1. Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: Principios generales. Noviembre 2008.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 2166. Descargadores de sobretensiones con resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna. Septiembre 2009.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 2878. Electrotecnia. Guía para la selección de pararrayos en transformadores de distribución. Junio 1991.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4389. Descargadores de sobretensiones (pararrayos)- de óxido metálico sin espaciadores (gaps) para sistemas de corriente alterna. Mayo 2005.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 4616. Pararrayos. Recomendaciones para selección y uso. Noviembre 2001.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 836. Electrotecnia. Niveles de aislamiento y ensayos para transformadores sumergidos en líquido refrigerante. Abril 1998.

RAMIREZ, Samuel. Redes de Distribución de Energía. Tercera edición. Manizales: Ediciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2004.

REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE, Resolución No. 90708 de 2013.

RUGELES, Julio y CHACÓN, Julio. Laboratorio de Alta Tensión Manual de Prácticas. Tercera edición. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander.

SIEMENS, “Descargadores de sobretensión de media tensión 3EK4 con envolvente de silicona,” 2011. . [en línea].[citado 16 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.energy.siemens.com/co/pool/hq/power->

transmission/high-voltage-products/surge-arresters-and-limiters/low-medium-voltage-arresters/medium-voltage-arrester-3ek4/aboutus/3EK4\_es.pdf

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, “Equipo eléctrico,” 2005. . [en línea].[citado 15 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/pro/EquipoElectrico.pdf>

UNIVERSIDAD VERACRUZANA, “Protecciones contra descargas atmosféricas en líneas de transmisión,” 2013. [en línea].[citado 10 de septiembre de 2015]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32862/1/marinvilla.pdf>

## ANEXOS

Anexo A. A continuación se presentan los catálogos de algunos fabricantes de DPS tales como: SIEMENS, ABB, GAMMA-CORONA, CELSA, TYCO ELECTRONICS, COOPER y JOSLYN.

# SIEMENS

## Descargadores de sobretensiones 3EK4 según IEC 60099-4

Corriente nominal de descarga $I_n$	8/20 $\mu$ s	10 kA
Clase de descarga de línea (LDC)		1
Máxima tensión continua de operación $U_c$		28,8 kV
Tensión nominal $U_r$		36 kV
Impulso de corriente de larga duración	2 ms	325 A
Alivio de presión de alta corriente		20 kA
Alivio de presión de baja corriente		600 A
Impulso de alta corriente	4/10 $\mu$ s	100 kA
Carga específica de larga duración SLL ( $M_{stat}$ )		175 Nm
Carga específica de corta duración SSL ( $M_{dyn}$ )		250 Nm
Capacidad de absorción de energía (térmica)		3,5 kJ/kV <sub>r</sub>

Tabla 1: Datos técnicos generales del descargador de sobretensiones 3EK4





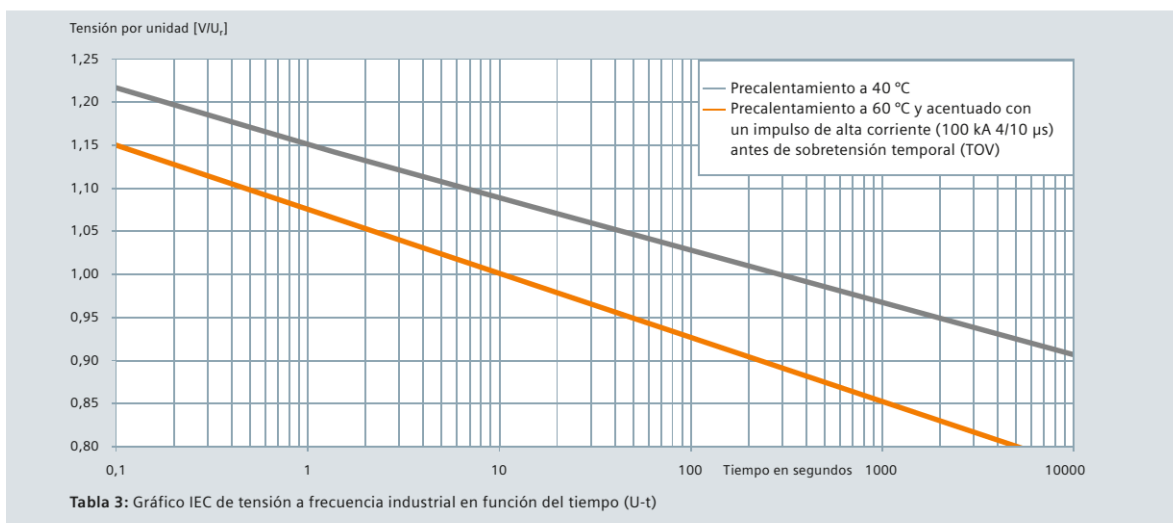
Tensión máxima de Red fase-fase $U_m$	Tensión soportada a impulsos tipo rayo	Red con neutro sólidamente a tierra	Red con neutro aislado	Red con neutro puesto a tierra por impedancia	Red con neutro compensado
[kV]	[kV]				
2,75	30; 45; 60	3EK4 030-C..	3EK4 050-C..	3EK4 030-C..	3EK4 050-C..
3,6	20; 40	3EK4 030-C..	3EK4 050-C..	3EK4 030-C..	3EK4 050-C..
5,5	45; 60; 75	3EK4 050-C..	3EK4 090-C..	3EK4 050-C..	3EK4 090-C..
7,2	40; 60	3EK4 060-C..	3EK4 090-C..	3EK4 090-C..	3EK4 090-C..
8,25	60; 75; 95	3EK4 090-C..	3EK4 120-C..	3EK4 090-C..	3EK4 120-C..
12	60; 75; 95	3EK4 090-C..	3EK4 150-C..	3EK4 120-C..	3EK4 150-C..
15,5	85; 110	3EK4 120-C..	3EK4 210-C..	3EK4 150-C..	3EK4 210-C..
17,5	95	3EK4 150-C..	3EK4 220-C..	3EK4 150-C..	3EK4 220-C..
24	125; 145	3EK4 180-C..	3EK4 300-C..	3EK4 210-C..	3EK4 300-C..
25	125; 145	3EK4 210-C..	3EK4 330-C..	3EK4 220-C..	3EK4 330-C..
27	150	3EK4 210-C..	3EK4 360-C..	3EK4 240-C..	3EK4 360-C..
30	160	3EK4 240-C..	-	3EK4 270-C..	-
36	170	3EK4 270-C..	-	3EK4 330-C..	-
38	125; 150; 200	3EK4 300-C..	-	3EK4 330-C..	-
40,5	190	3EK4 330-C..	-	3EK4 360-C..	-

Tabla 2: Descargadores de sobretensiones 3EK4 típicos para tensiones de red según IEC 60099-4



Tensión nominal U <sub>n</sub> [kV]	Máxima tensión de operación continua U <sub>c</sub> [kV]	Referencia del descargador de sobretensión	Valores máximos de tensiones residuales ante diversos tipos corrientes de descarga								Aislamiento de carcasa		Altura H (ver fig. 1) [mm]	Distancia de fuga [mm]	Distancia de flameo [mm]	Peso neto [kg]
			8/20 μs 1 kA [kV]	8/20 μs 3 kA [kV]	8/20 μs 5 kA [kV]	8/20 μs 10 kA [kV]	8/20 μs 20 kA [kV]	30/60 μs 125 kA [kV]	30/60 μs 500 A [kV]	Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50 μs [kV]	Tensión soportada a frecuencia industrial 1 min., húmedo [kV]					
3	2,4	3EK4 030-1CB4	6,4	7,1	7,4	8,0	9,1	5,8	6,1	65	27	96	280	112	0,8	
6	4,8	3EK4 060-1CB4	12,7	14,2	14,8	15,9	18,3	11,6	12,2	65	27	96	280	112	0,9	
9	7,2	3EK4 090-1CC4	19,1	21,2	22,2	23,9	27,4	17,4	18,4	87	36	137	420	150	1,2	
12	9,6	3EK4 120-1CC4	25,4	28,3	29,6	31,8	36,6	23,2	24,5	87	36	137	420	150	1,3	
15	12,0	3EK4 150-1CF4	31,8	35,4	37,0	39,8	45,7	29,0	30,6	99	41	160	550	170	1,6	
18	14,4	3EK4 180-1CJ4	38,2	42,5	44,4	47,7	54,9	34,8	36,7	123	51	204	690	212	2,0	
21	16,8	3EK4 210-1CJ4	44,5	49,5	51,8	55,7	64,0	40,6	42,9	123	51	204	690	212	2,1	
24	19,2	3EK4 240-1CK4	50,9	56,6	59,1	63,6	73,1	46,4	49,0	140	58	234	820	242	2,3	
27	21,6	3EK4 270-1CM4	57,2	63,7	66,5	71,6	82,3	52,2	55,1	161	67	270	960	278	2,7	
30	24,0	3EK4 300-1CM4	63,6	70,8	73,9	79,5	91,4	58,0	61,2	161	67	270	960	278	2,8	
33	26,4	3EK4 330-1CR4	70,0	77,8	81,3	87,5	101	63,8	67,3	191	79	320	1200	330	3,2	
36	28,8	3EK4 360-1CR4	76,3	84,9	88,7	95,4	110	69,6	73,5	191	79	320	1200	330	3,3	

**Tabla 4:** Referencia y datos técnicos de 3EK4 (otras tensiones nominales son disponibles ante demanda)

# Pararrayos 3EK7 conformes a IEC 60099-4

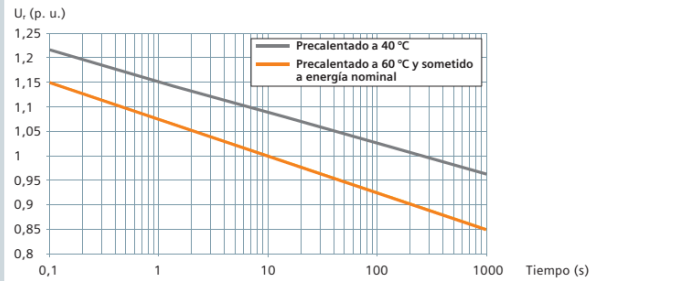


Tabla 1: Gráfico IEC de tensión a frecuencia industrial en función del tiempo

Corriente de descarga nominal $I_n$	5 kA	10 kA
Tensión de operación permanente $U_p$	48 kV	48 kV
Tensión asignada $U_n$	60 kV	60 kV
Impulso de corriente de larga duración	150 A	325 A
Corriente alta de corto circuito	20 kA	20 kA
Corriente baja de corto circuito	600 A	600 A
Impulso de corriente de gran amplitud	65 kA	100 kA
Momento de servicio estático máximo admisible	280 Nm	350 Nm
Momento de servicio máximo admisible (MPSL)	400 Nm	500 Nm
Capacidad de absorción de energía	2,2 kJ/kV $U_n$	3,5 kJ/kV $U_n$

Tabla 2: Datos principales de los pararrayos 3EK7

Tensión máxima del equipamiento $U_n$	Tensión de impulso atmosférico normalizado	Neutro puesto a tierra rigidamente	Neutro aislado	Neutro a tierra a través de impedancia	Neutro a tierra a través de resonancia
[kV]	[kV]				
2,75	30; 45; 60	3EK7 030-C...	3EK7 050-C...	3EK7 030-C...	3EK7 050-C...
3,6	20; 40	3EK7 030-C...	3EK7 050-C...	3EK7 030-C...	3EK7 050-C...
5,5	45; 60; 75	3EK7 050-C...	3EK7 090-C...	3EK7 060-C...	3EK7 090-C...
7,2	40; 60	3EK7 060-C...	3EK7 090-C...	3EK7 090-C...	3EK7 090-C...
8,25	60; 75; 95	3EK7 090-C...	3EK7 105-C...	3EK7 090-C...	3EK7 105-C...
12	60; 75; 95	3EK7 090-C... o 3EK7 105-C...	3EK7 150-C...	3EK7 120-C...	3EK7 150-C...
15,5	75	3EK7 120-C...	-	3EK7 150-C...	-
15,5	85; 110	3EK7 120-C...	3EK7 210-C...	3EK7 150-C...	3EK7 210-C...
17,5	75	3EK7 150-C...	-	3EK7 180-C...	-
17,5	95	3EK7 150-C...	3EK7 220-C...	3EK7 180-C...	3EK7 220-C...
24	95	3EK7 210-C...	-	3EK7 240-C...	-
24	125; 145	3EK7 210-C...	3EK7 300-C...	3EK7 240-C...	3EK7 300-C...
25	125; 145	3EK7 210-C...	3EK7 315-C...	3EK7 250-C...	3EK7 315-C...
27	95	3EK7 210-C...	-	-	-
27	125	3EK7 210-C...	-	3EK7 270-C...	-
27	150	3EK7 210-C...	3EK7 360-C...	3EK7 270-C...	3EK7 360-C...
30	160	3EK7 240-C...	3EK7 390-C...	3EK7 300-C...	3EK7 390-C...
36	145	3EK7 300-C...	-	3EK7 360-C...	-
36	170	3EK7 300-C...	3EK7 450-C...	3EK7 360-C...	3EK7 450-C...
38	125	3EK7 300-C...	-	-	-
38	150	3EK7 300-C...	-	3EK7 390-C...	-
38	200	3EK7 300-C...	3EK7 480-C...	3EK7 390-C...	3EK7 480-C...
40,5	190	3EK7 315-C...	3EK7 510-C...	3EK7 420-C...	3EK7 510-C...
48,3	150	3EK7 390-C...	-	-	-
48,3	200	3EK7 390-C...	-	3EK7 480-C...	-
48,3	250	3EK7 390-C...	3EK7 600-C...	3EK7 480-C...	3EK7 600-C...
52	250	3EK7 420-C...	-	3EK7 540-C...	-
72,5	325	3EK7 570-C...	-	-	-

Tabla 3: Pararrayos 3EK7 más comunes en función de la tensión del sistema según IEC 60099-4

Tensión asignada $U_n$	Tensión de operación permanente $U_p$	Referencia del pararrayos	1 kA 8/20 $\mu$ s [kV cr]
[kV]	[kV]		
3	2,4	3EK7 030 -2CB4	7,0
6	4,8	3EK7 060 -2CB4	14,0
9*	7,2	3EK7 090 -2CB4	20,9
10,5*	8,4	3EK7 105 -2CB4	24,4
12*	9,6	3EK7 120 -2CC4	27,8
15*	12	3EK7 150 -2CC4	34,7
18	14,4	3EK7 180 -2CD4	41,7
21*	16,8	3EK7 210 -2CD4	48,6
24	19,2	3EK7 240 -2CE4	55,5
27	21,6	3EK7 270 -2CF4	62,6
30	24	3EK7 300 -2CF4	69,3
31,5	25,2	3EK7 315 -2CH4	72,9
33	26,4	3EK7 330 -2CH4	76,4
36	28,8	3EK7 360 -2CH4	83,3
39	31,2	3EK7 390 -2CH4	90,5
42	33,6	3EK7 420 -2CH4	97,4
45	36	3EK7 450 -2CH4	104
48	38,5	3EK7 480 -2CK4	111
51	41	3EK7 510 -2CK4	118
54	43,2	3EK7 540 -2CK4	125
57	45,6	3EK7 570 -2CK4	132
60	48	3EK7 600 -2CK4	139

Tabla 4: 3EK7 con corriente de descarga nominal de 5 kA

Tensión asignada $U_n$	Tensión de operación permanente $U_p$	Referencia del pararrayos	1 kA 8/20 $\mu$ s [kV cr]
[kV]	[kV]		
3	2,4	3EK7 030 -4CB4	6,6
5	4	3EK7 050 -4CB4	10,8
6	4,8	3EK7 060 -4CB4	13,0
9*	7,2	3EK7 090 -4CB4	19,4
10,5*	8,4	3EK7 105 -4CB4	22,8
12*	9,6	3EK7 120 -4CC4	25,9
15*	12	3EK7 150 -4CC4	32,3
18*	14,4	3EK7 180 -4CD4	38,8
21*	16,8	3EK7 210 -4CD4	45,3
22*	17,6	3EK7 220 -4CE4	47,5
24*	19,2	3EK7 240 -4CE4	51,7
25	20	3EK7 250 -4CE4	53,9
27	21,6	3EK7 270 -4CF4	58,2
30*	24	3EK7 300 -4CF4	64,6
31,5	25,2	3EK7 315 -4CH4	67,9
33	26,4	3EK7 330 -4CH4	71,1
36*	28,8	3EK7 360 -4CH4	77,6
39	31,2	3EK7 390 -4CH4	84,2
42	33,6	3EK7 420 -4CH4	90,7
45	36	3EK7 450 -4CH4	97,2
48	38,5	3EK7 480 -4CK4	104
50,5*	40,5	3EK7 505 -4CK4	107
51	41	3EK7 510 -4CK4	110
54	43,2	3EK7 540 -4CK4	117
57	45,6	3EK7 570 -4CK4	123
60	48	3EK7 600 -4CK4	130

Tabla 5: 3EK7 con corriente de descarga nominal de 10 kA

# Selección y datos principales

Tensión residual máxima							Línea de fuga	Distancia de contorno	Aguante del aislamiento	Altura "H" <sup>(1)</sup>	Peso neto	Peso embalado	Peso palet	Cant. por palet
3 kA 8/20 µs [kV cr]	5 kA 8/20 µs [kV cr]	10 kA 8/20 µs [kV cr]	15 kA 8/20 µs [kV cr]	20 kA 8/20 µs [kV cr]	125 A 30/60 µs [kV cr]	500 A 30/60 µs [kV cr]								
7,7	8,1	8,8	9,6	10,4	6,2	6,6	372	180	104	170	1,5	2,1	488	221
15,3	16,1	17,5	19,0	20,6	12,2	13,2	372	180	104	170	1,5	2,1	488	221
22,8	24,0	26,2	28,3	30,7	18,2	19,7	372	180	104	170	1,6	2,2	510	221
26,7	28,1	30,6	33,2	36,0	21,4	23,0	372	180	104	170	1,6	2,2	510	221
30,4	32,0	34,9	37,8	41,0	24,3	26,2	485	210	122	200	1,8	2,4	494	195
37,9	39,9	43,5	47,1	51,1	30,3	32,7	485	210	122	200	1,9	2,5	514	195
45,5	47,9	52,2	56,5	61,3	36,4	39,3	605	248	144	240	2,2	2,8	506	169
53,1	55,9	60,9	66,0	71,6	42,5	45,8	605	248	144	240	2,3	2,9	523	169
60,6	63,8	69,5	75,3	81,7	48,5	52,3	775	286	166	270	2,6	3,3	535	156
68,3	71,9	78,4	84,8	92,0	54,6	59,0	900	318	184	300	2,9	3,6	491	130
75,7	79,7	86,9	94,0	102	60,6	65,4	900	318	184	300	2,9	3,6	491	130
79,6	83,8	91,3	98,9	107	63,7	68,7	1230	418	242	400	3,7	4,4	545	117
83,4	87,8	95,7	104	112	66,7	72,0	1230	418	242	400	3,7	4,4	545	117
91,0	95,8	104	113	123	72,8	78,6	1230	418	242	400	3,8	4,5	557	117
98,8	104	113	123	133	79,0	85,3	1230	418	242	400	3,8	4,5	557	117
106	112	122	132	143	85,1	91,8	1230	418	242	400	3,9	4,6	569	117
114	120	131	142	154	91,2	98,4	1230	418	242	400	3,9	4,6	569	117
122	128	140	151	164	97,3	105	1595	520	302	510	4,8	5,6	464	78
129	136	148	161	174	103	112	1595	520	302	510	4,8	5,6	464	78
137	144	157	170	184	109	118	1595	520	302	510	4,9	5,7	471	78
144	152	166	179	195	116	125	1595	520	302	510	4,9	5,7	471	78
152	160	174	189	205	122	131	1595	520	302	510	5,0	5,8	479	78

Tensión residual máxima							Línea de fuga	Distancia de contorno	Aguante del aislamiento	Altura "H" <sup>(1)</sup>	Peso neto	Peso embalado	Peso palet	Cant. por palet
3 kA 8/20 µs [kV cr]	5 kA 8/20 µs [kV cr]	10 kA 8/20 µs [kV cr]	15 kA 8/20 µs [kV cr]	20 kA 8/20 µs [kV cr]	125 A 30/60 µs [kV cr]	500 A 30/60 µs [kV cr]								
7,1	7,5	8,1	8,7	9,3	5,8	6,2	372	180	104	170	1,5	2,1	488	221
11,7	12,4	13,3	14,4	15,3	9,4	10,1	372	180	104	170	1,6	2,2	510	221
14,2	15,0	16,1	17,4	18,5	11,4	12,2	372	180	104	170	1,6	2,2	510	221
21,1	22,3	24,0	25,9	27,6	17,0	18,2	372	180	104	170	1,7	2,3	532	221
24,7	26,1	28,1	30,3	34,6	20,0	22,7	372	180	104	170	1,7	2,3	532	221
28,2	29,8	32,0	34,6	36,8	22,7	24,3	485	210	122	200	2,0	2,6	533	195
35,1	37,1	39,9	43,1	45,9	28,3	30,3	485	210	122	200	2,1	2,7	553	195
42,2	44,5	47,9	51,7	55,1	34,0	36,4	605	248	144	240	2,4	3,0	540	169
49,2	52,0	55,9	60,4	64,3	39,7	42,5	605	248	144	240	2,5	3,1	557	169
51,6	54,5	58,6	63,3	67,4	41,6	44,5	775	286	166	270	2,8	3,5	566	156
56,1	59,3	63,8	68,9	73,4	45,3	48,5	775	286	166	270	2,8	3,5	566	156
58,5	61,8	66,5	71,8	76,5	47,2	50,5	775	286	166	270	2,9	3,6	581	156
63,3	66,9	71,9	77,7	82,7	51,0	54,6	775	318	184	300	3,2	3,9	530	130
70,1	74,1	79,7	86,1	91,7	56,6	60,6	775	318	184	300	3,2	3,9	530	130
73,7	77,9	83,8	90,5	96,4	59,5	63,7	1230	418	242	400	4,0	4,7	581	117
77,3	81,7	87,8	94,8	101	62,3	66,7	1230	418	242	400	4,1	4,8	592	117
84,3	89,1	95,8	104	110	68,0	72,8	1230	418	242	400	4,1	4,8	592	117
91,5	96,7	104	112	120	73,8	79,0	1230	418	242	400	4,2	4,9	604	117
98,6	104	112	121	129	79,5	85,1	1230	418	242	400	4,3	5,0	616	117
106	112	120	130	138	85,2	91,2	1230	418	242	400	4,4	5,1	627	117
113	119	128	138	147	90,9	97,3	1595	520	302	510	5,2	6,0	495	78
116	123	132	143	152	93,7	100	1595	520	302	510	5,3	6,1	503	78
120	127	136	147	156	96,6	103	1595	520	302	510	5,3	6,1	503	78
127	134	144	156	166	102	109	1595	520	302	510	5,4	6,2	510	78
134	141	152	164	175	108	116	1595	520	302	510	5,5	6,3	518	78
141	149	160	173	184	114	122	1595	520	302	510	5,6	6,4	526	78

Datasheet

## Surge arrester POLIM-H..N

### Protection of

- Transformers
- Motors
- Generators
- Cables
- Cable sheaths
- Rolling Stock & railroad installations
- Capacitor banks
- other medium voltage equipment

### Application

- AC
- Outdoor and Indoor



Document ID CHABB-108-EN 15.04.2010

# Technical Data

Metal oxide surge arrester without spark gaps. Direct moulded silicone housing, grey color. Designed and tested according to IEC 60099-4

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	20 kA (pk)
Line discharge class	4
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA (pk)
Long duration current impulse	1350 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	63 kA (rms) for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	station class high energy

The thermal stability of the MO-surge arrester is proved in the operating duty test according to LD4 which gives an energy input of 13.3 kJ/kV ( $U_c$ ).

Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input.

$$t = 1 \text{ s } U_{TOV} = 1.375 \times U_c$$

$$t = 3 \text{ s } U_{TOV} = 1.341 \times U_c$$

$$t = 10 \text{ s } U_{TOV} = 1.310 \times U_c$$

Ambient air temperature	-60 to +40 °C	(for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m	(for higher values contact manufacturer)
Frequency	50/60 Hz	
Weather ageing	tested according to series A (1000 h salt fog)	

$U_c$ Continuous operating voltage kV (rms)	$U_r$ Rated voltage kV (rms)	Residual voltage ( $U_{res}$ ) in kV (pk) at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s				wave 30/60 $\mu$ s			
		10 kA (pk)	20 kA (pk)	2 kA (pk)	5 kA (pk)	10 kA (pk)	20 kA (pk)	40 kA (pk)	500 A (pk)	1 kA (pk)	2 kA (pk)
4	5.0	12.7	13.6	10.6	11.2	11.6	12.7	14.2	9.8	10.1	10.4
5	6.3	15.9	17.0	13.3	13.9	14.5	15.9	17.7	12.3	12.6	13.0
6	7.5	19.0	20.4	15.9	16.7	17.4	19.0	21.3	14.7	15.2	15.6
7	8.8	22.2	23.8	18.6	19.5	20.3	22.2	24.8	17.2	17.7	18.2
8	10.0	25.3	27.2	21.2	22.3	23.2	25.3	28.4	19.6	20.2	20.8
9	11.3	28.5	30.6	23.9	25.1	26.1	28.5	31.9	22.1	22.7	23.4
10	12.5	31.7	34.0	26.5	27.8	29.0	31.7	35.4	24.5	25.2	26.0
11	13.8	34.8	37.4	29.2	30.6	31.9	34.8	39.0	27.0	27.7	28.6
12	15.0	38.0	40.8	31.8	33.4	34.8	38.0	42.5	29.4	30.3	31.2
13	16.3	41.1	44.2	34.5	36.2	37.7	41.1	46.0	31.9	32.8	33.8
14	17.5	44.3	47.6	37.1	38.9	40.6	44.3	49.6	34.3	35.3	36.4
15	18.8	47.5	50.9	39.8	41.7	43.5	47.5	53.1	36.8	37.8	39.0
16	20.0	50.6	54.3	42.4	44.5	46.4	50.6	56.7	39.2	40.3	41.6
17	21.3	53.8	57.7	45.1	47.3	49.3	53.8	60.2	41.7	42.8	44.2
18	22.5	56.9	61.1	47.7	50.1	52.2	56.9	63.7	44.1	45.4	46.8
19	23.8	60.1	64.5	50.4	52.8	55.1	60.1	67.3	46.6	47.9	49.4
20	25.0	63.3	67.9	53.0	55.6	58.0	63.3	70.8	49.0	50.4	52.0
21	26.3	66.4	71.3	55.7	58.4	60.9	66.4	74.3	51.4	52.9	54.6
22	27.5	69.6	74.7	58.3	61.2	63.8	69.6	77.9	53.9	55.4	57.2
23	28.8	72.8	78.1	60.9	63.9	66.7	72.8	81.4	56.3	57.9	59.7
24	30.0	75.9	81.5	63.6	66.7	69.6	75.9	85.0	58.8	60.5	62.3
25	31.3	79.1	84.9	66.2	69.5	72.5	79.1	88.5	61.2	63.0	64.9
26	32.5	82.2	88.3	68.9	72.3	75.4	82.2	92.0	63.7	65.5	67.5
27	33.8	85.4	91.7	71.5	75.1	78.3	85.4	95.6	66.1	68.0	70.1
28	35.0	88.6	95.1	74.2	77.8	81.2	88.6	99.1	68.6	70.5	72.7
29	36.3	91.7	98.4	76.8	80.6	84.1	91.7	102.7	71.0	73.0	75.3
30	37.5	94.9	101.8	79.5	83.4	87.0	94.9	106.2	73.5	75.6	77.9
31	38.8	98.0	105.2	82.1	86.2	89.9	98.0	109.7	75.9	78.1	80.5
32	40.0	101.2	108.6	84.8	89.0	92.8	101.2	113.3	78.4	80.6	83.1
33	41.3	104.4	112.0	87.4	91.7	95.7	104.4	116.8	80.8	83.1	85.7
34	42.5	107.5	115.4	90.1	94.5	98.6	107.5	120.3	83.3	85.6	88.3
35	43.8	110.7	118.8	92.7	97.3	101.5	110.7	123.9	85.7	88.2	90.9
36	45.0	113.8	122.2	95.4	100.1	104.4	113.8	127.4	88.2	90.7	93.5
37	46.3	117.0	125.6	98.0	102.8	107.3	117.0	131.0	90.6	93.2	96.1
38	47.5	120.2	129.0	100.7	105.6	110.2	120.2	134.5	93.1	95.7	98.7
39	48.8	123.3	132.4	103.3	108.4	113.1	123.3	138.0	95.5	98.2	101.3
40	50.0	126.5	135.8	106.0	111.2	116.0	126.5	141.6	98.0	100.7	103.9
41	51.3	129.7	139.2	108.6	114.0	118.9	129.7	145.1	100.4	103.3	106.5
42	52.5	132.8	142.6	111.3	116.7	121.8	132.8	148.6	102.8	105.8	109.1
43	53.8	136.0	145.9	113.9	119.5	124.7	136.0	152.2	105.3	108.3	111.7
44	55.0	139.1	149.3	116.5	122.3	127.6	139.1	155.7	107.7	110.8	114.3

$U_c$	Creepage distance mm	Flashover distance mm	Recommended clearances		Height H mm	Weight kg	Insulation withstand voltage of empty housing	
			E min. mm	F min. mm			1.2/50 $\mu$ s kV (pk)	50 Hz, 60 s wet kV (rms)
04	358	196	100	190	210	5.7	118	34
05	358	196	101	190	210	5.8	118	34
06	493	227	111	190	240	6.6	137	39
07	493	227	121	190	240	6.7	137	39
08	493	227	131	190	240	6.8	137	39
09	648	277	141	191	290	8.0	167	48
10	648	277	151	201	290	8.1	167	48
11	648	277	161	211	290	8.2	167	48
12	648	277	171	221	290	8.3	167	48
13	823	346	181	231	360	10.0	208	59
14	823	346	191	241	360	10.1	208	59
15	823	346	201	251	360	10.2	208	59
16	823	346	212	261	360	10.3	208	59
17	823	346	221	271	360	10.4	208	59
18	823	346	231	281	360	10.6	208	59
19	823	346	242	292	360	10.7	208	59
20	823	346	252	301	360	10.8	208	59
21	978	396	262	311	410	12.0	238	68
22	978	396	272	322	410	12.1	238	68
23	978	396	282	332	410	12.2	238	68
24	978	396	292	342	410	12.3	238	68
25	978	396	302	352	410	12.4	238	68
26	1133	446	312	362	460	13.7	268	76
27	1133	446	322	372	460	13.8	268	76
28	1133	446	332	382	460	13.9	268	76
29	1133	446	342	392	460	14.0	268	76
30	1423	527	352	402	540	16.0	317	90
31	1423	527	362	412	540	16.1	317	90
32	1423	527	372	422	540	16.2	317	90
33	1423	527	382	432	540	16.3	317	90
34	1423	527	392	442	540	16.4	317	90
35	1423	527	402	452	540	16.6	317	90
36	1423	527	412	462	540	16.7	317	90
37	1597	596	423	472	610	18.0	358	102
38	1597	596	432	482	610	18.1	358	102
39	1597	596	442	492	610	18.2	358	102
40	1597	596	453	502	610	18.3	358	102
41	1733	627	463	512	640	19.3	377	107
42	1733	627	473	522	640	19.4	377	107
43	1733	627	483	533	640	19.5	377	107
44	1733	627	493	543	640	19.6	377	107

# Surge arrester POLIM-D



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor

### Technical data

Surge arrester with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arrester), direct molded in silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	1
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	250 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	20 kA rms for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	distribution heavy duty

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test with a high current impulse  $I_{hc} = 100$  kA, which gives an energy input of 3.6 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.325 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.300 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.275 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	625 N
Short term load SSL horizontal to axis	207 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	207 Nm

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16.7/50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

## Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s		
kV rms	kV rms	5 kA peak	10 kA peak	1 kA peak	2.5 kA peak	5 kA peak	10 kA peak	20 kA peak	125 A peak	250 A peak	500 A peak
4	5.0	14.5	16.0	11.7	12.4	13.1	14.0	15.9	10.4	10.8	11.1
6	7.5	21.7	24.0	17.5	18.5	19.6	21.0	23.9	15.6	16.1	16.6
8	10.0	28.9	32.0	23.3	24.7	26.1	28.0	31.8	20.8	21.5	22.2
10	12.5	36.1	39.9	29.1	30.8	32.6	35.0	39.8	25.9	26.8	27.7
12	15.0	43.3	47.9	34.9	37.0	39.1	42.0	47.7	31.1	32.2	33.2
14	17.5	50.5	55.9	40.7	43.2	45.6	49.0	55.7	36.3	37.5	38.8
16	20.0	57.7	63.9	46.5	49.3	52.1	56.0	63.6	41.5	42.9	44.3
18	22.5	64.9	71.9	52.3	55.5	58.6	63.0	71.6	46.7	48.2	49.8
20	25.0	72.1	79.8	58.1	61.6	65.1	70.0	79.5	51.8	53.6	55.3
22	27.5	79.4	87.8	64.0	67.8	71.7	77.0	87.4	57.0	59.0	60.9
24	30.0	86.6	95.8	69.8	74.0	78.2	84.0	95.4	62.2	64.3	66.4
26	32.5	93.8	103.8	75.6	80.1	84.7	91.0	103.3	67.4	69.7	71.9
28	35.0	101.0	111.8	81.4	86.3	91.2	98.0	111.3	72.6	75.0	77.5
30	37.5	108.2	119.7	87.2	92.4	97.7	105.0	119.2	77.7	80.4	83.0
32	40.0	115.4	127.7	93.0	98.6	104.2	112.0	127.2	82.9	85.7	88.5
34	42.5	122.6	135.7	98.8	104.8	110.7	119.0	135.1	88.1	91.1	94.1
36	45.0	129.8	143.7	104.6	110.9	117.2	126.0	143.1	93.3	96.4	99.6

Housing sizes	Creepage distance	Flashover distance	Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing	
					1.2/50 $\mu$ s kV peak	50 Hz, 60 s wet kV rms
	mm	mm	mm	kg		
01	153	121	144	0.8	78	20
02	248	136	144	0.9	88	23
03	306	170	191	1.2	110	28
04	375	182	191	1.4	118	35
05	460	217	239	1.6	140	38
06	506	229	239	1.8	148	40
07	610	264	286	2.2	170	50
08	715	283	286	2.5	180	53
09	844	328	334	3.1	213	63
10	1101	420	429	3.5	273	75
11	1311	514	518	4.1	296	87

# Surge arrester POLIM-C..N



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Overhead lines
- Cable sheath

### Applications

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor

### Technical data

Surge arresters with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arresters), direct molded silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	550 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	20 kA rms for 0.2 s

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty according to LD 2, which gives an energy input of 5,5 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1,31 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1,28 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1,25 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	1000 N
Short term load SSL horizontal to axis	350 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	245 Nm

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16,7/50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

# Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_f$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s				wave 30/60 $\mu$ s			
		5 kA	10 kA	1 kA	2,5 kA	5 kA	10 kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
kV rms	kV rms										
0.9	1.13	3.7	4.4	2.7	2.8	3.0	<b>3.1</b>	3.6	2.4	2.4	2.5
1.0	1.25	4.2	4.9	3.0	3.2	3.4	<b>3.5</b>	4.0	2.7	2.7	2.8
1.3	1.63	5.2	6.0	3.9	4.1	4.3	<b>4.5</b>	5.2	3.4	3.5	3.6
1.5	1.88	5.9	6.7	4.5	4.7	5.0	<b>5.2</b>	6.0	3.9	4.1	4.2
1.6	2.00	6.2	7.0	4.7	5.0	5.2	<b>5.5</b>	6.3	4.1	4.3	4.4
1.8	2.25	6.9	7.8	5.3	5.6	5.9	<b>6.2</b>	7.1	4.7	4.8	5.0
2.0	2.50	7.7	8.6	5.9	6.3	6.6	<b>6.9</b>	7.9	5.2	5.4	5.6
2.2	2.75	8.4	9.3	6.5	6.9	7.2	<b>7.6</b>	8.7	5.7	5.9	6.1
2.5	3.13	9.4	10.4	7.4	7.8	8.2	<b>8.6</b>	9.9	6.5	6.7	6.9
3.0	3.75	11.2	12.3	8.8	9.3	9.8	<b>10.3</b>	11.8	7.7	8.0	8.3
3.6	4.50	13.3	14.6	10.6	11.2	11.8	<b>12.4</b>	14.2	9.3	9.6	10.0
4.0	5.00	14.8	16.1	11.8	12.5	13.1	<b>13.8</b>	15.8	10.3	10.7	11.1
4.8	6.00	17.5	19.0	14.1	14.9	15.6	<b>16.5</b>	18.9	12.3	12.8	13.2
5.0	6.25	18.3	19.8	14.7	15.5	16.3	<b>17.2</b>	19.7	12.9	13.3	13.8
5.5	6.88	20.0	21.7	16.1	17.1	17.9	<b>18.9</b>	21.6	14.1	14.6	15.2
6.0	7.50	21.8	23.5	17.6	18.6	19.5	<b>20.6</b>	23.5	15.4	15.9	16.5
6.3	7.88	22.9	24.7	18.5	19.6	20.5	<b>21.7</b>	24.8	16.2	16.8	17.4
6.6	8.25	23.9	25.8	19.3	20.5	21.5	<b>22.7</b>	25.9	17.0	17.5	18.2
7.0	8.75	25.4	27.3	20.5	21.7	22.8	<b>24.1</b>	27.5	18.0	18.6	19.3
7.2	9.00	26.0	28.0	21.0	22.3	23.4	<b>24.7</b>	28.2	18.5	19.1	19.8
7.5	9.38	27.1	29.2	22.0	23.3	24.4	<b>25.8</b>	29.5	19.3	19.9	20.7

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing				Recommended minimum clearances	
					1,2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60s, wet		$E_{min}$	$F_{min}$
					required values acc. to IEC	guaranteed	required values acc. to IEC	guaranteed		
kV rms	mm	mm	mm	kg	kV peak	kV peak	kV rms	mm	mm	
0.9	138	107	87.5	0.8	4.7	20	1.9	4.3	55	105
1.0	138	107	87.5	0.8	6	20	2.1	4.3	55	105
1.3	138	107	87.5	0.8	7	20	2.7	4.3	55	105
1.5	138	107	87.5	0.8	8	20	3.2	4.3	55	105
1.6	138	107	87.5	0.8	9	20	3.3	4.3	55	105
1.8	138	107	87.5	0.8	10	20	3.8	4.3	55	105
2.0	138	107	87.5	0.8	11	20	4.2	4.3	55	105
2.2	199	134	115	1.1	12	30	4.6	10.7	55	105
2.5	199	134	115	1.1	13	30	5.2	10.7	55	105
3.0	199	134	115	1.1	16	30	6.3	10.7	55	105
3.6	199	134	115	1.1	19	30	7.5	10.7	57	105
4.0	199	134	115	1.1	21	30	8.4	10.7	61	105
4.8	199	134	115	1.1	25	30	9.9	10.7	70	105
5.0	199	134	115	1.1	26	30	10.4	10.7	72	105
5.5	255	162	142.5	1.6	29	40	11.4	16.1	78	105
6.0	255	162	142.5	1.6	31	40	12.4	16.1	83	105
6.3	255	162	142.5	1.6	33	40	13.1	16.1	86	105
6.6	255	162	142.5	1.6	34	40	13.7	16.1	90	106
7.0	255	162	142.5	1.6	36	40	14.5	16.1	94	110
7.2	255	162	142.5	1.6	37	40	14.9	16.1	96	112
7.5	255	162	142.5	1.6	39	40	15.6	16.1	99	115

# Surge arrester POLIM-I..N



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Traction systems (fixed installations and rolling stock)
- Capacitors
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor

### Technical data

Surge arrester with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arrester), direct molded silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ , 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{hg}$ , 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	550 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ , 50 Hz	40 kA rms for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	intermediate

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 2, which gives an energy input of 5.5 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.317 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.287 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.256 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	100 Nm
Tensile strength axial	2000 N
Short term load SSL horizontal to axis	2240 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	1150 Nm

Shock and vibration tested according IEC 61373.

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16.7/50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

## Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current										
		wave 1/... $\mu$ s				wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s	
		5 kA peak	10 kA peak	1 kA peak	2,5 kA peak	5 kA peak	10 kA peak	20 kA peak	125 A peak	250 A peak	500 A peak	
4	5.0	12.7	13.5	10.5	11.1	11.7	<b>12.3</b>	14.1	9.2	9.5	9.9	
5	6.3	15.9	16.8	13.1	13.9	14.6	<b>15.4</b>	17.6	11.4	11.9	12.4	
6	7.5	19.1	20.2	15.8	16.7	17.5	<b>18.5</b>	21.1	13.7	14.3	14.8	
7	8.8	22.2	23.5	18.3	19.4	20.3	<b>21.5</b>	24.6	16.0	16.6	17.2	
8	10.0	25.4	26.9	21.0	22.2	23.3	<b>24.6</b>	28.1	18.3	19.0	19.7	
9	11.3	28.6	30.2	23.6	25.0	26.2	<b>27.7</b>	31.6	20.5	21.4	22.2	
10	12.5	31.7	33.5	26.1	27.7	29.0	<b>30.7</b>	35.0	22.8	23.7	24.6	
11	13.8	34.9	36.9	28.8	30.5	32.0	<b>33.8</b>	38.6	25.1	26.1	27.1	
12	15.0	38.1	40.3	31.4	33.3	34.9	<b>36.9</b>	42.1	27.4	28.5	29.6	
13	16.3	41.2	43.6	34.0	36.0	37.8	<b>40.0</b>	45.6	29.6	30.8	32.0	
14	17.5	44.3	46.9	36.6	38.7	40.6	<b>43.0</b>	49.1	31.9	33.2	34.4	
15	18.8	47.5	50.3	39.2	41.5	43.6	<b>46.1</b>	52.6	34.2	35.5	36.9	
16	20.0	50.7	53.7	41.9	44.3	46.5	<b>49.2</b>	56.1	36.5	37.9	39.4	
17	21.3	53.8	56.9	44.4	47.0	49.3	<b>52.2</b>	59.6	38.7	40.2	41.8	
18	22.5	57.0	60.3	47.1	49.8	52.3	<b>55.3</b>	63.1	41.0	42.6	44.3	
19	23.8	60.2	63.7	49.7	52.6	55.2	<b>58.4</b>	66.6	43.3	45.0	46.8	
20	25.0	63.3	67.0	52.2	55.3	58.0	<b>61.4</b>	70.0	45.5	47.3	49.2	
21	26.3	66.5	70.4	54.9	58.1	60.9	<b>64.5</b>	73.6	47.8	49.7	51.6	
22	27.5	69.7	73.7	57.5	60.9	63.9	<b>67.6</b>	77.1	50.1	52.1	54.1	
23	28.8	72.9	77.1	60.1	63.7	66.8	<b>70.7</b>	80.6	52.4	54.5	56.6	
24	30.0	76.0	80.4	62.7	66.4	69.6	<b>73.7</b>	84.1	54.6	56.8	59.0	
25	31.3	79.2	83.8	65.3	69.2	72.5	<b>76.8</b>	87.6	56.9	59.2	61.5	
26	32.5	82.3	87.1	68.0	72.0	75.5	<b>79.9</b>	91.1	59.2	61.6	64.0	
27	33.8	85.4	90.4	70.5	74.7	78.3	<b>82.9</b>	94.6	61.4	63.9	66.4	
28	35.0	88.6	93.8	73.1	77.4	81.2	<b>86.0</b>	98.1	63.7	66.3	68.8	
29	36.3	91.8	97.2	75.8	80.2	84.2	<b>89.1</b>	101.6	66.0	68.7	71.3	
30	37.5	94.9	100.4	78.3	82.9	87.0	<b>92.1</b>	105.0	68.2	71.0	73.7	
31	38.8	98.1	103.8	81.0	85.7	89.9	<b>95.2</b>	108.6	70.5	73.4	76.2	
32	40.0	101.3	107.2	83.6	88.5	92.8	<b>98.3</b>	112.1	72.8	75.7	78.7	
33	41.3	104.5	110.6	86.2	91.3	95.8	<b>101.4</b>	115.6	75.1	78.1	81.2	
34	42.5	107.6	113.8	88.8	94.0	98.6	<b>104.4</b>	119.1	77.3	80.4	83.6	
35	43.8	110.8	117.2	91.4	96.8	101.5	<b>107.5</b>	122.6	79.6	82.8	86.0	
36	45.0	114.0	120.6	94.1	99.6	104.5	<b>110.6</b>	126.1	81.9	85.2	88.5	
37	46.3	117.1	123.9	96.6	102.3	107.3	<b>113.6</b>	129.6	84.1	87.5	90.9	
38	47.5	120.3	127.3	99.2	105.1	110.2	<b>116.7</b>	133.1	86.4	89.9	93.4	
39	48.8	123.4	130.6	101.9	107.9	113.1	<b>119.8</b>	136.6	88.7	92.3	95.9	
40	50.0	126.5	133.9	104.4	110.6	116.0	<b>122.8</b>	140.0	90.9	94.6	98.3	
41	51.3	129.7	137.3	107.1	113.4	118.9	<b>125.9</b>	143.6	93.2	97.0	100.8	
42	52.5	132.9	140.7	109.7	116.1	121.8	<b>129.0</b>	147.1	95.5	99.4	103.2	
43	53.8	136.1	144.0	112.3	118.9	124.8	<b>132.1</b>	150.6	97.8	101.8	105.7	
44	55.0	139.2	147.3	114.9	121.6	127.6	<b>135.1</b>	154.1	100.0	104.1	108.1	

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Recommended minimum clearances		Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing			
			$E_{min}$	$F_{min}$			1.2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60 s wet	
							required values acc. to IEC	guaranteed	required values acc. to IEC	guaranteed
kV rms	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kV peak	kV peak	kV rms	kV rms
4	366	198	91	160	210	3.1	16	119	8	34
5	366	198	100	160	210	3.1	21	119	10	34
6	501	230	110	160	240	3.5	25	138	12	40
7	501	230	120	170	240	3.6	28	138	13	40
8	501	230	130	180	240	3.6	32	138	15	40
9	656	280	140	190	290	4.4	37	168	17	48
10	656	280	150	200	290	4.5	40	168	19	48
11	656	280	160	210	290	4.5	44	168	21	48
12	656	280	170	220	290	4.5	48	168	23	48
13	831	348	180	230	360	5.5	52	209	24	60
14	831	348	190	240	360	5.5	56	209	26	60
15	831	348	200	250	360	5.6	60	209	28	60
16	831	348	210	260	360	5.6	64	209	30	60
17	831	348	220	270	360	5.6	68	209	32	60
18	831	348	230	280	360	5.7	72	209	34	60
19	831	348	240	290	360	5.8	76	209	36	60
20	831	348	249	300	360	5.8	80	209	37	60
21	986	398	260	310	410	6.5	84	239	39	68
22	986	398	269	320	410	6.6	88	239	41	68
23	986	398	279	330	410	6.6	92	239	43	68
24	986	398	289	340	410	6.7	96	239	45	68
25	986	398	299	350	410	6.7	100	239	47	68
26	1141	448	309	360	460	7.4	104	269	48	77
27	1141	448	319	370	460	7.5	108	269	50	77
28	1141	448	329	380	460	7.6	112	269	52	77
29	1141	448	339	390	460	7.6	116	269	54	77
30	1431	530	349	400	540	8.8	120	318	56	91
31	1431	530	359	410	540	8.8	124	318	58	91
32	1431	530	369	420	540	8.9	128	318	59	91
33	1431	530	379	430	540	8.9	132	318	61	91
34	1431	530	389	440	540	8.9	136	318	63	91
35	1431	530	399	450	540	9.0	140	318	65	91
36	1431	530	409	460	540	9.0	144	318	67	91
37	1606	600	419	470	610	10.0	148	360	69	102
38	1606	600	429	480	610	10.0	152	360	71	102
39	1606	600	438	489	610	10.1	156	360	72	102
40	1606	600	448	499	610	10.1	160	360	74	102
41	1741	630	458	509	640	10.5	164	378	76	108
42	1741	630	468	519	640	10.6	168	378	78	108
43	1741	630	478	529	640	10.6	172	378	80	108
44	1741	630	488	539	640	10.7	176	378	82	108

# Surge arrester POLIM-K



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Cables
- Cable sheaths
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor

### Technical data

Surge arrester with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arrester), direct molded silicon housing, gray color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	10 kA (pk)
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{nc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA (pk)
Long duration current impulse	500 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	50 kA (rms) for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	intermediate

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 2, which gives an energy input of 5.2 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.312 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.285 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.258 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	1000 N
Short term load SSL horizontal to axis	250 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	250 Nm

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40°C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

## Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV (pV) at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s		
		5 kA	10 kA	1 kA	2.5 kA	5 kA	10 kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
kV	kV	5 kA	10 kA	1 kA	2.5 kA	5 kA	10 kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
rms	rms	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV
4	5.0	13.0	14.7	10.9	11.7	12.4	<b>13.4</b>	14.9	9.7	10.0	10.3
5	6.3	16.2	18.3	13.6	14.5	15.4	<b>16.7</b>	18.6	12.1	12.5	12.9
6	7.5	19.4	21.9	16.3	17.4	18.5	<b>20.0</b>	22.2	14.5	14.9	15.4
7	8.8	22.7	25.7	19.1	20.3	21.6	<b>23.4</b>	26.0	17.0	17.5	18.0
8	10.0	25.9	29.3	21.7	23.2	24.7	<b>26.7</b>	29.7	19.4	19.9	20.6
9	11.3	29.1	32.9	24.4	26.0	27.7	<b>30.0</b>	33.3	21.7	22.4	23.1
10	12.5	32.3	36.5	27.1	28.9	30.8	<b>33.3</b>	37.0	24.1	24.9	25.6
11	13.8	35.6	40.2	29.9	31.8	33.9	<b>36.7</b>	40.8	26.6	27.4	28.2
12	15.0	38.8	43.8	32.5	34.7	36.9	<b>40.0</b>	44.4	29.0	29.8	30.8
13	16.3	42.0	47.4	35.2	37.6	40.0	<b>43.3</b>	48.1	31.4	32.3	33.3
14	17.5	45.3	51.1	38.0	40.5	43.1	<b>46.7</b>	51.9	33.8	34.8	35.9
15	18.8	48.5	54.8	40.7	43.4	46.1	<b>50.0</b>	55.5	36.2	37.3	38.5
16	20.0	51.6	58.4	43.3	46.2	49.2	<b>53.3</b>	59.2	38.6	39.8	41.0
17	21.3	54.9	62.1	46.1	49.2	52.3	<b>56.7</b>	63.0	41.0	42.3	43.6
18	22.5	58.1	65.7	48.8	52.0	55.4	<b>60.0</b>	66.6	43.4	44.7	46.1
19	23.8	61.3	69.3	51.5	54.9	58.4	<b>63.3</b>	70.3	45.8	47.2	48.7
20	25.0	64.5	72.9	54.1	57.7	61.5	<b>66.6</b>	74.0	48.2	49.7	51.2
21	26.3	67.8	76.6	56.9	60.7	64.6	<b>70.0</b>	77.7	50.7	52.2	53.8
22	27.5	71.0	80.2	59.6	63.5	67.6	<b>73.3</b>	81.4	53.0	54.7	56.3
23	28.8	74.2	83.9	62.3	66.4	70.7	<b>76.6</b>	85.1	55.4	57.1	58.9
24	30.0	77.5	87.6	65.0	69.3	73.8	<b>80.0</b>	88.8	57.9	59.6	61.5
25	31.3	80.7	91.2	67.7	72.2	76.9	<b>83.3</b>	92.5	60.3	62.1	64.0
26	32.5	83.9	94.8	70.4	75.1	79.9	<b>86.6</b>	96.2	62.7	64.6	66.6
27	33.8	87.2	98.5	73.2	78.0	83.0	<b>90.0</b>	99.9	65.1	67.1	69.2
28	35.0	90.4	102.1	75.8	80.9	86.1	<b>93.3</b>	103.6	67.5	69.6	71.7
29	36.3	93.6	105.7	78.5	83.7	89.1	<b>96.6</b>	107.3	69.9	72.0	74.2
30	37.5	96.8	109.4	81.2	86.6	92.2	<b>99.9</b>	110.9	72.3	74.5	76.8
31	38.8	100.1	113.1	84.0	89.5	95.3	<b>103.3</b>	114.7	74.7	77.0	79.4
32	40.0	103.2	116.7	86.6	92.4	98.3	<b>106.6</b>	118.4	77.1	79.5	81.9
33	41.3	106.4	120.3	89.3	95.3	101.4	<b>109.9</b>	122.0	79.5	81.9	84.5
34	42.5	109.7	124.0	92.1	98.2	104.5	<b>113.3</b>	125.8	82.0	84.5	87.1
35	43.8	112.9	127.6	94.8	101.1	107.6	<b>116.6</b>	129.5	84.4	86.9	89.6
36	45.0	116.1	131.2	97.4	103.9	110.6	<b>119.9</b>	133.1	86.7	89.4	92.1
37	46.3	119.4	135.0	100.2	106.9	113.7	<b>123.3</b>	136.9	89.2	91.9	94.8
38	47.5	122.6	138.6	102.9	109.7	116.8	<b>126.6</b>	140.6	91.6	94.4	97.3
39	48.8	125.8	142.2	105.6	112.6	119.8	<b>129.9</b>	144.2	94.0	96.8	99.8
40	50.0	129.0	145.8	108.2	115.4	122.9	<b>133.2</b>	147.9	96.4	99.3	102.4
41	51.3	132.3	149.5	111.0	118.4	126.0	<b>136.6</b>	151.7	98.8	101.8	105.0
42	52.5	135.5	153.1	113.7	121.2	129.0	<b>139.9</b>	155.3	101.2	104.3	107.5
43	53.8	138.7	156.7	116.4	124.1	132.1	<b>143.2</b>	159.0	103.6	106.7	110.0
44	55.0	142.0	160.4	119.1	127.0	135.2	<b>146.6</b>	162.8	106.0	109.3	112.6

Housing sizes	Creepage distance	Flashover distance	Height H	Weight	Insulation withstand of housing	
	mm	mm	mm	kg	1.2/50 $\mu$ s kV (pv)	50 Hz, 60 s, wet kV (rms)
10	264	159	159	< 1.6	90	40
20	384	199	199	< 2.0	110	50
30	504	239	239	< 2.6	135	60
40	625	279	279	< 3.0	160	70
50	745	319	319	< 3.4	180	80
60	865	359	359	< 3.8	200	90
70	985	399	399	< 4.2	225	100
80	1135	432	429	< 4.6	245	110
90	1460	552	549	< 5.6	310	150

# Surge arrester POLIM-S..N



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Generators
- Cables
- Cable sheaths
- Traction systems (fixed installations and rolling stock)
- Capacitors and capacitor banks
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor
- High-speed trains

### Technical data

Surge arrester with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arrester), direct molded silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	3
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	1000 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	50 kA rms for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	station class

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 3, which gives an energy input of 9,0 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.375 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.341 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.310 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	100 Nm
Tensile strength axial	3000 N
Short term load SSL horizontal to axis	3840 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	1920 Nm

Shock and vibration tested according IEC 61373.

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16.7/50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

## Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated operating voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s		
		5 kA peak	10 kA peak	1 kA peak	2,5 kA peak	5 kA peak	10 kA peak	20 kA peak	250 A peak	500 A peak	1000 A peak
4	5.0	12.6	13.2	10.5	11.0	11.5	12.0	13.3	9.6	9.8	10.1
5	6.3	15.8	16.5	13.1	13.8	14.4	15.0	16.6	11.9	12.3	12.6
6	7.5	18.9	19.8	15.7	16.5	17.2	18.0	19.9	14.3	14.7	15.2
7	8.8	22.1	23.1	18.3	19.2	20.1	21.0	23.2	16.7	17.2	17.7
8	10.0	25.2	26.4	20.9	22.0	22.9	24.0	26.5	19.1	19.6	20.2
9	11.3	28.4	29.7	23.5	24.7	25.8	27.0	29.8	21.5	22.1	22.7
10	12.5	31.5	33.0	26.1	27.5	28.7	30.0	33.1	23.8	24.5	25.2
11	13.8	34.7	36.3	28.8	30.2	31.5	33.0	36.4	26.2	27.0	27.7
12	15.0	37.8	39.6	31.4	33.0	34.4	36.0	39.8	28.6	29.4	30.3
13	16.3	41.0	42.9	34.0	35.7	37.3	39.0	43.1	31.0	31.9	32.8
14	17.5	44.1	46.2	36.6	38.4	40.1	42.0	46.4	33.4	34.3	35.3
15	18.8	47.3	49.5	39.2	41.2	43.0	45.0	49.7	35.7	36.8	37.8
16	20.0	50.4	52.8	41.8	43.9	45.8	48.0	53.0	38.1	39.2	40.3
17	21.3	53.6	56.1	44.4	46.7	48.7	51.0	56.3	40.5	41.7	42.8
18	22.5	56.7	59.4	47.0	49.4	51.6	54.0	59.6	42.9	44.1	45.4
19	23.8	59.9	62.7	49.6	52.1	54.4	57.0	62.9	45.3	46.6	47.9
20	25.0	63.0	66.0	52.2	54.9	57.3	60.0	66.2	47.6	49.0	50.4
21	26.3	66.2	69.3	54.9	57.6	60.2	63.0	69.5	50.0	51.5	52.9
22	27.5	69.3	72.6	57.5	60.4	63.0	66.0	72.8	52.4	53.9	55.4
23	28.8	72.5	75.9	60.1	63.1	65.9	69.0	76.2	54.8	56.4	57.9
24	30.0	75.6	79.2	62.7	65.9	68.7	72.0	79.5	57.1	58.8	60.5
25	31.3	78.8	82.5	65.3	68.6	71.6	75.0	82.8	59.5	61.2	63.0
26	32.5	81.9	85.8	67.9	71.3	74.5	78.0	86.1	61.9	63.7	65.5
27	33.8	85.1	89.1	70.5	74.1	77.3	81.0	89.4	64.3	66.1	68.0
28	35.0	88.2	92.4	73.1	76.8	80.2	84.0	92.7	66.7	68.6	70.5
29	36.3	91.4	95.7	75.7	79.6	83.0	87.0	96.0	69.0	71.0	73.0
30	37.5	94.5	99.0	78.3	82.3	85.9	90.0	99.3	71.4	73.5	75.6
31	38.8	97.7	102.3	81.0	85.1	88.8	93.0	102.6	73.8	75.9	78.1
32	40.0	100.8	105.6	83.6	87.8	91.6	96.0	105.9	76.2	78.4	80.6
33	41.3	104.0	108.9	86.2	90.5	94.5	99.0	109.2	78.6	80.8	83.1
34	42.5	107.1	112.2	88.8	93.3	97.4	102.0	112.6	80.9	83.3	85.6
35	43.8	110.3	115.5	91.4	96.0	100.2	105.0	115.9	83.3	85.7	88.1
36	45.0	113.4	118.8	94.0	98.8	103.1	108.0	119.2	85.7	88.2	90.7
37	46.3	116.6	122.1	96.6	101.5	105.9	111.0	122.5	88.1	90.6	93.2
38	47.5	119.7	125.4	99.2	104.2	108.8	114.0	125.8	90.5	93.1	95.7
39	48.8	122.9	128.7	101.8	107.0	111.7	117.0	129.1	92.8	95.5	98.2
40	50.0	126.0	132.0	104.4	109.7	114.5	120.0	132.4	95.2	98.0	100.7
41	51.3	129.2	135.3	107.1	112.5	117.4	123.0	135.7	97.6	100.4	103.2
42	52.5	132.3	138.6	109.7	115.2	120.3	126.0	139.0	100.0	102.9	105.8
43	53.8	135.5	141.9	112.3	118.0	123.1	129.0	142.3	102.3	105.3	108.3
44	55.0	138.6	145.2	114.9	120.7	126.0	132.0	145.6	104.7	107.8	110.8

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Recommended minimum clearances		Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing			
			$E_{min}$	$F_{min}$			1.2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60 s wet	
							required values acc. to IEC	guaranteed	required values acc. to IEC	guaranteed
kV rms	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kV peak	kV peak	kV rms	kV rms
4	364	197	90	170	210	4.5	16	119	8	34
5	364	197	98	170	210	4.6	20	119	10	34
6	499	229	107	170	240	5.2	24	138	12	39
7	499	229	116	170	240	5.2	28	138	14	39
8	499	229	126	177	240	5.3	32	138	16	39
9	654	279	135	187	290	6.3	36	168	18	48
10	654	279	145	196	290	6.4	39	168	19	48
11	654	279	154	206	290	6.5	43	168	21	48
12	654	279	164	216	290	6.5	47	168	23	48
13	829	347	173	225	360	7.8	51	209	25	59
14	829	347	182	235	360	7.9	55	209	27	59
15	829	347	192	244	360	7.9	59	209	29	59
16	829	347	201	254	360	8.0	63	209	31	59
17	829	347	210	263	360	8.1	67	209	33	59
18	829	347	220	273	360	8.2	71	209	35	59
19	829	347	229	283	360	8.3	75	209	36	59
20	829	347	239	292	360	8.4	78	209	38	59
21	983	397	248	302	410	9.3	82	239	40	68
22	983	397	257	311	410	9.4	86	239	42	68
23	983	397	267	321	410	9.5	90	239	44	68
24	983	397	276	331	410	9.5	94	239	46	68
25	983	397	286	340	410	9.6	98	239	48	68
26	1139	447	295	350	460	10.6	102	269	50	76
27	1139	447	304	359	460	10.7	106	269	51	76
28	1139	447	314	369	460	10.7	110	269	53	76
29	1139	447	323	378	460	10.8	114	269	55	76
30	1429	529	333	388	540	12.3	117	318	57	90
31	1429	529	342	398	540	12.4	121	318	59	90
32	1429	529	351	407	540	12.5	125	318	61	90
33	1429	529	361	417	540	12.5	129	318	63	90
34	1429	529	370	426	540	12.6	133	318	65	90
35	1429	529	380	436	540	12.7	137	318	67	90
36	1429	529	389	446	540	12.8	141	318	68	90
37	1603	597	398	455	610	14.0	145	359	70	102
38	1603	597	408	465	610	14.1	149	359	72	102
39	1603	597	417	474	610	14.2	153	359	74	102
40	1603	597	427	484	610	14.3	156	359	76	102
41	1739	629	436	493	640	14.8	160	378	78	107
42	1739	629	445	503	640	14.9	164	378	80	107
43	1739	629	455	513	640	15.0	168	378	82	107
44	1739	629	464	522	640	15.1	172	378	84	107

# Surge arrester MWD



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Cables
- Cable sheaths
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Indoor

### Technical data

Surge arresters with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arresters), direct molded silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ , 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	550 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	20 kA rms for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	intermediate

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 2, which gives an energy input of 5.5 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV)

#### with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.317 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.287 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.256 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	1200 N
Short term load SSL horizontal to axis	153 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	88 Nm

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16.7/50/60 Hz

# Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current										
		wave 1/... $\mu$ s				wave 8/20 $\mu$ s				wave 30/60 $\mu$ s		
		5 kA peak	10 kA peak	1 kA peak	2.5 kA peak	5 kA peak	10 kA peak	20 kA peak	125 A peak	250 A peak	500 A peak	
4	5.0	12.7	13.5	10.5	11.1	11.7	12.3	14.1	9.2	9.5	9.9	
5	6.3	15.9	16.8	13.1	13.9	14.6	15.4	17.6	11.4	11.9	12.4	
6	7.5	19.1	20.2	15.8	16.7	17.5	18.5	21.1	13.7	14.3	14.8	
7	8.8	22.2	23.5	18.3	19.4	20.3	21.5	24.6	16.0	16.6	17.2	
8	10.0	25.4	26.9	21.0	22.2	23.3	24.6	28.1	18.3	19.0	19.7	
9	11.3	28.6	30.2	23.6	25.0	26.2	27.7	31.6	20.5	21.4	22.2	
10	12.5	31.7	33.5	26.1	27.7	29.0	30.7	35.0	22.8	23.7	24.6	
11	13.8	34.9	36.9	28.8	30.5	32.0	33.8	38.6	25.1	26.1	27.1	
12	15.0	38.1	40.3	31.4	33.3	34.9	36.9	42.1	27.4	28.5	29.6	
13	16.3	41.2	43.6	34.0	36.0	37.8	40.0	45.6	29.6	30.8	32.0	
14	17.5	44.3	46.9	36.6	38.7	40.6	43.0	49.1	31.9	33.2	34.4	
15	18.8	47.5	50.3	39.2	41.5	43.6	46.1	52.6	34.2	35.5	36.9	
16	20.0	50.7	53.7	41.9	44.3	46.5	49.2	56.1	36.5	37.9	39.4	
17	21.3	53.8	56.9	44.4	47.0	49.3	52.2	59.6	38.7	40.2	41.8	
18	22.5	57.0	60.3	47.1	49.8	52.3	55.3	63.1	41.0	42.6	44.3	
19	23.8	60.2	63.7	49.7	52.6	55.2	58.4	66.6	43.3	45.0	46.8	
20	25.0	63.3	67.0	52.2	55.3	58.0	61.4	70.0	45.5	47.3	49.2	
21	26.3	66.5	70.4	54.9	58.1	60.9	64.5	73.6	47.8	49.7	51.6	
22	27.5	69.7	73.7	57.5	60.9	63.9	67.6	77.1	50.1	52.1	54.1	
23	28.8	72.9	77.1	60.1	63.7	66.8	70.7	80.6	52.4	54.5	56.6	
24	30.0	76.0	80.4	62.7	66.4	69.6	73.7	84.1	54.6	56.8	59.0	
25	31.3	79.2	83.8	65.3	69.2	72.5	76.8	87.6	56.9	59.2	61.5	
26	32.5	82.3	87.1	68.0	72.0	75.5	79.9	91.1	59.2	61.6	64.0	
27	33.8	85.4	90.4	70.5	74.7	78.3	82.9	94.6	61.4	63.9	66.4	
28	35.0	88.6	93.8	73.1	77.4	81.2	86.0	98.1	63.7	66.3	68.8	
29	36.3	91.8	97.2	75.8	80.2	84.2	89.1	101.6	66.0	68.7	71.3	
30	37.5	94.9	100.4	78.3	82.9	87.0	92.1	105.0	68.2	71.0	73.7	
31	38.8	98.1	103.8	81.0	85.7	89.9	95.2	108.6	70.5	73.4	76.2	
32	40.0	101.3	107.2	83.6	88.5	92.8	98.3	112.1	72.8	75.7	78.7	
33	41.3	104.5	110.6	86.2	91.3	95.8	101.4	115.6	75.1	78.1	81.2	
34	42.5	107.6	113.8	88.8	94.0	98.6	104.4	119.1	77.3	80.4	83.6	
35	43.8	110.8	117.2	91.4	96.8	101.5	107.5	122.6	79.6	82.8	86.0	
36	45.0	114.0	120.6	94.1	99.6	104.5	110.6	126.1	81.9	85.2	88.5	
37	46.3	117.1	123.9	96.6	102.3	107.3	113.6	129.6	84.1	87.5	90.9	
38	47.5	120.3	127.3	99.2	105.1	110.2	116.7	133.1	86.4	89.9	93.4	
39	48.8	123.4	130.6	101.9	107.9	113.1	119.8	136.6	88.7	92.3	95.9	
40	50.0	126.5	133.9	104.4	110.6	116.0	122.8	140.0	90.9	94.6	98.3	
41	51.3	129.7	137.3	107.1	113.4	118.9	125.9	143.6	93.2	97.0	100.8	
42	52.5	132.9	140.7	109.7	116.1	121.8	129.0	147.1	95.5	99.4	103.2	
43	53.8	136.1	144.0	112.3	118.9	124.8	132.1	150.6	97.8	101.8	105.7	
44	55.0	139.2	147.3	114.9	121.6	127.6	135.1	154.1	100.0	104.1	108.1	

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Recommended minimum clearances		Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing			
			$E_{min}$	$F_{min}$			1.2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60 s dry	
							req. values acc. to IEC	guaranteed	req. values acc. to IEC	guaranteed
kV rms	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kV peak	kV peak	kV rms	kV rms
4	170	165	50	90	187	1.3	16	66	8	42
5	170	165	60	90	187	1.3	21	66	10	42
6	170	165	70	90	187	1.4	25	66	12	42
7	170	165	80	90	187	1.4	28	66	13	42
8	170	165	90	100	187	1.5	32	66	15	42
9	210	205	100	110	227	1.8	37	81	17	52
10	210	205	110	120	227	1.8	40	81	19	52
11	250	245	120	130	267	2.1	44	97	21	62
12	250	245	130	140	267	2.1	48	97	23	62
13	250	245	140	150	267	2.2	52	97	24	62
14	250	245	150	160	267	2.2	56	97	26	62
15	250	245	160	170	267	2.3	60	97	28	62
16	290	285	170	180	307	2.5	64	113	30	72
17	290	285	180	190	307	2.5	68	113	32	72
18	290	285	190	200	307	2.6	72	113	34	72
19	290	285	200	210	307	2.6	76	113	36	72
20	290	285	209	220	307	2.7	80	113	37	72
21	330	325	220	230	347	3.0	84	129	39	82
22	330	325	229	240	347	3.0	88	129	41	82
23	330	325	239	250	347	3.1	92	129	43	82
24	330	325	249	260	347	3.1	96	129	45	82
25	370	365	259	270	387	3.4	100	145	47	92
26	370	365	269	280	387	3.4	104	145	48	92
27	370	365	279	290	387	3.5	108	145	50	92
28	370	365	289	300	387	3.5	112	145	52	92
29	370	365	299	310	387	3.6	116	145	54	92
30	370	365	309	320	387	3.6	120	145	56	92
31	490	485	319	330	507	4.4	124	192	58	122
32	490	485	329	340	507	4.4	128	192	59	122
33	490	485	339	350	507	4.5	132	192	61	122
34	490	485	349	360	507	4.5	136	192	63	122
35	490	485	359	370	507	4.6	140	192	65	122
36	490	485	369	380	507	4.6	144	192	67	122
37	490	485	379	390	507	4.7	148	192	69	122
38	490	485	389	400	507	4.7	152	192	71	122
39	490	485	398	409	507	4.8	156	192	72	122
40	490	485	408	419	507	4.8	160	192	74	122
41	490	485	418	429	507	4.9	164	192	76	122
42	530	525	428	439	547	5.1	168	208	78	132
43	530	525	438	449	547	5.3	172	208	80	132
44	530	525	448	459	547	5.3	176	208	82	132

# Surge arrester MWK



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Cables
- Cable sheaths
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Outdoor and indoor

### Technical data

Surge arrester with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arrester), direct molded silicone housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ , 8/20 $\mu$ s	10 kA peak
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{hc}$ , 4/10 $\mu$ s	100 kA peak
Long duration current impulse	550 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ , 50 Hz	20 kA rms for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	intermediate

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 2, which gives an energy input of 5.5 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.317 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.287 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.256 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	1200 N
Short term load SSL horizontal to axis	153 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	88 Nm

### General data

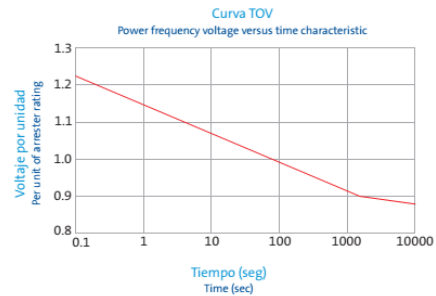
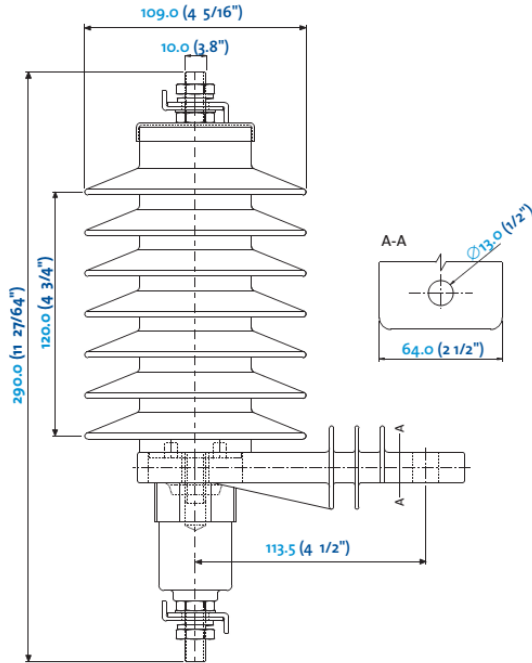
Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	16.7/50/60 Hz
Weather ageing test	tested according to test series A (1000 h salt fog)

## Electrical data

$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV peak at specified impulse current										
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s			
kV rms	kV rms	5 kA peak	10 kA peak	1 kA peak	2.5 kA peak	5 kA peak	10 kA peak	20 kA peak	125 A peak	250 A peak	500 A peak	
4	5.0	12.7	13.5	10.5	11.1	11.7	<b>12.3</b>	14.1	9.2	9.5	9.9	
5	6.3	15.9	16.8	13.1	13.9	14.6	<b>15.4</b>	17.6	11.4	11.9	12.4	
6	7.5	19.1	20.2	15.8	16.7	17.5	<b>18.5</b>	21.1	13.7	14.3	14.8	
7	8.8	22.2	23.5	18.3	19.4	20.3	<b>21.5</b>	24.6	16.0	16.6	17.2	
8	10.0	25.4	26.9	21.0	22.2	23.3	<b>24.6</b>	28.1	18.3	19.0	19.7	
9	11.3	28.6	30.2	23.6	25.0	26.2	<b>27.7</b>	31.6	20.5	21.4	22.2	
10	12.5	31.7	33.5	26.1	27.7	29.0	<b>30.7</b>	35.0	22.8	23.7	24.6	
11	13.8	34.9	36.9	28.8	30.5	32.0	<b>33.8</b>	38.6	25.1	26.1	27.1	
12	15.0	38.1	40.3	31.4	33.3	34.9	<b>36.9</b>	42.1	27.4	28.5	29.6	
13	16.3	41.2	43.6	34.0	36.0	37.8	<b>40.0</b>	45.6	29.6	30.8	32.0	
14	17.5	44.3	46.9	36.6	38.7	40.6	<b>43.0</b>	49.1	31.9	33.2	34.4	
15	18.8	47.5	50.3	39.2	41.5	43.6	<b>46.1</b>	52.6	34.2	35.5	36.9	
16	20.0	50.7	53.7	41.9	44.3	46.5	<b>49.2</b>	56.1	36.5	37.9	39.4	
17	21.3	53.8	56.9	44.4	47.0	49.3	<b>52.2</b>	59.6	38.7	40.2	41.8	
18	22.5	57.0	60.3	47.1	49.8	52.3	<b>55.3</b>	63.1	41.0	42.6	44.3	
19	23.8	60.2	63.7	49.7	52.6	55.2	<b>58.4</b>	66.6	43.3	45.0	46.8	
20	25.0	63.3	67.0	52.2	55.3	58.0	<b>61.4</b>	70.0	45.5	47.3	49.2	
21	26.3	66.5	70.4	54.9	58.1	60.9	<b>64.5</b>	73.6	47.8	49.7	51.6	
22	27.5	69.7	73.7	57.5	60.9	63.9	<b>67.6</b>	77.1	50.1	52.1	54.1	
23	28.8	72.9	77.1	60.1	63.7	66.8	<b>70.7</b>	80.6	52.4	54.5	56.6	
24	30.0	76.0	80.4	62.7	66.4	69.6	<b>73.7</b>	84.1	54.6	56.8	59.0	
25	31.3	79.2	83.8	65.3	69.2	72.5	<b>76.8</b>	87.6	56.9	59.2	61.5	
26	32.5	82.3	87.1	68.0	72.0	75.5	<b>79.9</b>	91.1	59.2	61.6	64.0	
27	33.8	85.4	90.4	70.5	74.7	78.3	<b>82.9</b>	94.6	61.4	63.9	66.4	
28	35.0	88.6	93.8	73.1	77.4	81.2	<b>86.0</b>	98.1	63.7	66.3	68.8	
29	36.3	91.8	97.2	75.8	80.2	84.2	<b>89.1</b>	101.6	66.0	68.7	71.3	
30	37.5	94.9	100.4	78.3	82.9	87.0	<b>92.1</b>	105.0	68.2	71.0	73.7	
31	38.8	98.1	103.8	81.0	85.7	89.9	<b>95.2</b>	108.6	70.5	73.4	76.2	
32	40.0	101.3	107.2	83.6	88.5	92.8	<b>98.3</b>	112.1	72.8	75.7	78.7	
33	41.3	104.5	110.6	86.2	91.3	95.8	<b>101.4</b>	115.6	75.1	78.1	81.2	
34	42.5	107.6	113.8	88.8	94.0	98.6	<b>104.4</b>	119.1	77.3	80.4	83.6	
35	43.8	110.8	117.2	91.4	96.8	101.5	<b>107.5</b>	122.6	79.6	82.8	86.0	
36	45.0	114.0	120.6	94.1	99.6	104.5	<b>110.6</b>	126.1	81.9	85.2	88.5	
37	46.3	117.1	123.9	96.6	102.3	107.3	<b>113.6</b>	129.6	84.1	87.5	90.9	
38	47.5	120.3	127.3	99.2	105.1	110.2	<b>116.7</b>	133.1	86.4	89.9	93.4	
39	48.8	123.4	130.6	101.9	107.9	113.1	<b>119.8</b>	136.6	88.7	92.3	95.9	
40	50.0	126.5	133.9	104.4	110.6	116.0	<b>122.8</b>	140.0	90.9	94.6	98.3	
41	51.3	129.7	137.3	107.1	113.4	118.9	<b>125.9</b>	143.6	93.2	97.0	100.8	
42	52.5	132.9	140.7	109.7	116.1	121.8	<b>129.0</b>	147.1	95.5	99.4	103.2	
43	53.8	136.1	144.0	112.3	118.9	124.8	<b>132.1</b>	150.6	97.8	101.8	105.7	
44	55.0	139.2	147.3	114.9	121.6	127.6	<b>135.1</b>	154.1	100.0	104.1	108.1	

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Recommended minimum clearance		Height H	Weight	Insulation withstand voltage of empty housing			
			$E_{min}$	$F_{min}$			1.2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60 s wet	
							req. values acc. to IEC	guaranteed	req. values acc. to IEC	guaranteed
kV rms	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kV peak	kV peak	kV rms	kV rms
4	269	183	60	110	187	1.3	16	96	8	41
5	269	183	60	110	187	1.4	21	96	10	41
6	269	183	70	110	187	1.4	25	96	12	41
7	269	183	80	110	187	1.5	28	96	13	41
8	269	183	90	110	187	1.5	32	96	15	41
9	344	223	100	110	227	1.9	37	116	17	50
10	344	223	110	120	227	1.9	40	116	19	50
11	418	263	120	130	267	2.2	44	137	21	58
12	418	263	130	140	267	2.2	48	137	23	58
13	418	263	140	150	267	2.3	52	137	24	58
14	418	263	150	160	267	2.3	56	137	26	58
15	418	263	160	170	267	2.4	60	137	28	58
16	492	303	170	180	307	2.7	64	158	30	67
17	492	303	180	190	307	2.7	68	158	32	67
18	492	303	190	200	307	2.8	72	158	34	67
19	492	303	200	210	307	2.8	76	158	36	67
20	492	303	209	220	307	2.9	80	158	37	67
21	567	343	220	230	347	3.2	84	179	39	76
22	567	343	229	240	347	3.2	88	179	41	76
23	567	343	239	250	347	3.3	92	179	43	76
24	567	343	249	260	347	3.3	96	179	45	76
25	641	383	259	270	387	3.6	100	200	47	85
26	641	383	269	280	387	3.6	104	200	48	85
27	641	383	279	290	387	3.7	108	200	50	85
28	641	383	289	300	387	3.7	112	200	52	85
29	641	383	299	310	387	3.8	116	200	54	85
30	641	383	309	320	387	3.8	120	200	56	85
31	865	503	319	330	507	4.7	124	262	58	111
32	865	503	329	340	507	4.7	128	262	59	111
33	865	503	339	350	507	4.8	132	262	61	111
34	865	503	349	360	507	4.8	136	262	63	111
35	865	503	359	370	507	4.9	140	262	65	111
36	865	503	369	380	507	4.9	144	262	67	111
37	865	503	379	390	507	5.0	148	262	69	111
38	865	503	389	400	507	5.0	152	262	71	111
39	865	503	398	409	507	5.1	156	262	72	111
40	865	503	408	419	507	5.1	160	262	74	111
41	865	503	418	429	507	5.2	164	262	76	111
42	939	543	428	439	547	5.2	168	283	78	120
43	939	543	438	449	547	5.4	172	283	80	120
44	939	543	448	459	547	5.4	176	283	82	120

# Descargador de Sobretensiones Polimérico Polymer Surge arresters



## NÚMERO DE CATÁLOGO PY012001

Clase	1
-------	---

### DISTANCIAS CRÍTICAS, mm

Distancia de arco	180
Distancia de fuga	503

### VALORES ELÉCTRICOS

Voltaje nominal (Ur)	12kV								
MCOV	10.2kV								
Corriente de descarga normal	10kA								
Impulso de corriente (4/10µs)	100kA								
Impulso soportado (1.2/50µs)	100kV								
Tensión de flameo en húmedo a frecuencia industrial	50kV								
Voltaje residual al impulso tipo rayo (8/20µs)	<table border="1"> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> <tr> <td>36.29kV</td> <td>39.53kV</td> <td>43.63kV</td> <td>49.46kV</td> </tr> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	36.29kV	39.53kV	43.63kV	49.46kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
36.29kV	39.53kV	43.63kV	49.46kV						

### VALORES MECÁNICOS

Resistencia al cantilever	1,710N
Resistencia a la tensión	3,500N
Torque máximo	50Nm
Peso	3.7kg

Nota: Medidas en mm

## CATALOG NUMBER PY012001

Class	1
-------	---

### CRITICAL DISTANCES, in

Arcing distance	7.08
Leakage distance	19.8

### ELECTRICAL VALUES

Rated voltage (Ur)	12kV								
MCOV	10.2kV								
Normal discharge current	10kA								
High current impulse (4/10µs)	100kA								
Impulse voltage (1.2/50µs)	100kV								
Power frequency voltage (Wet)	50kV								
Residual voltage (8/20µs)	<table border="1"> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> <tr> <td>36.29kV</td> <td>39.53kV</td> <td>43.63kV</td> <td>49.46kV</td> </tr> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	36.29kV	39.53kV	43.63kV	49.46kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
36.29kV	39.53kV	43.63kV	49.46kV						

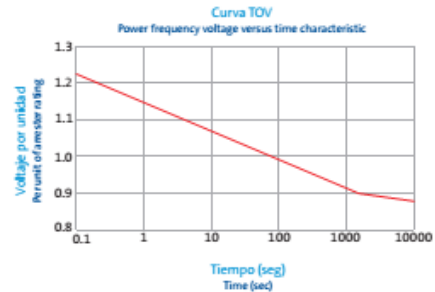
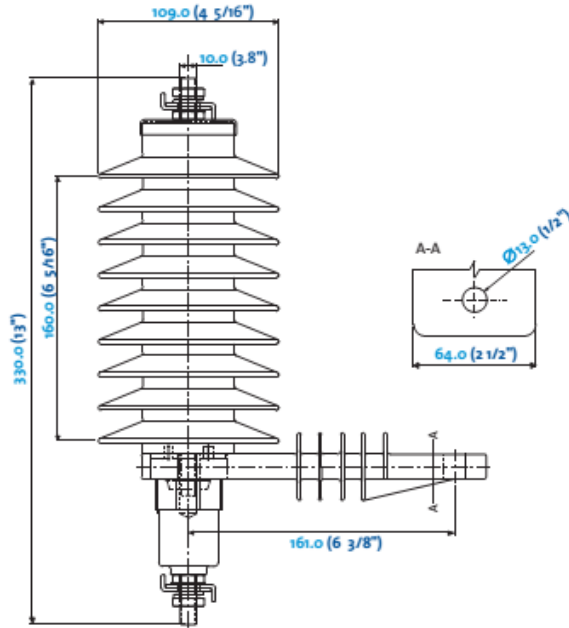
### MECHANICAL VALUES

Cantilever strenght	384.4Lb
Strength tension	786.8Lb
Maximun torque	50Nm
Weight	9.9Lb

Note: Dimensions in inches

**GAMMA**

# Descargador de Sobretensiones Polimérico Polymer Surge arresters



NÚMERO DE CATÁLOGO	PY015001								
Clase	1								
<b>DISTANCIAS CRÍTICAS, mm</b>									
Distancia de arco	220								
Distancia de fuga	644								
<b>VALORES ELÉCTRICOS</b>									
Voltaje nominal (Ur)	15kV								
MCOV	12.7kV								
Corriente de descarga normal	10kA								
Impulso de corriente (4/10µs)	100kA								
Impulso soportado (1.2/50µs)	125kV								
Tensión de flameo en húmedo a frecuencia industrial	65kV								
Voltaje residual al impulso tipo rayo (8/20µs)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45.36kV</td> <td>49.41kV</td> <td>54.54kV</td> <td>61.83kV</td> </tr> </tbody> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	45.36kV	49.41kV	54.54kV	61.83kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
45.36kV	49.41kV	54.54kV	61.83kV						
<b>VALORES MECÁNICOS</b>									
Resistencia al cantilever	1,710N								
Resistencia a la tensión	3,500N								
Torque máximo	50Nm								
Peso	4.23kg								

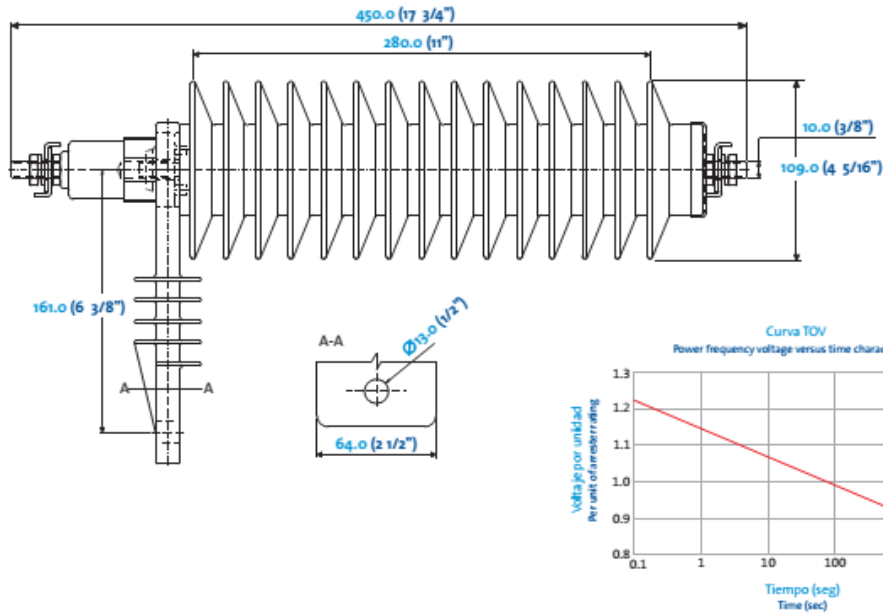
**Nota:** Medidas en mm

CATALOG NUMBER	PY015001								
Class	1								
<b>CRITICAL DISTANCES, in</b>									
Arcing distance	86.6								
Leakage distance	253.5								
<b>ELECTRICAL VALUES</b>									
Rated voltage (Ur)	15kV								
MCOV	12.7kV								
Normal discharge current	10kA								
High current impulse (4/10µs)	100kA								
Impulse voltage (1.2/50µs)	125kV								
Power frequency voltage (Wet)	65kV								
Residual voltage (8/20µs)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45.36kV</td> <td>49.41kV</td> <td>54.54kV</td> <td>61.83kV</td> </tr> </tbody> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	45.36kV	49.41kV	54.54kV	61.83kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
45.36kV	49.41kV	54.54kV	61.83kV						
<b>MECHANICAL VALUES</b>									
Cantiliver strenght	384.4lb								
Strength tension	786.8lb								
Maximun torque	50Nm								
Weight	11.3lb								

**Note:** Dimensions in inches

**GAMMA**

# Descargador de Sobretensiones Polimérico Polymer Surge arresters



NÚMERO DE CATÁLOGO	PY030001								
Clase	1								
<b>DISTANCIAS CRÍTICAS, mm</b>									
Distancia de arco	340								
Distancia de fuga	1,067								
<b>VALORES ELÉCTRICOS</b>									
Voltaje nominal (Ur)	30kV								
MCOV	25.5kV								
Corriente de descarga normal	10kA								
Impulso de corriente (4/10µs)	100kA								
Impulso soportado (1.2/50µs)	195kV								
Tensión de flameo en húmedo a frecuencia industrial	95kV								
Voltaje residual al impulso tipo rayo (8/20µs)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90.72kV</td> <td>98.82kV</td> <td>109.08kV</td> <td>123.66kV</td> </tr> </tbody> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	90.72kV	98.82kV	109.08kV	123.66kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
90.72kV	98.82kV	109.08kV	123.66kV						
<b>VALORES MECÁNICOS</b>									
Resistencia al cantilever	1,710N								
Resistencia a la tensión	3,500N								
Torque máximo	50Nm								
Peso	7.20kg								

Nota: Medidas en mm

CATALOG NUMBER	PY030001								
Class	1								
<b>CRITICAL DISTANCES, in</b>									
Arcing distance	13.4								
Leakage distance	42.0								
<b>ELECTRICAL VALUES</b>									
Rated voltage (Ur)	30kV								
MCOV	25.5kV								
Normal discharge current	10kA								
High current impulse (4/10µs)	100kA								
Impulse voltage (1.2/50µs)	195kV								
Power frequency voltage (Wet)	95kV								
Residual voltage (8/20µs)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>5kA</th> <th>10kA</th> <th>20kA</th> <th>40kA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90.72kV</td> <td>98.82kV</td> <td>109.08kV</td> <td>123.66kV</td> </tr> </tbody> </table>	5kA	10kA	20kA	40kA	90.72kV	98.82kV	109.08kV	123.66kV
5kA	10kA	20kA	40kA						
90.72kV	98.82kV	109.08kV	123.66kV						
<b>MECHANICAL VALUES</b>									
Cantiliver strenght	384.4Lb								
Strength tension	786.8Lb								
Maximun torque	50Nm								
Weight	19.3Lb								

Note: Dimensions in inches

**GAMMA**

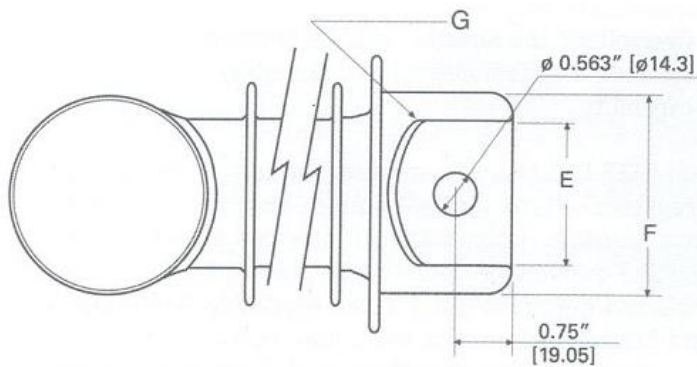
## Descargadores de Sobretensión Poliméricos Media Tensión Polymer Surge Arresters, Medium voltage

Referencia Reference	Voltaje nominal Rated Voltage	MCOV	TOV Sobretensión temporal		Voltaje residual Impulso tipo rayo (8/20 $\mu$ s) Residual voltage (8/20 $\mu$ s)				Voltaje residual a impulso tipo maniobra 30/75 $\mu$ s Residual voltage (30/75 $\mu$ s)	
			1Seg	10Seg	5kA	10kA	20kA	40kA	250A	500A
	kV	kVrms	kV	kV						
PY003001	3	2.55	3.39	3.18	9.07	9.88	10.91	12.37	6.8	7.0
PY006001	6	5.10	6.78	6.36	18.14	19.76	21.82	24.73	13.6	14.0
PY009001	9	7.65	10.17	9.54	27.22	29.65	32.72	37.10	20.3	21.0
PY010001	10	8.50	11.30	10.60	31.08	33.86	37.37	42.37	22.6	23.3
PY018001	18	15.30	20.34	19.08	54.43	59.29	65.45	74.20	40.7	41.9
PY021001	21	17.85	23.73	22.26	63.50	69.17	76.36	86.56	47.5	48.9
PY024001	24	20.40	27.12	25.44	72.58	79.06	87.26	98.93	54.2	55.9
PY027001	27	22.95	30.51	26.62	81.65	88.94	98.17	111.29	61.0	62.9
PY033001	33	28.05	37.29	34.96	99.79	108.70	119.99	136.03	74.6	76.8
PY036001	36	30.60	40.68	38.16	108.86	118.58	130.90	148.39	81.4	83.8
PY039001	39	33.15	44.07	41.34	117.94	128.47	141.80	160.76	88.1	90.8
PY042001	42	35.70	47.46	44.52	127.01	138.35	152.71	173.12	94.9	97.8
PY045001	45	38.25	50.85	47.70	136.08	148.23	163.62	185.49	101.7	104.8
PY048001	48	40.80	54.24	50.88	145.15	158.11	174.53	197.86	108.5	111.7
PY051001	51	43.35	57.63	54.06	154.22	167.99	185.44	210.22	115.3	118.7
PY054001	54	45.90	61.02	57.24	163.30	177.88	196.34	222.59	122.0	125.7



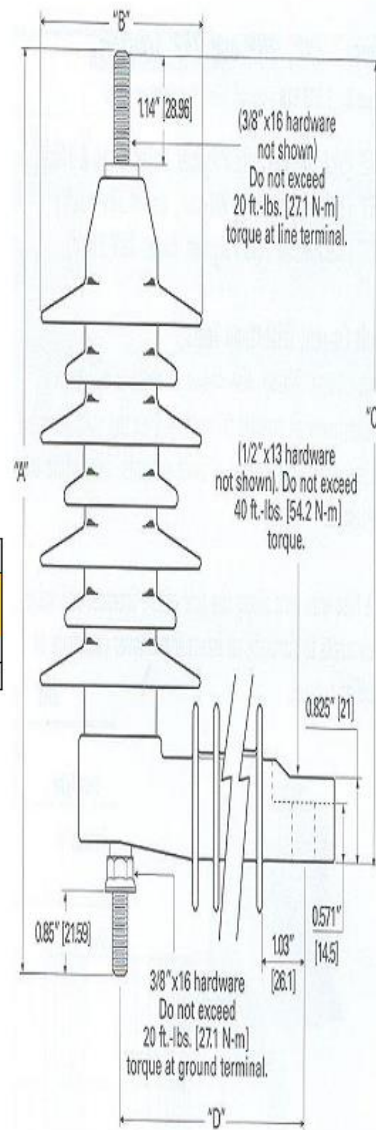
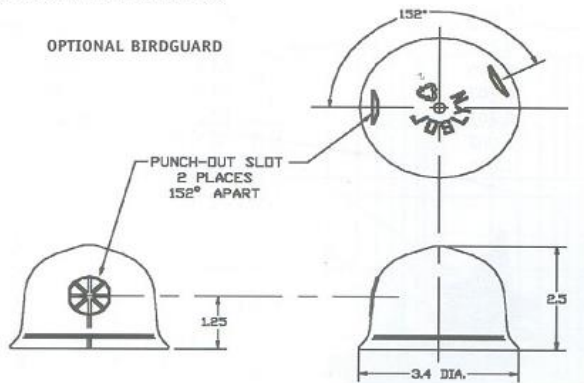
# Pararrayos

# JOSLYN Manufacturing Co.



DATOS DEL SOPORTE DE AISLACIÓN									
Rango del pararrayos (KV)	Fuga		faidas	E		F		G (radio)	
	pulgada	milimetro		pulgada	mm	pulgada	mm	pulgada	mm
3-15	4.6	117	3	1.875	47.62	2.70	66.58	1.312	33.34
18-36	9.16	232	6	2.13	54.10	2.95	74.93	1.656	42.06

### Protector de Pájaros Opcional



## Pararrayos

**JOSLYN**  
Manufacturing Co.

ZFORCE ZNP (Polímero de Trabajo Normal 5kA) -Datos Físicos															
KV	Fuga <sup>1</sup>		Strike		A		B		C		D		Peso 2		Caja Unidades.
	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Libras	Kg.	
9	15.04	382	7.69	195	8.83	224	4.00	102	7.71	165	3.93	100	2.9	1.32	5
10	17.41	442	8.00	203	9.14	232	4.00	102	8.02	204	3.93	100	3.0	1.36	5
18	26.59	675	11.23	285	12.23	311	4.00	102	11.16	283	5.43	138	4.8	2.18	5

ZFORCE ZNP (Polímero de Trabajo Normal 5kA) - Características de Protección										
Rango voltaje (Ur) (kVrms)	MCOV (Uc) <sup>3</sup> (kVrms)	Máximo equivalente. FOW <sup>4</sup> (KV Máximo)	Máxima Conmutación <sup>5</sup> (KV Máximo)	Voltaje Máximo de la descarga (KV Máximo) utilizando un impulso de corriente de $\mu$ s de 8/20						
				kA 1.5	kA 2.5	kA 3.0	kA 5.0	kA 10	kA 20	kA 40
9	7.65	29.9	23.7	25.4	26.2	26.6	28.2	30.5	33.8	39.9
10	8.4	32.9	26.3	28.1	29.2	29.6	31.3	33.9	37.4	43.9
18	15.3	59.7	47.4	50.7	52.3	53.1	56.4	61.0	67.5	79.7

ZFORCE ZHP (Polímero de Trabajo Pesado 10kA) - Datos Físicos

KV	Fuga <sup>1</sup>		Strike		A		B		C		D		Peso <sup>2</sup>		Caja Unidades.
	Pulgada	Mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Libras	Kg.	
3	7.96	202	5.47	139	6.52	166	4.30	109	5.40	137	3.93	100	2.3	1.05	5
6	11.94	303	6.02	153	7.66	195	4.30	109	6.54	166	3.93	100	3.0	1.37	5
9	15.92	404	7.76	197	8.80	224	4.30	109	7.68	195	3.93	100	3.6	1.64	5
10	18.28	464	8.21	209	9.14	232	4.30	109	8.02	204	3.93	100	3.7	1.68	5
12	19.90	506	8.91	226	9.94	253	4.30	109	8.82	224	3.93	100	4.2	1.91	5
15	23.84	606	10.01	254	11.09	282	4.30	109	10.02	254	3.93	100	4.9	2.23	5
18	27.87	708	11.40	290	12.23	311	4.30	109	11.16	283	5.43	138	5.9	2.68	5
21	31.85	809	12.54	319	13.37	340	4.30	109	12.30	312	5.43	138	6.5	2.96	5
24	35.83	910	13.69	348	14.51	369	4.30	109	13.44	341	5.43	138	7.1	3.23	5
27	39.92	1014	14.52	369	15.66	398	4.30	109	14.59	371	5.43	138	7.8	3.52	5
30	43.90	1115	15.51	394	16.78	426	4.30	109	15.71	399	5.43	138	8.4	3.80	1*
36	51.95	1320	17.79	452	19.13	486	4.30	109	18.06	459	5.43	138	9.6	4.38	1*

ZFORCE ZHP (Polímero de Trabajo Pesado 10kA) - Características de Protección

Rango de voltaje (Ur) (kVrms)	MCOV (Uc) <sup>3</sup> (kVrms)	Máximo equivalente. FOW <sup>5</sup> (KV Máximo)	Máxima Conmutación <sup>6</sup> (KV Máximo)	Voltaje Máximo de la descarga (KV Máximo) utilizando un impulso de corriente de $\mu$ s de 8/20						
				kA 1.5	kA 2.5	kA 3.0	kA 5.0	kA 10	kA 20	kA 40
3	2.55	10.4	7.8	8.5	8.8	8.9	9.3	9.9	10.9	12.4
6	5.1	20.7	15.5	16.9	17.5	17.7	18.6	19.8	21.8	24.7
9	7.65	31.0	23.3	25.4	26.2	26.6	27.9	29.7	32.7	37.0
10	8.4	34.5	25.9	28.2	29.1	29.5	31.0	33.0	36.3	41.1
12	10.2	41.3	31.0	33.8	34.9	35.4	37.2	39.6	43.5	49.3
15	12.7	51.7	38.8	42.2	43.6	44.2	46.5	49.5	54.4	61.6
18	15.3	62.0	46.5	50.7	52.3	53.1	55.8	59.4	65.3	73.9
21	17.0	72.3	54.3	59.1	61.0	61.9	65.1	69.3	76.2	86.2
24	19.5	82.6	62.1	67.6	69.7	70.7	74.4	79.2	87.0	98.5
27	22.0	92.9	69.9	76.0	78.4	79.6	83.7	89.1	97.9	110.8
30	24.4	103.3	77.6	84.4	87.1	88.4	93.0	99.0	108.8	123.1
36	29.0	124.0	93.1	101.3	104.5	106.1	111.5	118.8	130.5	147.7

# Pararrayos

**JOSLYN**  
Manufacturing Co.

## ZFORCE ZRP (Polímero Riser Pole 10kA) - Datos Físicos

KV	Fuga <sup>1</sup>		Strike		A		B		C		D		Peso 2		Caja Unidades.
	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Pulgada	mm	Libras	Kg.	
3	7.96	202	5.47	139	6.52	166	4.30	109	5.40	137	3.93	100	2.3	1.05	5
6	11.94	303	6.02	153	7.66	195	4.30	109	6.54	166	3.93	100	3.0	1.37	5
9	15.92	404	7.76	197	8.80	224	4.30	109	7.68	195	3.93	100	3.6	1.64	5
10	18.28	464	8.21	209	9.14	232	4.30	109	8.02	204	3.93	100	3.7	1.68	5
12	19.90	506	8.91	226	9.94	253	4.30	109	8.82	224	3.93	100	4.2	1.91	5
15	23.84	606	10.01	254	11.09	282	4.30	109	10.02	254	3.93	100	4.9	2.23	5
18	27.87	708	11.40	290	12.23	311	4.30	109	11.16	283	5.43	138	5.9	2.68	5
21	31.85	809	12.54	319	13.37	340	4.30	109	12.30	312	5.43	138	6.5	2.96	5
24	35.83	910	13.69	348	14.51	369	4.30	109	13.44	341	5.43	138	7.1	3.23	5
27	39.92	1014	14.52	369	15.66	398	4.30	109	14.59	371	5.43	138	7.8	3.52	5
30	43.90	1115	15.51	394	16.78	426	4.30	109	15.71	399	5.43	138	8.4	3.80	1*

## ZFORCE ZRP (Polímero Riser Pole 10kA) - Características de Protección

Rango de voltaje (Ur) (kVrms)	MCOV (Uc) <sup>3</sup> (kVrms)	Máximo equivalente. FOW5 (KV Máximo)	Máxima Conmutación <sup>6</sup> (KV Máximo)	Voltaje Máximo de la descarga (KV Máximo) utilizando un impulso de corriente de $\mu$ s de 8/20						
				kA 1.5	kA 2.5	kA 3.0	kA 5.0	kA 10	kA 20	kA 40
3	2.55	8.6	6.2	6.8	7.1	7.2	7.5	8.2	9.0	10.3
6	5.1	17.1	12.4	13.6	14.1	14.3	15.1	16.3	18.1	20.6
9	7.65	25.7	18.6	20.3	21.2	21.5	22.6	24.5	27.1	30.9
10	8.4	28.5	20.7	22.6	23.5	23.9	25.1	27.2	30.1	34.3
12	10.2	34.2	24.8	27.1	28.2	28.7	30.1	32.6	36.1	41.2
15	12.7	42.8	31.1	33.9	35.3	35.9	37.7	40.8	45.2	51.5
18	15.3	51.3	37.3	40.7	42.3	43.0	45.2	49.0	54.2	61.7
21	17.0	59.9	43.5	47.5	49.4	50.2	52.7	57.1	63.2	72.0
24	19.5	68.4	49.7	54.2	56.4	57.4	60.2	65.3	72.2	82.3
27	22.0	77.0	55.9	61.0	63.5	64.5	67.8	73.4	81.3	92.6
30	24.4	85.5	62.1	67.8	70.5	71.7	75.3	81.6	90.3	102.9
36	29.0	102.6	74.5	81.4	84.6	86.0	90.4	97.9	108.4	123.5

1. Reducir la fuga en alrededor de 1.45 pulgadas (36.8m m) al comprar sin el soporte aislador.
2. No incluye la ferreteria de montaje del soporte de metal.
3. MCOV = Voltaje Máximo de Operación Continua que puede ser aplicado continuamente entre los terminales del pararrayos.
4. El equivalente de Frente de Onda es la máxima descarga de voltaje para un impulso de onda de corriente de 5 kA , que produce una onda máxima de voltaje que dura 0.5  $\mu$ s.
5. El equivalente de Frente de Onda es la máxima descarga de voltaje para un impulso de onda de corriente de 10 kA , que produce una onda máxima de voltaje que dura 0.5  $\mu$ s
6. Basado en un impulso de corriente de sobretensión de conmutación de 45x90  $\mu$ s, 500 amperes.  
\* Se requiere un modificador de paquete simple para los rangos de los 30 kV y 36 KV.

## CARACTERÍSTICAS DE PROTECCION

Rango de voltaje (kV-RMS)	MCOV (kV-RMS)	Máximo equivalente. F.O.W.* (Máximo kV)	Voltaje máximo de la descarga (Máximo kV), utilizando un impulso de corriente de $\mu$ s de 8/20				
			kA 1.5	kA 3.0	kA 5.0	kA 10	kA 20
3	2.55	10.0	8.5	8.8	9.3	10.2	12.9
6	5.1	20.1	17.0	17.6	18.6	20.4	25.8
10	8.4	30.5	28.0	29.0	30.7	33.7	42.6
12	10.2	40.2	34.0	35.2	37.2	40.8	51.6
18	15.3	60.3	51.0	52.8	55.8	61.2	77.4
24	19.5	80.4	68.0	70.4	74.4	81.6	103.2
27	22.0	90.5	76.5	79.2	83.7	91.8	116.1

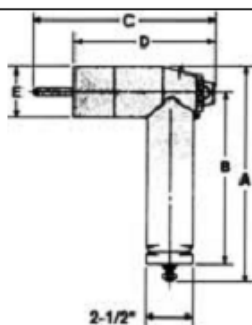
## DATOS FISICOS - PARARRAYOS "ZE"

No. del catálogo.	Rango kV	Dimensiones					Interfaz del Codo*	Peso de embarque aprox.						
		A (Pulg.)	B (mm)	C (mm)	D (Pulg.)	E (mm)								
8132B0003J001	3	7.0	177.8	4.6	116.8	8.1	205.7	7.7	195.6	2.9	73.7	15kV	3.0	1.4
8132B0006J001	6	7.0	177.8	4.6	116.8	8.1	205.7	7.7	195.6	2.9	73.7	15kV	3.0	1.4
8132B0010J001	10	7.0	177.8	4.6	116.8	8.1	205.7	7.7	195.6	2.9	73.7	15kV	3.5	1.6
8132B1010J001	10	7.0	177.8	4.6	116.8	10.1	256.5	7.7	195.6	2.9	73.7	25kV	3.5	1.6
8132B0012J001	12	8.3	210.8	5.9	149.9	8.1	205.7	7.7	195.6	2.9	73.7	15kV	4.0	1.8
8132B0018J001	18	10.0	254.0	7.6	193.0	10.1	256.5	7.7	195.6	2.9	73.7	25kV	4.7	2.1
8132B2024J001	24	13.3	337.8	10.3	261.6	12.6	320.0	10.1	256.5	4.0	101.6	35kV <sup>2</sup>	5.2	2.4
8132B1027J001	27	13.4	340.4	11.0	279.4	10.1	256.5	7.7	195.6	2.9	73.7	35kV <sup>1</sup>	6.4	2.9
8132B2027J001	27	14.5	368.3	11.5	292.1	12.6	320.0	10.1	256.5	4.0	101.6	35kV <sup>2</sup>	8.5	3.9

\* Compatible con los estándares ANSI/IEEE 386, de diseños de interfaz.

<sup>1</sup> 35kV Interfaz Corta, 21.1/36kV Figura 7 del estándar ANSI/IEEE 386, 1995.

<sup>2</sup> 35kV interfaz Larga, 21.1/36.6kV Figura 8 del estándar de ANSI/IEEE 386, 1995.



### Ensayos

Se envían ensayos estándares de carga de ruptura junto con cada unidad despachada.

### Cable a tierra (incluido)

Tamaño: Cable #5 de Longitud 37pulgadas

### Lubricante

Cada pararrayos es enviado con un paquete de grasa de silicona, un paño de limpieza y una hoja de instrucciones.

### Embalaje Estándar

Uno por caja



# DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN DPS

## Características técnicas

Los descargadores de sobretensión DPS tipo de distribución son fabricados con tensiones nominales de 3 a 36 kV con una corriente nominal de descarga 10 kA con forma de onda de 8/20 µseg (para circuitos con tensiones superiores y corrientes de descargue a 5 kA, consultar con la fábrica).

- + Descargas parciales.
- + Curva de tiempo vs corriente.
- + Hermeticidad.
- + Envejecimiento climático.
- + Cada descargador de sobretensión DPS es suministrado con su respectivo herraje de sujeción.

## Certificaciones de funcionamiento

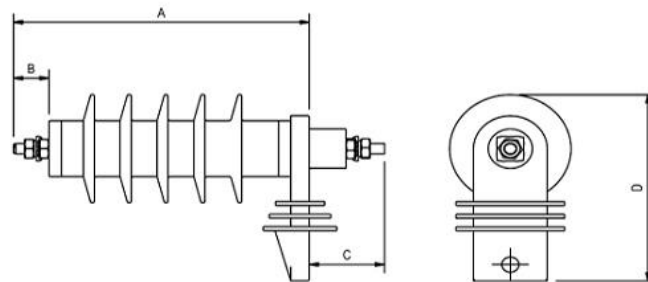
Los descargadores de sobretensión han sido sometidos a las siguientes pruebas tipo según la norma IEC 60099-4:

- + Resistencia al impulso de corriente de larga duración.
- + Ciclo de operación de trabajo.
- + Tensión residual.

## Certificaciones

El descargador de sobretensión DPS posee certificados de conformidad con normas de producto técnicas RETIE otorgados por organismos de certificación acreditado y reconocidos por el ONAC.

CARACTERÍSTICAS	C - 10	C - 12	C - 15	C - 21	C - 27	C - 30	C - 36
<b>Voltaje nominal (kV)</b>	10	12	15	21	27	30	36
<b>Corriente de descarga nominal (kV)</b>	10	10	10	10	10	10	10
<b>MCOV (kV)</b>	8,4	10,2	12,7	17	22	24,4	29



Referencia	A	B	C	D
C - 10	241	29	61,3	170,5
C - 12	241	29	61,3	170,5
C - 15	241	29	61,3	170,5
C - 21	358	34	85	173
C - 27	369	49	69	232
C - 30	453	41,5	67	224
C - 36	464,5	41,5	74,4	196

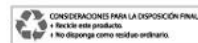
NOTA:  
Medidas en milímetros.



Medellín | Calle 50 N° 40 20 Itagüí | Conmutador: (57 4) 375 55 00 | Fax: (57 4) 372 17 07 | medellinventas@celsa.com.co | Bogotá | Carrera 7 N° 74-56 Of. 201 Ed. Corficaldas | Conmutador Fax: (57 1) 312 10 44 | bogotaventas@celsa.com.co  
Bucaramanga | Calle 34 N° 24-34 Of. 503 Ed. Coosmagisteria VII | Telefax: (57 7) 634 19 12 | bucaranaventas@celsa.com.co | Cali | Cel: 320 678 94 89 | caliventas@celsa.com.co  
Barranquilla | Teléfono: (57 5) 366 33 07 | Cel: 300 321 49 86 | barranquillaventas@celsa.com.co | Brasil | | brasliventas@celsa.com.co | Perú | peruventas@celsa.com.co  
Costa Rica | Centrocel | Teléfono: (50 6) 282 10 00 | costarica@celsa.com.co | Fax: (50 6) 203 03 27 | Ecuador | Masterlight | Teléfono: (59 3) 2 328 37 97-328 45 64 | masterlight@andinanet.net | ecuadorventas@celsa.com.co | proyectosespeciales@celsa.com.co | iluminacion@celsa.com.co | serviciosindustriales@celsa.com.co | ventasenenergia@celsa.com.co | ventastelecom@celsa.com.co | info@celsa.com.co



RETIE



## Medium Voltage Surge Arrester - HDA Series

High quality design and manufacturing.

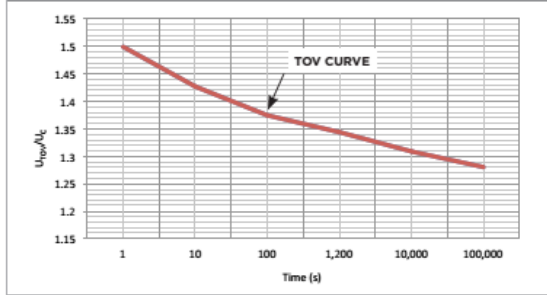
ISO 9001 and 14001 compliant.



**TABLE 1: TECHNICAL DATA**

Rated discharge current (8/20 $\mu$ s)	10 kA
Line discharge class according to IEC 60099-4	class 1
Operating duty impulse withstand current (4/10 $\mu$ s)	100 kA
Long duration current impulse (2000 $\mu$ s)	400 A
10 second temporary overvoltage, ( $U_{TOV}/U_c$ )	1.42
High current short circuit (pre-failing method)	40 kA
Energy 2 long duration impulses 2 high current impulses	4.2 kJ/kV $U_c$ 6.8 kJ/kV $U_c$
Service conditions -- Ambient temperature	- 60°C to + 60°C
Bending movement -- SSL SLL	400 Nm <sup>(9)</sup> 350 Nm
Tensile strength	2000 N
Torque strength	50 Nm

**TEMPORARY OVERVOLTAGE WITHSTAND CURVE**



$U_{TOV}$  ■ temporary overvoltage withstand

**TABLE 2: PRODUCT SELECTION INFORMATION**

Description	$U_c$ kV	$U_R$ kV	Residual Voltage (Using IEC Standard Impulses)			Housing size (see Table 3)		
			Lighting - [8/20 $\mu$ s]		Steep Lighting - [1/20 $\mu$ s] at 10 kA	Switching - [30/60 $\mu$ s] at 500 A	Standard	Extended
			at 10 kA	at 20 kA				
HDA-03MA	3	3.75	9.9	10.9	10.2	7.9	1	2
HDA-04MA	4	5	13.2	14.6	13.6	10.5	1	2
HDA-06MA	6	7.5	19.8	21.8	20.4	15.7	1	2
HDA-08MA	8	10	26.4	29.1	27.2	21.0	1	2
HDA-09MA	9	11.25	29.7	32.8	30.6	23.6	1	2
HDA-10MA	10	12.5	33.0	36.4	34.0	26.2	1	2
HDA-12MA	12	15	39.6	43.7	40.8	31.4	1	2
HDA-18MA	18	22.5	59.4	65.5	61.2	47.2	2	-
HDA-20MA	20	25	66.0	72.8	68.0	52.4	2	-
HDA-21MA	21	26.25	69.3	76.4	71.4	55.0	2	-
HDA-24MA	24	30	79.2	87.4	81.6	62.9	2	-
HDA-26M	26	32.5	85.8	94.6	88.4	68.1	3	4 or 5
HDA-27M	27	33.75	89.1	98.3	91.8	70.7	3	4 or 5
HDA-29M	29	36.25	95.7	105.6	98.6	76.0	3	4 or 5
HDA-30M	30	37.5	99.0	109.2	102.0	78.6	3	4 or 5
HDA-33M	33	41.25	108.9	120.1	112.2	86.5	3	5
HDA-36M	36	45	118.8	131.0	122.4	94.3	4	5
HDA-39M	39	48.75	128.7	142.0	132.6	102.0	5	-
HDA-40M	40	50	132.0	145.6	136.0	105.0	5	-
HDA-41M	41	51.25	135.3	149.2	139.4	107.0	5	-

$U_c$  ■ continuous operating voltage

$U_R$  ■ Rated voltage

**TABLE 3: PRODUCT HOUSING PARAMETERS**

Housing Size	Sheds	Impulse Voltage [8/20 $\mu$ s] kV	Power Frequency 50 Hz (wet) kV	Flashover Distance (mm)	Creepage Length (mm)	Body Height (mm)	Shed Outer Diameter (mm)
1	5	106	47	176	380	183	123
2	12	190	93	310	830	316	123
3	11	204	98	339	970	343	137
4	13	228	110	378	1125	383	137
5	15	250	122	418	1279	423	137

### ORDERING INFORMATION

For accessory range and ordering information please refer to brochure EPP-2131 or e-mail us at [surgearresters@te.com](mailto:surgearresters@te.com).

Example of a complete part description: HDA-12MA-NFF\*

\* NFF accessories: M12 studs with fasteners for standard cable lug connection

[te.com/energy](http://te.com/energy)

© 2014 TE Connectivity Ltd. family of companies. All Rights Reserved. EPP-2252-10/14

Raychem, TE Connectivity and TE connectivity (logos) are trademarks. Other logos, product and/or company names might be trademarks of their respective owners. While TE has made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information in this brochure, TE does not guarantee that it is error-free, nor does TE make any other representation, warranty or guarantee that the information is accurate, correct, reliable or current. TE reserves the right to make any adjustments to the information contained herein at any time without notice. TE expressly disclaims all implied warranties regarding the information contained herein, including, but not limited to, any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. The dimensions in this catalog are for reference purposes only and are subject to change without notice. Specifications are subject to change without notice. Consult TE for the latest dimensions and design specifications.

### FOR MORE INFORMATION: TE Technical Support Centers

USA:	+1 (800) 327-6996
France:	+33 3 80 58 3200
UK:	+44 0870-8707500
Germany:	+49 (0) 89 60 89 903
Spain:	+34 916 630 420
Canada:	+1 (905) 475-6222
Mexico:	+52 (0) 55-1106-0800
Latin/S. America:	+54 (0) 11-4733-2200
Benelux:	+32 16 351 731
China:	+86 (0) 400-820-6015
Ireland:	+353 61 470 800

## Medium Voltage Surge Arrester - DA1 Series



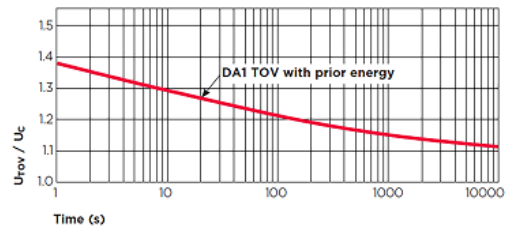
High quality design and manufacturing.  
ISO 9001 and 14001 compliant.

**TABLE 1: TECHNICAL DATA**

DA1 series	4 - 39 kV
Rated discharge current (8/20 $\mu$ s)	10 kA
Line discharge class 1 according to	IEC 60099-4
Operating duty impulse withstand current (4/10 $\mu$ s)	100 kA
Long duration current impulse (2000 $\mu$ s)	325 A
10 second TOV <sub>v</sub> (U <sub>TOV</sub> / U <sub>c</sub> )	1.29 * U <sub>c</sub>
High current short circuit: (pre-failing method) (Safe non-shattering failure mode)	21 kA
Energy	5.6 kJ/kV
Ambient temperature range	- 60°C to + 60°C

**TEMPORARY OVERVOLTAGE WITHSTAND CURVE**

TOV of DA1 with 100kA single shot high current prior energy



U<sub>TOV</sub> = temporary overvoltage withstand

**TABLE 2: PRODUCT SELECTION INFORMATION**

Description	U <sub>c</sub> kV	U <sub>R</sub> kV	Residual Voltage - kV (Using IEC Standard Impulses)			Housing size (see Table 3)		
			Lighting - [8/20 $\mu$ s] at 10 kA	at 20 kA	Steep Lighting - [1/20 $\mu$ s] at 10 kA	Switching - [30/60 $\mu$ s] at 500 A	Standard	Extended
DA1-04	3,2	4	10,6	11,6	11,1	8,4	A	B
DA1-06	4,8	6	15,9	17,4	16,7	12,7	A	B
DA1-08	6,4	8	21,2	23,2	22,3	16,9	A	B
DA1-10	8	10	26,5	29,1	27,9	21,1	A	B or C
DA1-12	9,6	12	31,8	34,9	33,4	25,3	A	B, C or D
DA1-15	12	15	39,8	43,6	41,8	31,6	B	C or D
DA1-18	14,4	18	47,7	52,3	50,2	38	C	B, F or F
DA1-21	16,8	21	55,7	61	58,5	44,3	C	D or F
DA1-22	17,6	22	58,3	63,9	61,3	46,4	D	F or G
DA1-24	19,2	24	63,6	69,7	66,9	50,6	D	F or G
DA1-27	21,6	27	71,6	78,4	75,2	56,9	F	G or H
DA1-30	24	30	79,5	87,2	83,6	63,3	F	G or H
DA1-33	26,4	33	87,5	95,9	92	69,6	G	H
DA1-36	28,8	36	95,4	104,6	100,3	75,9	G	H
DA1-39	31,2	39	103,4	113,3	108,7	82,2	H	--

U<sub>c</sub> = Continuous operating voltage  
U<sub>R</sub> = Rated voltage

**TABLE 3: PRODUCT HOUSING PARAMETERS**

Housing Size	Sheds	Impulse Voltage [1,2/50 $\mu$ s] kV	Power Frequency (WET withstand) kV	Flashover Distance (mm)	Creepage Length (mm)	Height (body) (mm)	Weight (kg)
A	4	134	50	152	329	147	1,2
B	5	160	56	177	404	172	1,4
C	7	194	66	227	553	222	1,8
D	8	205	75	252	627	247	2
F	10	427	102	302	776	297	2,6
G	12	273	122	352	925	347	2,9
H	14	295	135	402	1074	397	3,4

### ORDERING INFORMATION

For accessory range and ordering information please refer to brochure EPP-1098 or e-mail us at [surgearresters@te.com](mailto:surgearresters@te.com).

Example of a complete part description: DA1-12B-FOFONO-S

\* FOFONO accessories: M12 studs with fasteners for standard cable lug connection

[te.com/energy](http://te.com/energy)

©2014 TE Connectivity Ltd. family of companies. All Rights Reserved. EPP-2336-10/14

TE Connectivity and TE connectivity (logo) are trademarks. Other logos, product and/or company names might be trademarks of their respective owners. While TE has made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information in this brochure, TE does not guarantee that it is error-free, nor does TE make any other representation, warranty or guarantee that the information is accurate, correct, reliable or current. TE reserves the right to make any adjustments to the information contained herein at any time without notice. TE expressly disclaims all implied warranties regarding the information contained herein, including, but not limited to, any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. The dimensions in this catalog are for reference purposes only and are subject to change without notice. Specifications are subject to change without notice. Consult TE for the latest dimensions and design specifications.

### FOR MORE INFORMATION: TE Technical Support Centers

USA: +1 (800) 327-6996  
France: +33 3 80 58 3200  
UK: +44 0870-8707500  
Germany: +49 (0) 89 60 89 903  
Spain: +34 916 630 420  
Canada: +1 (905) 475-6222  
Mexico: +52 (0) 55-1106-0800  
Latin/S. America: +54 (0) 11-4733-2200  
Benelux: +32 16 351 731  
China: +86 (0) 400-820-6015  
Ireland: +353 61 470 800

## Medium Voltage Surge Arrester - OCP2 Series

High quality design and manufacturing.

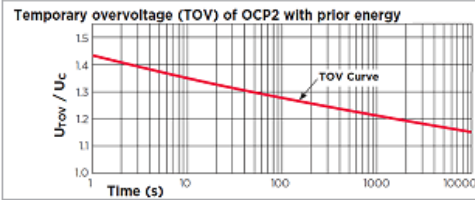
ISO 9001 and 14001 compliant.



**TABLE 1: TECHNICAL DATA**

OCP2 series	3 - 41 kV U <sub>c</sub>
Rated discharge current (8/20 $\mu$ s)	10 kA
Line discharge class 1 according to	IEC 60099-4
Operating duty impulse withstand current (4/10 $\mu$ s)	100 kA
Long duration current impulse (2000 $\mu$ s)	530 A
High current short circuit: (pre-failing method) (Safe non-shattering failure mode)	40 kA
Energy 2 long duration impulses	6.0kJ/kVU <sub>c</sub>
Ambient temperature range	- 60°C to + 60°C

**TEMPORARY OVERVOLTAGE WITHSTAND CURVE**



U<sub>rov</sub> = temporary overvoltage withstand

**TABLE 2: PRODUCT SELECTION INFORMATION**

Description	U <sub>c</sub> kV	U <sub>r</sub> kV	Residual Voltage - kV (Using IEC Standard Impulses)			
			Lighting - [8/20 $\mu$ s]		Steep Lighting - [1/20 $\mu$ s]	Switching - [30/60 $\mu$ s]
			at 10 kA	at 20 kA	at 10 kA	at 500 A
OCP2-3S	3	3.75	9.72	10.84	10.1	7.76
OCP2-4S	4	5	12.96	14.46	13.47	10.35
OCP2-5S	5	6.25	16.2	18.07	16.84	12.94
OCP2-6S	6	7.5	19.44	21.68	20.21	15.53
OCP2-8S	8	10	25.92	28.91	26.94	20.7
OCP2-9S	9	11.25	29.16	32.53	30.31	23.29
OCP2-10S	10	12.5	32.4	36.14	33.68	25.88
OCP2-12S	12	15	38.88	43.37	40.42	31.06
OCP2-15S	15	18.75	48.6	54.21	50.52	38.82
OCP2-18S	18	22.5	58.32	65.05	60.62	46.58
OCP2-20S	20	25	64.8	72.28	67.36	51.76
OCP2-21S	21	26.25	68.04	75.89	70.73	54.35
OCP2-22S	22	27.5	71.28	79.51	74.1	56.94
OCP2-24S	24	30	77.76	86.74	80.83	62.11
OCP2-26S	26	32.5	84.2	94	87.6	67.3
OCP2-27S	27	33.75	87.5	97.6	90.9	69.9
OCP2-29S	29	36.35	93.96	104.81	97.67	75.05
OCP2-30M	30	37.5	97.2	108.4	101	77.6
OCP2-33M	33	41.25	106.9	119.3	111.1	85.4
OCP2-36M	36	45	116.6	130.1	121.2	93.2
OCP2-39M	39	48.75	126.4	140.9	131.4	100.9
OCP2-40M	40	50	129.6	144.6	134.7	103.5
OCP2-41M	41	51.25	132.8	148.2	138.1	106.1

U<sub>c</sub> = Continuous operating voltage, U<sub>r</sub> = Rated voltage

**TABLE 3: PRODUCT HOUSING PARAMETERS: STANDARD (EXTENDED)**

Housing Size	Sheds	Impulse Voltage [1.2/50 $\mu$ s] kV	Power Frequency (wet) kV	Flashover Distance (mm)	Creepage Length (mm)	Height (body) (mm)	Weight (kg)
OCP2-3S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-4S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-5S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-6S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-8S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-9S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-10S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-12S*	5 (7)	145 (165)	47 (57)	176 (214)	380 (505)	183 (220)	1.8 (2.2)
OCP2-15S*	7 (9)	165 (180)	57 (70)	214 (254)	505 (632)	220 (260)	2.2 (2.65)
OCP2-18S*	8 (11)	180 (200)	70 (80)	254 (293)	632 (758)	260 (299)	2.65 (3)
OCP2-20S*	8 (11)	180 (200)	70 (80)	254 (293)	632 (758)	260 (299)	2.65 (3)
OCP2-21S*	11 (13)	200 (230)	80 (95)	293 (334)	758 (885)	299 (340)	2.1 (3.4)
OCP2-22S*	11 (13)	200 (230)	80 (95)	293 (334)	758 (885)	299 (340)	2.1 (3.4)
OCP2-24S*	11 (13)	200 (230)	80 (95)	293 (334)	758 (885)	299 (340)	2.1 (3.4)
OCP2-26S*	11 (13)	204 (228)	98 (110)	339 (378)	970 (1125)	343 (383)	3.65 (4.15)
OCP2-27S*	11 (13)	204 (228)	98 (110)	339 (378)	970 (1125)	343 (383)	3.65 (4.15)
OCP2-29S*	11 (13)	204 (228)	98 (110)	339 (378)	970 (1125)	343 (383)	3.65 (4.15)
OCP2-30M*	11 (13)	204 (228)	98 (110)	339 (378)	970 (1125)	343 (383)	3.65 (4.15)
OCP2-33M*	13 (15)	228 (250)	110 (122)	378 (418)	1125 (1279)	383 (423)	4.15 (4.65)
OCP2-36M*	13 (15)	228 (250)	110 (122)	378 (418)	1125 (1279)	383 (423)	4.15 (4.65)
OCP2-39M	15	250	122	418	1279	423	4.65
OCP2-40M	15	250	122	418	1279	423	4.65
OCP2-41M	15	250	122	418	1279	423	4.65

\* Brackets denote values for extended product

### ORDERING INFORMATION

For accessory range and ordering information please refer to brochure EPP-1098 or e-mail us at [surgearresters@te.com](mailto:surgearresters@te.com).

Example of a complete part description: OCP2-12S-NFF

\* NFF accessories: M12 studs with fasteners for standard cable lug connection [te.com/energy](http://te.com/energy)

©2014 TE Connectivity Ltd. family of companies. All Rights Reserved. EPP-2377-10/14

TE Connectivity and TE connectivity (logo) are trademarks. Other logos, product and/or company names might be trademarks of their respective owners. While TE has made every reasonable effort to ensure the accuracy of the information in this brochure, TE does not guarantee that it is error-free, nor does TE make any other representation, warranty or guarantee that the information is accurate, correct, reliable or current. TE reserves the right to make any adjustments to the information contained herein at any time without notice. TE expressly disclaims all implied warranties regarding the information contained herein, including, but not limited to, any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. The dimensions in this catalog are for reference purposes only and are subject to change without notice. Specifications are subject to change without notice. Consult TE for the latest dimensions and design specifications.

### FOR MORE INFORMATION: TE Technical Support Centers

USA:	+1 (800) 327-6996
France:	+33 3 80 58 3200
UK:	+44 0870-8707500
Germany:	+49 (0) 89 60 89 903
Spain:	+34 916 630 420
Canada:	+1 (905) 475-6222
Mexico:	+52 (0) 55-1106-0800
Latin/S. America:	+54 (0) 11-4733-2200
Benelux:	+32 16 351 731
China:	+86 (0) 400-820-6015
Ireland:	+353 61 470 800

# UltraSIL™ polymer-housed VariSTAR™ IEEE® surge arresters; normal-duty (5 kA), heavy-duty, and riser pole (10 kA) for MV systems to 36 kV



## General

Eaton's Cooper Power Systems has set the standard for design, manufacturing and delivery of polymeric distribution-class arresters with UltraSIL™ polymer-housed arrester family. UltraSIL polymer-housed surge arrester incorporates the industry recognized superior polymer housing material – silicone rubber.

Available in Normal Duty, Heavy-Duty and Riser Pole classifications, UltraSIL polymer-housed VariSTAR™ distribution-class surge arresters provide superior overvoltage protection for any electric distribution system.

## Construction

The patented construction of UltraSIL polymer-housed arresters begins with Metal Oxide Varistors (MOVs) manufactured at our Olean, NY facility. Manufacturing our own MOVs allows for strict quality control over all aspects of disk production. Every MOV must pass a series of physical and electrical tests designed to ensure that only disks meeting strict quality standards are used in UltraSIL arresters. Eaton's Cooper Power Systems MOV disk design has proven its reliability and protective ability through many years of field service.

The MOV disks are combined with aluminum end electrodes and are encapsulated in a high-strength composite wrap insulating material on our fully automated assembly line using strict quality control processes that eliminate manufacturing variances. The composite collar is cured to the MOV disk stack to form a solid insulation MOV disk module system that is inserted and bonded to the industry leading track resistant UltraSIL silicone rubber housing.

This exclusive Eaton's Cooper Power Systems patented manufacturing process forms a secondary moisture seal under the primary silicone rubber housing seal, which makes the arrester impervious to moisture and capable of withstanding extreme electrical, environmental and cantilever load conditions. The composite wrapped UltraSIL polymer-housed arrester design represents a quantum leap in polymer arrester technology.

Following assembly, each arrester is subjected to a battery of electrical tests to assure the highest quality and in-service field performance.

**Cooper  
Power Systems**  
by **EAT•N**

**Table 6. Protective Characteristics – VariSTAR Normal-Duty (UNS) Arrester**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Equivalent Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	11	9	9.7	10.4	11.4	13	15.1
6	5.1	22	18.0	19.4	20.8	22.7	26	30.2
9	7.65	31.7	26.0	28	30	32.8	37.4	43.5
10	8.4	33	27.0	29.1	31.2	34.1	38.9	45.3
12	10.2	41.5	33.9	36.6	39.2	42.9	48.9	56.9
15	12.7	51.8	42.4	45.7	49	53.6	61.1	71.1
18	15.3	62.2	50.9	54.9	58.8	64.3	73.4	85.3
21	17	66	54.0	58.2	62.4	68.2	77.9	90.6
24	19.5	77	63.0	67.9	72.8	79.6	90.8	106
27	22	87.2	71.4	76.9	82.4	90.1	103	120
30	24.4	97.1	79.5	85.7	91.8	100	115	133
33	27	108	87.8	95.1	102	112	127	148
36	29	116	95.3	103	110	120	137	160

\* Based on 5 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5  $\mu$ s.

**Table 7. Protective Characteristics – VariSTAR Heavy-Duty (UHS) Arrester**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Equivalent Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	11	8.2	8.7	9.1	9.9	10.9	12.3
6	5.1	21.9	16.3	17.4	18.2	19.8	21.9	24.7
9	7.65	33	24.6	26.1	27.3	29.8	33	37.1
10	8.4	35	26	27.7	29	31.6	34.9	39.4
12	10.2	43.9	32.7	34.8	36.4	39.7	43.9	49.5
15	12.7	53.1	39.6	42.1	44	48	53.1	59.8
18	15.3	66	49.1	52.3	54.7	59.6	65.9	74.2
21	17	70	52.1	55.4	58	63.2	69.9	78.7
24	19.5	80.9	60.2	64.1	67	73.1	80.8	91.1
27	22	94	70	74.5	77.9	84.9	93.9	106
30	24.4	102	76.1	81	84.7	92.4	102	115
33	27	116	86.5	92.1	96.3	105	116	131
36	29	123	91.5	97.3	102	111	123	138

\* Based on 10 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5  $\mu$ s.

**Table 8. Protective Characteristics – VariSTAR Riser Pole (URS) Arrester**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Equivalent Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	10.3	7.7	8.2	8.6	9.4	10.3	11.7
6	5.1	20.7	15.5	16.4	17.2	18.7	20.7	23.3
9	7.65	29.8	22.3	23.7	24.7	27	29.8	33.6
10	8.4	31	23.2	24.6	25.7	28.1	31	35
12	10.2	39.1	29.2	31.1	32.4	35.4	39.1	44.1
15	12.7	48.7	36.4	38.7	40.4	44.1	48.8	54.9
18	15.3	58.4	43.7	46.4	48.5	52.9	58.5	65.9
21	17	62	46.4	49.3	51.5	56.2	62.1	70
24	19.5	72.3	54.1	57.5	60	65.5	72.4	81.6
27	22	81.4	60.9	64.7	67.6	73.8	81.6	91.9
30	24.4	91	68.1	72.4	75.6	82.5	91.2	103
33	27	100	75	79.7	83.3	90.9	100	113
36	29	108	80.6	85.6	89.4	97.6	108	122

\* Based on 10 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5  $\mu$ s.

**Table 5. Housing Insulation Withstand Voltages of VariSTAR Arresters**

Arrester Housing Code Digits (6 & 7)	Arrester Mounting Configuration	Creep Distance (in.)	Strike (in.)	4.1"			5.0"			4.1"			5.0"			5.0"		
				1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 Min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 Min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 Min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 Min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 Min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)
3		7.2	3.1	78	47	24	92	50	37	70	44	24	85	53	30	70	42	24
4		10.1	4.2	91	56	36	105	55	39	79	52	34	99	56	39	82	51	33
5		13	5.2	104	64	45	117	63	52	89	55	44	109	60	52	90	62	46
6		15.9	6.3	117	78	57	126	86	59	93	61	58	119	80	59	97	72	56
7		18.8	7.3	129	87	68	137	96	71	98	62	59	122	81	63	107	81	69
8		21.7	8.4	140	96	79	148	106	83	104	65	61	126	82	67	118	89	81
9		24.6	9.4	152	105	89	159	116	94	110	68	63	130	83	72	129	98	93
10		27.5	10.5	164	114	100	171	126	105	117	72	67	136	86	78	140	106	105
11		30.4	11.5	176	123	110	183	135	116	125	77	71	142	90	83	152	114	116
12		33.3	12.6	189	131	120	195	144	127	133	82	75	149	94	89	164	122	126
13		36.2	13.6	201	139	130	207	153	137	142	88	81	158	99	96	177	130	136
14		39.1	14.7	215	148	140	220	161	147	152	94	87	167	105	102	190	138	145
15		42	15.8	228	155	150	233	170	157	162	101	93	177	112	109	204	146	153
16		44.9	16.8	242	183	158	246	178	167	173	109	101	187	120	117	218	154	162
17		47.8	17.8	255	171	169	259	185	176	185	117	109	199	128	125	233	161	169

# UltraSIL™ polymer-housed Evolution™ (10 kA) IEEE® surge arresters for MV systems to 36 kV



## General

Eaton's Cooper Power Systems set the standard for design, manufacturing and delivery of polymeric distribution arresters with the UltraSIL™ polymer-housed arrester family. The UltraSIL polymer-housed Evolution™ surge arrester incorporates the industry recognized superior polymer-housing material – silicone rubber.

The Evolution surge arrester uses specially formulated and highly durable Metal Oxide Varistors (MOVs) in combination with a proprietary insulating ceramic ring assembly. The mating of these two proven technologies allows Eaton's Cooper Power Systems to offer a distribution class arrester with riser-pole protective characteristics and infinite TOV capability. The Evolution surge arrester offers significant improvements in protective characteristics and 60 Hz temporary over voltage (TOV) capability for all common overhead and riser-pole applications.

## Construction

The patented construction of the Evolution surge arrester comprises the arrester module assembly encapsulated in a high-strength composite matrix insulating material. The components of the arrester module assembly consist of Metal Oxide Varistors (MOVs) in series with a proprietary insulating ceramic ring assembly. The insulating ceramic ring assembly withstands system voltage during steady state conditions and reduces electrical stress across the MOV disks.

The components of the arrester module assembly are encapsulated on our fully automated assembly line using strict quality control processes. The composite matrix is cured to the arrester module assembly to form a solid insulation system, which is then inserted and bonded to the industry leading track resistant UltraSIL polymer-housing material.

The composite-bonded module assembly provides a secondary moisture seal underneath the primary seal of the UltraSIL polymer-housing material. The combinations of these technologies allow the Evolution surge arrester to be impervious to moisture and capable of withstanding extreme electrical, environmental and cantilever load conditions. The composite wrapped module assembly used in the Evolution surge arrester represents a quantum leap in polymer arrester technology.

Following assembly, each arrester is subjected to a battery of electrical tests to assure the highest quality and in-service field performance.

**Cooper  
Power Systems**  
by **EAT•N**

**Table 6. Protective Characteristics – Evolution Surge Arrester Heavy Duty (URT)**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Minimum 60 Hz Sparkover (kV crest/√2)	Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	3rd Party Front-of-Wave Protective Level** (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest)						Switching Surge kV Crest)
					8/20 μs Current Wave						
					1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
3	2.55	4.54	20.0	—	8.1	8.7	9.3	10.2	11.6	13.5	7.6
6	5.10	9.08	23.0	—	16.1	17.4	18.6	20.3	23.3	27.0	15.2
9	7.65	13.6	32.4	—	18.9	20.3	21.8	23.8	27.3	31.6	17.8
10	8.40	15.0	32.4	24.3	20.1	21.6	23.2	25.4	29.0	33.7	19.0
12	10.2	18.2	52.4	—	25.2	27.2	29.1	31.8	36.4	42.2	23.8
15	12.7	22.6	55.4	—	30.5	32.8	35.2	38.5	44.0	51.1	28.8
18	15.3	27.2	64.8	51.1	37.8	40.8	43.7	47.8	54.6	63.4	35.7
21	17.0	30.3	64.8	—	40.1	43.2	46.3	50.6	57.9	67.2	37.8
24	19.5	34.7	87.8	—	46.4	50.0	53.6	58.6	67.0	78	43.8
27	22.0	39.2	97.2	66.9	53.9	58.0	62.2	68.0	78	90	50.8
30	24.4	43.4	117.2	—	58.6	63.2	67.7	74	85	98	55.3
33	27.0	48.1	120.2	—	66.6	71.7	77	84	96	112	62.8
36	29.0	51.6	129.6	—	70.4	76	81	89	102	118	66.4

\* The Front-of-Wave Protective Level is the larger of the Front-of-Wave Sparkover Voltage (FOW) or Equivalent Front-of-Wave Discharge Voltage (EFOW) per IEEE Std. C62.11-2005 standard. The Front-of-Wave Sparkover Level is based on a voltage waveform having a rate of rise of 100 kV/μs for each 12 kV of arrester duty cycle rating. The EFOW is a discharge voltage resulting from a 10 kA current impulse cresting in 0.5μs. The Front-of-Wave Protective Level for the Evolution arrester is the FOW Sparkover Level.

\*\* The 3rd Party test report is available on the Cooper Power Systems website as CPI012 and includes test data for standard production 10 kV, 18 kV & 27 kV arresters.

**TABLE 5. Housing Insulation Withstand Voltages of Evolution Surge Arresters**

Arrester Mounting Configuration	Arrester Housing Code (Digits 6 & 7)	Creep Distance (in.)	Strike (in.)	1.2/50 μs Impulse (kV crest)			1 min. Dry (kV rms)			10 sec. Wet (kV rms)			1.2/50 μs Impulse (kV crest)			1 min. Dry (kV rms)			10 sec. Wet (kV rms)		
				1.2/50 μs Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 μs Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 μs Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 μs Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)	1.2/50 μs Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)			
	04	10.1	4.2	91	56	36	105	55	39	79	52	34	99	56	39	82	51	33			
	05	13.0	5.2	104	64	45	117	63	52	89	55	44	109	60	52	90	62	46			
	06	15.9	6.3	117	78	57	126	86	59	93	61	58	119	80	59	97	72	56			
	07	18.8	7.3	129	87	68	137	96	71	98	62	59	122	81	63	107	81	69			
	08	21.7	8.4	140	96	79	148	106	83	104	65	61	126	82	67	118	89	81			
	09	24.6	9.4	152	105	89	159	116	94	110	68	63	130	83	72	129	98	93			
	10	27.5	10.5	164	114	100	171	126	105	117	72	67	136	86	78	140	106	105			
	11	30.4	11.5	176	123	110	183	135	116	125	77	71	142	90	83	152	114	116			
	12	33.3	12.6	189	131	120	195	144	127	133	82	75	149	94	89	164	122	126			
	13	36.2	13.6	201	139	130	207	153	137	142	88	81	158	99	96	177	130	136			
	14	39.1	14.7	215	148	140	220	161	147	152	94	87	167	105	102	190	138	145			
	15	42.0	15.8	228	155	150	233	170	157	162	101	93	177	112	109	204	146	153			
	16	44.9	16.8	242	183	158	246	178	167	173	109	101	187	120	117	218	154	162			
	17	47.8	17.8	255	171	169	259	185	176	185	117	109	199	128	125	233	161	169			

# VariSTAR™ Type AZL heavy-duty distribution-class MOV arrester



## General

Eaton's Cooper Power Systems VariSTAR™ Type AZL heavy-duty distribution-class MOV arrester in ratings of 3 through 36 kV, incorporates the latest in metal oxide varistor (MOV) technology in a porcelain design. With this combination of technologies, Eaton's Cooper Power Systems can offer reliable and cost effective overhead protection of distribution systems.

## Construction

The VariSTAR Type AZL arrester consists of highly nonlinear metal oxide varistors enclosed in a porcelain housing. The highly nonlinear nature of the MOV disks results in conduction of leakage current of milliamperes at nominal line-to-ground operating voltage. This small amount of leakage current (which is primarily capacitive current with a small component of resistive current) can be tolerated on a continuous basis.

The VariSTAR Type AZL design is available with or without an isolator and can be supplied with a variety of mounting brackets to satisfy a wide range of applications.

## Operation

The operation of the VariSTAR Type AZL is typical of gapless metal oxide arresters. During steady state conditions, nominal line-to-ground voltage is applied continuously across the arrester's terminals. When overvoltages occur, the VariSTAR Type AZL arrester limits the overvoltage to required protective levels by conducting the surge current. Upon passage of the overvoltage condition, the arrester returns to a highly nonlinear steady state, conducting minimal leakage current.

The superior protective characteristics of the VariSTAR Type AZL arrester provide excellent protection for distribution transformers with lower impulse withstand capabilities. Its superior reliability makes it an ideal choice for areas with high isokeraunic levels.

**Cooper  
Power Systems**  
by **EATON**

**Table 2. Protective Characteristics**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	10.7	8.2	8.7	9.2	10.0	11.3	13.6
6	5.10	21.4	16.4	17.4	18.4	20.0	22.5	27.1
9	7.65	32.1	24.5	26.1	27.5	30.0	33.8	40.7
10	8.40	35.3	27.0	28.7	30.3	33.0	37.2	44.7
12	10.20	42.8	32.7	34.7	36.7	40.0	45.0	54.2
15	12.70	53.5	40.9	43.4	45.9	40.0	56.3	67.8
18	15.30	64.2	49.1	52.1	55.1	60.0	67.6	81.4
21	17.00	74.9	57.3	60.8	64.3	70.0	78.8	94.9
24	19.50	84.3	64.4	68.4	72.3	78.8	88.7	106.8
27	22.00	95.2	72.8	77.3	81.7	89.0	100.2	120.7
30	24.40	105.9	81.0	86.0	90.9	99.0	111.5	134.2
36	29.00	124.8	95.4	101.3	107.0	116.6	131.3	158.1

\* Based on 10 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5 $\mu$ s.

**Table 3. Insulation Characteristics**

Arrester Rating (kV rms)	Creepage		Strike		Insulation Withstand Voltages		
	(in.)	(cm)	(in.)	(cm)	1.2/50 $\mu$ s Impulse (kV crest)	1 min. Dry (kV rms)	10 sec. Wet (kV rms)
3	2.8	7.1	2.0	5.1	45	15	13
6	6.6	16.8	4.5	11.4	60	21	20
9	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24
10	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24
12	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30
15	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30
18	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36
21	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36
24	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60
27	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60
30*	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80
36*	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80

\* Not applicable to AZL19C Series.

# VariSTAR™ AZS normal-duty distribution-class MOV arrester



## General

Eaton's Cooper Power Systems VariSTAR™ AZS normal-duty distribution-class MOV arrester in ratings of 3 through 36 kV, incorporates the latest in metal oxide varistor (MOV) technology in a porcelain design. With this combination of technologies, Eaton's Cooper Power Systems can offer reliable and cost effective overhead protection of distribution systems.

## Construction

The VariSTAR AZS arrester consists of highly nonlinear metal oxide varistors enclosed in a porcelain housing. The highly nonlinear nature of the MOV disks results in conduction of leakage current of milliamperes at nominal line-to-ground operating voltage. This small amount of leakage current (which is primarily capacitive current with a small component of resistive current) can be tolerated on a continuous basis.

The VariSTAR AZS design is available with or without an isolator and can be supplied with a variety of mounting brackets to satisfy a wide range of applications.

## Operation

The operation of the VariSTAR AZS arrester is typical of gapless metal oxide arresters. During steady state conditions, nominal line-to-ground voltage is applied continuously across the arrester's terminals. When overvoltages occur, the AZS arrester limits the overvoltage to required protective levels by conducting the surge current. Upon passage of the overvoltage condition, the arrester returns to a highly nonlinear steady state, conducting minimal leakage current.

The superior protective characteristics of the VariSTAR AZS arrester provide excellent protection for distribution transformers with lower impulse withstand capabilities. Its superior reliability makes it an ideal choice for areas with moderate isokeraunic levels.

**Cooper  
Power Systems**  
by **EAT•N**

**Table 2. Protective Characteristics**

Arrester Rating (kV rms)	MCOV (kV rms)	Front-of-wave Protective Level* (kV crest)	Maximum Discharge voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave					
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	10.2	8.6	9.2	9.8	10.8	12.8	15.9
6	5.10	20.4	17.2	18.4	19.6	21.7	25.5	31.9
9	7.65	30.6	25.8	27.6	29.4	32.5	38.3	47.8
10	8.40	33.7	28.4	30.5	32.4	35.9	42.2	52.7
12	10.20	40.8	34.4	36.8	39.2	43.4	51.0	63.8
15	12.70	51.0	43.0	46.1	49.0	54.2	63.8	79.7
18	15.30	61.2	51.6	55.3	58.8	65.1	76.6	95.7
21	17.00	71.3	60.2	64.5	68.6	75.9	89.3	111.6
24	19.50	80.4	67.8	72.7	77.4	85.6	100.7	125.8
27	22.00	91.9	77.5	83.1	88.4	97.9	115.1	143.8
30	24.40	101.1	85.2	91.4	97.2	107.6	126.6	158.1
36	29.00	119.5	100.8	108.1	115.0	127.2	149.7	187.0

\* Based on 5 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5 $\mu$ s.

**Table 3. Insulation Characteristics**

Arrester Rating (kV rms)	Characteristics for AZS100M, AZS101M, AND AZS103M series*						Characteristics for basemount (AZS100C series)							
	Creepage (in.) (cm)		Strike (in.) (cm)		1.2/50 $\mu$ s impulse (kV crest)	1 min Wet (kV rms)	10 sec Wet (kV rms)	Creepage (in.) (cm)		Strike (in.) (cm)	1.2/50 $\mu$ s impulse (kV crest)	1 min Dry (kV rms)	10 sec Wet (kV rms)	
3	2.8	7.1	2.0	5.1	45	15	13	10.9	27.7	8.7	22.1	125	70	60
6	6.6	16.8	4.5	11.4	60	21	20	10.9	27.7	8.7	22.1	125	70	60
9	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
10	10.4	26.4	7.0	17.8	75	27	24	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
12	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30	13.5	34.3	10.4	26.4	150	80	70
15	13.2	33.5	8.9	22.6	95	35	30	16.6	42.2	12.6	32.0	175	90	80
18	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36	16.6	42.2	12.6	32.0	175	90	80
21	17.9	45.5	12.0	30.5	125	42	36	-	-	-	-	-	-	-
24	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60	-	-	-	-	-	-	-
27	21.7	55.1	14.4	36.6	150	70	60	-	-	-	-	-	-	-
30**	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80	-	-	-	-	-	-	-
36**	26.4	67.1	17.5	44.5	200	95	80	-	-	-	-	-	-	-

\* Refer to pages 5 and 6.

\*\* Not applicable to AZS103M Series.

# Surge Arresters

## Metal Oxide Varistor Elbow (M.O.V.E.) Surge Arrester

Electrical Apparatus

235-65

### GENERAL

The M.O.V.E. Surge Arrester combines metal (zinc) oxide varistor technology in a premolded rubber elbow to provide overvoltage system protection in an insulated, fully shielded, submersible, deadfront device.

The arrester housing interface conforms to IEEE Std 386™ standard – Separable Insulated Connector Systems. The arrester housing is molded of EPDM insulating rubber, which provides deadfront safety in a small, clampstick operable unit.

M.O.V.E. Arresters are used on underground systems in pad-mounted transformer and entry cabinets, vaults, switching enclosures and other installations to provide shielded deadfront arrester protection. They are designed for use with 200 A loadbreak interfaces that conform to IEEE Std 386™ standard to limit overvoltages to acceptable levels, protect equipment and extend cable life.

### CONSTRUCTION

The rubber body is constructed of high quality precision molded peroxide-cured EPDM insulation and semi-conductive materials.

The copper alloy probe and probe retainer are connected to the MOV block stack via welded flexible tin-plated copper leads. This ensures that the column cannot be damaged during installation and that a reliable current path to the MOV blocks is maintained. The disk column is composed of MOV disks bonded together with high-conductivity, silver-loaded epoxy to yield the most reliable electrical connection and eliminate air voids. The #4 AWG flexible copper ground lead, which reliably carries current to ground during voltage surges, is attached to the housing by a brass magneformed end cap. The brass end cap provides a tight, weatherproof seal.



Figure 1.  
M.O.V.E. Surge Arresters shown from left to right: 35 kV, 25 kV and 15 kV.

### OPERATION

Installing a M.O.V.E. Arrester at the end of a radial system or at both ends of an open point on a loop system provides excellent overvoltage protection. The addition of a second M.O.V.E. Arrester at the mid-point on a rotatable feedthru insert provides optimum protection. 600 A feeder circuits can be protected with elbow arresters installed on the Cooper T-OP™ II and BT-TAP™ Separable Connector Systems.

### STANDARDS

The M.O.V.E. Arrester complies with the latest revisions of IEEE Std C62.11™ standard "IEEE Standard for Metal Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits" and IEEE Std 386™ standard "Separable Insulated Connectors for Power Distribution Systems Above 600 Volts."

### INSTALLATION

All Cooper M.O.V.E. Arresters can be installed or removed from energized bushings with a clampstick. No special tools are required. The arrester is placed on a 200 A interface by using a clampstick. Refer to Installation Instruction Sheet S235-55-1 for more details.

**TABLE 1**  
Electrical Ratings and Characteristics

Duty Cycle Voltage Rating (kV)	MCOV (kV)	Equivalent Front-of-Wave (kV crest)*	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave				
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA
3	2.55	11	9	9.7	10.4	11.4	13
6	5.1	22	18.0	19.4	20.8	22.7	26
9	7.65	31.7	26	28	30	32.8	37.4
10	8.4	33	27	29.1	31.2	34.1	38.9
12	10.2	41.5	33.9	36.6	39.2	42.9	48.9
15	12.7	51.8	42.4	45.7	49	53.6	61.1
18	15.3	62.2	50.9	54.9	58.8	64.3	73.4
21	17.0	66	54.0	58.2	62.4	68.2	77.9
24	19.5	77	63.0	67.9	72.8	79.6	90.8
27	22.0	87.2	71.4	76.9	82.4	90.1	103
30	24.4	97.1	79.5	85.7	91.8	100.0	115.0
33	27	108	87.8	95.1	102	112	127
36	29	116	95.3	103	110	120	137

\* Equivalent front-of-wave voltage is the expected discharge voltage of the arrester when tested with a 5 kA current surge cresting in 0.5  $\mu$ s.

**TABLE 2**  
Commonly Applied Voltage Ratings of M.O.V.E. Surge Arrester

System Voltage (kV rms)		Commonly Applied Arrester Duty-cycle (MCOV) Voltage Rating (kV rms) on Distribution Systems		
Nominal Voltage	Maximum Voltage Range B	4-Wire Multigrounded Neutral Wye	3-Wire Low Impedance Grounded	Delta and 3-Wire High Impedance Grounded
2.40	2.54	-	-	3 (2.55)
4.16 Y/2.40	4.40 Y/2.54	3 (2.55)	6 (5.1)	6 (5.1)
4.26	4.40	-	-	6 (5.1)
4.80	5.08	-	-	6 (5.1)
6.90	7.26	-	-	9 (7.65)
8.32 Y/4.80	8.80 Y/5.08	6 (5.1)	9 (7.65)	-
12.00 Y/6.93	12.70 Y/7.33	9 (7.65)	12 (10.2)	-
12.47 Y/7.20	13.20 Y/7.62	9 (7.65) or 10 (8.4)	15 (12.7)	-
13.20 Y/7.62	13.97 Y/8.07	10 (8.4)	15 (12.7)	-
13.80 Y/7.97	14.52 Y/8.388	10 (8.4) and 12 (10.2)	15 (12.7)	-
13.80	14.52	-	-	18 (15.3)
20.78 Y/12.00	22.00 Y/12.70	15 (12.7)	21 (17.0)	-
22.86 Y/12.00	22.00 Y/12.70	15 (12.7)	21 (17.0)	-
23.00	24.34	-	-	30 (24.4)
24.94 Y/14.40	26.40 Y/15.24	18 (15.3)	27 (22.0)	-
27.60 Y/15.935	29.255 Y/16.89	21 (17.0)	30 (24.4)	-
34.50 Y/19.92	36.51 Y/21.08	27 (22.0)	36 (29.0)	-
46.00 Y/26.60	48.30 Y/28.00	36 (29.0)	-	-

# Surge Arresters

## POSI-BREAK Metal Oxide Varistor Elbow (M.O.V.E.) Surge Arrester

Electrical Apparatus

235-97

### GENERAL

The POSI-BREAK™ M.O.V.E. Surge Arrester combines metal (zinc) oxide varistor technology in a premolded rubber elbow to provide overvoltage system protection in an insulated, fully shielded, submersible, deadfront device.

The arrester housing interface conforms to IEEE Std 386™ standard — Separable Insulated Connector Systems. The arrester housing is molded with high quality peroxide-cured EPDM rubber.

POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arresters are used on underground systems in pad-mounted transformer and entry cabinets, vaults, switching enclosures and other installations to provide shielded deadfront arrester protection. They are designed for use with 200 A loadbreak interfaces that conform to IEEE Std 386™ and IEEE Std C62.11™ standards to limit overvoltages to acceptable levels, protect equipment and extend cable life.

### CONSTRUCTION

The rubber body is constructed of high quality precision molded peroxide-cured EPDM insulation and semi-conductive materials. The design of the arrester housing utilizes state of the art manufacturing process that creates an insulated sleeve around the top of the copper probe. It also provides a layer of insulating rubber over the conductive internal insert of the elbow. This leaves the stress relieving feature around the current interchange intact and furnishes improved dielectrics and increased strike distance. Together these features provide superior switching performance and reliability.

The copper alloy probe and probe retainer are connected to the MOV block stack via welded flexible tin-plated copper leads. This ensures that the column cannot be damaged during installation and that a reliable current path to the MOV blocks is maintained. The disk column is composed of MOV disks bonded together with high-conductivity, silver-loaded epoxy to yield the most reliable electrical connection and eliminate air voids. The #4 AWG flexible copper ground lead,



**Figure 1.**  
POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arrester.

which reliably carries current to ground during voltage surges, is attached to the housing by a brass magneformed end cap. The brass end cap provides a tight, weatherproof seal.

### OPERATION

Installing a POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arrester at the end of a radial system or at both ends of an open point on a loop system provides excellent overvoltage protection. The addition of a second POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arrester at the mid-point on a rotatable feedthru insert provides optimum protection. 600 A feeder circuits can be protected with elbow arresters installed on the Cooper T-OP™ II and BT-TAP™ Separable Connector Systems.

### STANDARDS

The POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arrester complies with the latest revisions of IEEE Std C62.11™ standard "IEEE Standard for Metal

Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits" and IEEE Std 386™ standard "Separable Insulated Connectors for Power Distribution Systems Above 600 Volts."

### INSTALLATION

All POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arresters can be installed or removed from energized bushings with a clampstick. No special tools are required. The arrester is placed on a 200 A interface by using a clampstick. Refer to Installation Instruction Sheet S235-55-1 for more details.

**TABLE 1**  
Electrical Ratings and Characteristics

Duty Cycle Voltage Rating (kV)	MCOV (kV)	Equivalent Front-of-Wave (kV crest)*	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave				
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA
3	2.55	11	9	9.7	10.4	11.4	13
6	5.1	22	18.0	19.4	20.8	22.7	26
9	7.65	31.7	26.0	28	30	32.8	37.4
10	8.4	33	27.0	29.1	31.2	34.1	38.9
12	10.2	41.5	33.9	36.6	39.2	42.9	48.9
15	12.7	51.8	42.4	45.7	49	53.6	61.1
18	15.3	62.2	50.9	54.9	58.8	64.3	73.4
21	17.0	66	54.0	58.2	62.4	68.2	77.9

\* Equivalent front-of-wave voltage is the expected discharge voltage of the arrester when tested with a 5 kA current surge cresting in 0.5  $\mu$ s.

**TABLE 2**  
Commonly Applied Voltage Ratings of POSI-BREAK M.O.V.E. Surge Arrester

System Voltage (kV rms)		Commonly Applied Arrester Duty-cycle (MCOV) Voltage Rating (kV rms) on Distribution Systems		
Nominal Voltage	Maximum Voltage Range B	4-Wire Multigrounded Neutral Wye	3-Wire Low Impedance Grounded	Delta and 3-Wire High Impedance Grounded
2.40	2.54	—	—	3 (2.55)
4.16 Y/2.40	4.40 Y/2.54	3 (2.55)	6 (5.1)	6 (5.1)
4.26	4.40	—	—	6 (5.1)
4.80	5.08	—	—	6 (5.1)
6.90	7.26	—	—	9 (7.65)
8.32 Y/4.80	8.80 Y/5.08	6 (5.1)	9 (7.65)	—
12.00 Y/6.93	12.70 Y/7.33	9 (7.65)	12 (10.2)	—
12.47 Y/7.20	13.20 Y/7.62	9 (7.65) or 10 (8.4)	15 (12.7)	—
13.20 Y/7.62	13.97 Y/8.07	10 (8.4)	15 (12.7)	—
13.80 Y/7.97	14.52 Y/8.388	10 (8.4) and 12 (10.2)	15 (12.7)	—
13.80	14.52	—	—	18 (15.3)
20.78 Y/12.00	22.00 Y/12.70	15 (12.7)	21 (17.0)	—

# Surge Arresters

## M.O.V.E. DirectConnect Elbow Arrester

235-101



Figure 1.  
M.O.V.E. DirectConnect Elbow Arresters with threaded adapters shown from left to right: 30 kV and 27 kV.

### GENERAL

The M.O.V.E.™ DirectConnect™ Elbow Arrester combines metal (zinc) oxide varistor technology in a pre-molded rubber elbow to provide overvoltage system protection in an insulated, fully shielded, submersible, deadfront device.

The arrester housing interface conforms to IEEE Std 386™ standard – Separable Insulated Connector Systems. The arrester housing is molded of EPDM insulating rubber, which provides deadfront safety in a small, clampstick operable unit.

M.O.V.E. DirectConnect Elbow Arresters are used on underground systems in pad-mounted transformer and entry cabinets, vaults, switching enclosures and other installations to provide shielded deadfront arrester protection. They are designed for use

with 600 A 35 kV Class deadbreak interfaces that conform to IEEE Std 386™ standard to limit overvoltages to acceptable levels, protect equipment and extend cable life.

### CONSTRUCTION

The rubber body is constructed of high quality precision molded peroxide-cured EPDM insulation and semi-conductive materials.

The copper alloy probe and probe retainer are connected to the MOV block stack via welded flexible tinned copper leads. This ensures that the column cannot be damaged during installation and that a reliable current path to the MOV blocks is maintained. The disk column is composed of MOV disks bonded together with high-conductivity, silver-loaded epoxy to yield the most reliable electrical connection and eliminate air voids. The

#4 AWG flexible copper ground lead, which reliably carries current to ground during voltage surges, is attached to the housing by a brass magneformed end cap. The brass end cap provides a tight, weatherproof seal.

### OPERATION

Installing a M.O.V.E. DirectConnect Elbow Arrester at the end of a radial system or at both ends of an open point on a loop system provides excellent overvoltage protection.

**TABLE 1**  
Electrical Ratings and Characteristics

Duty Cycle Voltage Rating (kV)	MCOV (kV)	Equivalent Front-of-Wave (kV crest)*	Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave				
			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA
27	22.0	87.2	71.4	76.9	82.4	90.1	103
30	24.4	97.1	79.5	85.7	91.8	100.0	115.0
33	27	108	87.8	95.1	102	112	127
36	29	116	95.3	103	110	120	137

\* Equivalent front-of-wave voltage is the expected discharge voltage of the arrester when tested with a 5 kA current surge cresting in 0.5  $\mu$ s.

**TABLE 2**  
Commonly Applied Voltage Ratings of M.O.V.E. DirectConnect Elbow Arrester

System Voltage (kV rms)		Commonly Applied Arrester Duty-cycle (MCOV) Voltage Rating (kV rms) on Distribution Systems		
Nominal Voltage (kV)	Maximum Voltage Range B (kV)	4-Wire Multigrounded Neutral Wye	3-Wire Low Impedance Grounded <sup>1</sup>	Delta and 3-Wire High Impedance Grounded
24.94 Y/14.4	26.4 Y/15.24	18 (15.3)	27 (22.0)	–
27.6 Y/15.93	29.255 Y/16.89	21 (17.0)	30 (24.4)	–
34.5 Y/19.92	36.51 Y/21.1	27 (22.0)	36 (29.0)	–
46 Y/26.6	48.3 Y/28	36 (29)	–	–

1. Line-to-ground fault duration not to exceed 30 minutes. For longer durations, contact the factory for proper rating.