




# Sistema de protección contra las descargas atmosféricas

## Protection system against atmospheric discharges

Carlos Alfredo Espinel Cepeda<sup>1</sup> , William Armando Hidalgo Osorio<sup>2</sup> , Paco Jovanni Vásquez Carrera<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, Latacunga – Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: carlos.espinel@elepcosa.com.ec,  
william.hidalgo7885@utc.edu.ec, paco.vasquez@utc.edu.ec

### Información del artículo

**Tipo de artículo:**  
Artículo original

**Recibido:**  
18/02/2020

**Aceptado:**  
24/04/2020

**Publicado:**  
25/05/2020

**Revista:**  
DATEH

OPEN ACCESS



### Resumen

EL pararrayos es un condensador atmosférico formado por tres anillos concéntricos de acero inoxidable que actúan con polímeros sintéticos dieléctricos con el objetivo de atraer y recibir diferencias de potencial atmosférico y terrestre, para a su vez emitir un campo eléctrico ionizante con punto de origen ascendente con el fin de que el rayo sea atraído por el pararrayo. Totalmente fabricado en acero inoxidable AISI 316, resiste ambientes salinos por lo que puede trabajar en condiciones óptimas a niveles de mar y zonas industriales de alta contaminación, las piezas aisladoras son de polímero grilón de gran rigidez y dureza resistentes a cargas como: impacto, abrasión, tensión, tracción siendo altamente indestructibles en cargas cíclicas por lo que garantiza durabilidad infinita. La conexión del bajante del pararrayo se lo hace con un conductor de cobre de diecinueve hilos 1/0, este conductor se encuentra instalado por la parte interna del mástil. De acuerdo a la norma el cable debe estar protegido por lo menos dos metros del piso con tubería de acero, para luego el conductor o bajante de cobre sea acoplado al electrodo de cobre electrolítico, por intermedio de un proceso de soldadura.

**Palabras clave:** Condensador, Polímeros, Mástil, Canaliza.

### Abstract

The lightning rod is an atmospheric condenser formed by three concentric rings of stainless steel that act with synthetic dielectric polymers with the aim of attracting and receiving the responses of atmospheric and terrestrial potential, so that in turn emit an electric ionizing field with a point of origin ascending in order that the sea ray attracted by the lightning rod. Completely made of AISI 316 stainless steel, it resists saline environments so it can work in optimum conditions at sea levels and industrial areas of high contamination, the polymeric parts of grilon of great rigidity and hardness resistant to loads such as: impact, abrasion, Tension, traction, being highly indestructible in cyclical loads so it guarantees infinite durability. The connection of the down conductor of the lightning rod is made with a copper conductor of 1/0 aluminum, this conductor is installed by the internal part of the mast. According to the standard, the cable must be protected at least two meters from the floor with steel pipe, and then the copper conductor or down pipe connected to the electrolytic copper electrode, through a welding process.

**Keywords:** Condenser, Polymers, Mast, Channel.

**Forma sugerida de citar (APA):** López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

## INTRODUCCIÓN

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es proteger de las descargas atmosféricas y lo atrae el rayo y canaliza la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones o lugares donde contienen tanques y artefactos inflamables. Este artilugio fue inventado en Benjamín Franklin mientras efectuaba una serie de experimentos sobre la propiedad que tienen las puntas agudas, puestas en contacto con la tierra, de descargar los

cuerpos electrizados situados en su proximidad. Existen varios tipos de Pararrayos como: Pararrayo de punta el ionizante, franklin, radiactivo, tipo ion-corona solar, tipo piezoeléctrico.

El pararrayos SAFELY es un condensador atmosférico formado por anillos concéntricos de 1 acero inoxidable que trabajan con polímeros sintéticos dieléctricos con el objetivo de atraer y recibir diferencias de potencial

atmosférico y terrestre, para a su vez emitir un campo eléctrico ionizante con punto de origen ascendente con el fin de que el rayo sea atraído por el pararrayo. Totalmente fabricado en acero inoxidable AISI 316, resiste ambientes salinos por lo que puede trabajar en condiciones óptimas a niveles de mar y zonas industriales de alta contaminación, las piezas aisladoras son de polímero grilón de gran rigidez y dureza resistentes a cargas como: impacto, abrasión, tensión, tracción siendo altamente indestructibles en cargas cíclicas por lo que garantiza durabilidad infinita, a más de esto, un cable conductor, de la energía eléctrica a tierra (la toma de tierra es la prolongación del conductor que se ramifica en el suelo, o placas conductoras también enterradas, para su disipación. Y evita los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos, como edificios, árboles o personas. (villacres, 2005).

El objetivo principal es inspeccionar, evaluar y diseñar un sistema adecuado, seguro y confiable de protección contra descargas atmosféricas que proteja la edificación, seres humanos y demás bienes que allí se encuentran con la mayor eficacia posible, identificando las descargas por medio de la antena de Pararrayo y establecer ventajas de menor riesgo de vidas Humanas y equipos, además determinado el área o distancia de protección de la descarga atmosférica según el pararrayos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Dado el lenguaje técnico y definiciones puramente que a continuación se manejan es necesario aclarar algunos conceptos y definiciones para que el presente documento pueda ser comprendido sin ningún problema y a cabalidad.

**Altura:** Es la distancia entre la punta final del pararrayos con dispositivo de cebado y el punto que se desea proteger.

**Amplitud:** es el desplazamiento máximo con respecto a la posición de equilibrio. La cantidad de energía en una onda depende la amplitud.

**Avance en el cebado ( $\Delta t$ ).** - ganancia media en el instante de cebado del trazador ascendente de un PDC en comparación con el de un PR de la misma geometría, obtenido mediante ensayos. Se mide en microsegundos.

**Barra equipotencial.** - elemento o dispositivo que permite conectar al sistema de protección contra el rayo los componentes naturales, las masas y las tomas de tierra, así como los blindajes y conductores de protección de líneas eléctricas, de telecomunicaciones y de otros cables.

**Conductor de bajada.** - Parte de la instalación exterior de protección contra el rayo destinada a conducir la corriente del rayo desde un PDC hasta la toma de tierra.

**Cresta:** es un punto que está ubicado en la parte superior de la onda.

**Densidad de impactos.** - Número de impactos por año y Km<sup>2</sup>

**Descarga atmosférica eléctrica a tierra.** - La descarga atmosférica conocida como rayo, es la igualación violenta

de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra o, entre nubes.

**Distancia de seguridad.** - distancia mínima requerida, entre dos elementos conductores, para evitar la formación de chispas peligrosas.

**Electrodo de tierra.** - Conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con tierra y dispersar en ella la corriente de la descarga atmosférica.

**Frecuencia:** es el número de largos de onda (números de ondas) que pasan por un punto en un segundo. La frecuencia se mide en hertz

**Longitud de onda:** distancia horizontal entre puntos correspondientes en ondas consecutivas. Se mide en metros.

## Medición de la Onda

**Nivel de protección.** - clasificación de una instalación exterior de protección contra el rayo, según su nivel de riesgo.

**Nodo:** es un punto en reposo.

**Norma UNE:** Las conocidas como normas UNE (UNE acrónimo de Una Norma Española) son un conjunto de normas tecnológicas creadas por los comités técnicos de normalización (CTN), de los que forman parte todas las entidades y agentes implicados e interesados en los trabajos del comité. Por regla general estos comités suelen estar formados por la ENAC, fabricantes, consumidores y usuarios, administración, laboratorios y centros de investigación.

**Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC).** - Pararrayos provisto de punta/s captadora/s equipado con dispositivos de cebado que genera avance en el cebado evidenciado cuando es comparado con un pararrayos con dispositivo de cebado de referencia PR con su dispositivo de cebado anulado, de la misma geometría y bajo las mismas condiciones de ensayo.

**Período:** es el tiempo que emplea una onda completa al pasar por un punto determinado. La frecuencia de la onda determina su período.

**Proceso de cebado.** - fenómeno físico comprendido entre la aparición de los efluvios del efecto corona y la propagación del trazador ascendente.

**Protector contra sobretensiones transitorias.** - dispositivo destinado a limitar las sobretensiones transitorias y a derivar las corrientes asociadas a tierra. Contiene al menos un componente no lineal. Por ejemplo, para la protección de líneas eléctricas, De transmisión de datos, líneas telefónicas, instalaciones de TV, emisores-receptores de radiofrecuencias, etc.

**Punto de impacto.** - Punto en el que el rayo incide sobre el terreno, una estructura o una instalación de protección contra el rayo.

**Rayo.** - Impacto simple o múltiple de la descarga a tierra que se caracteriza por ser de cientos de kilo amperes, elevada carga eléctrica y disipar miles de Joules de energía.

**Sobretensión transitoria de origen atmosférico.** - sobretensión de corta duración que no sobrepasa los milisegundos-oscilatoria o no, generalmente con una gran amortiguación.

**Superficie de captura equivalente.** - superficie del suelo plano sometido al mismo número de impactos que la estructura considerada.

**Unión equipotencial.** - unión eléctrica que pone al mismo potencial las masas y los elementos conductores.

**Valle:** es un punto que está ubicado en la parte baja de la onda.

**Velocidad (de propagación):** esta se determina multiplicando la frecuencia con la longitud de onda, ya que, al pasar una onda con cierta longitud por un punto determinado, podremos sacar su velocidad.

**Zona protegida.** - Volumen protegido por un PDC (pararrayos con dispositivo de cebado).

Con las aseveraciones efectuadas, y de acuerdo al estudio previo realizado, es posible determinar en primer lugar y como es lógico las características de la edificación teniendo en cuenta que:

Gran valor en equipos.

De difícil evacuación, especialmente para personas con movilidad limitada.

Presenta consecuencias para el entorno.

Se encuentra ubicado en una zona de gran densidad de impactos de rayo.

Partiendo de estas características en **LA EMPRESA ALIMEC S.A.** Una institución a la cual concurre gran número de personas, con lo cual se lo considera muy habitado.

Necesidad de continuidad en el servicio.

De la edificación y según lo estipulado en el anexo B de la norma UNE 21-186 y con los datos de la DAC que a lo largo de 5 años ha registrado el nivel isoceraúnico del sector.

De la edificación y según lo estipulado en el anexo B de la norma UNE 21-186 y con los datos de la DAC que a lo largo de 5 años ha registrado el nivel isoceraúnico del sector en conjunto con el INAMHI. (Castillo, 2009)



Figura 1. Mapa isoceraúnico

SUBESTACION	NIVEL ISOCERAÚNICO
NORTE	60

Tabla 1. Isoceraúnico

Es factible realizar el cálculo de la frecuencia esperada de impactos de rayo (Nd):

- La densidad de impactos de rayo de la zona es:  $N_g = 60$  impactos /año  $km^2$
- La estructura a proteger.
- Altura = 9 metros.
- Longitud = 100 metros.
- Ancho = 80 metros.
- La superficie de captura equivalente obtenida es:  $A_e = 5672.12$   $m^2$ .
- La estructura a proteger está situada en un espacio donde hay otras estructuras de la misma altura o más altas por lo tanto  $C_1 = 0,5$ .

De tal manera que la frecuencia esperada de impactos de rayo es:

$N_d = 0,58830882$  por año.

Luego de ello se puede determinar la frecuencia aceptable de impactos de rayo teniendo en cuenta que:

$C_2 = 1$  tejado común; estructura común.  $C_3 = 4$  la edificación alberga un gran valor económico.  $C_4 = 4$  ocupada normalmente

$C_5 = 6$  Se tiene necesidad de continuidad en el servicio y presenta consecuencias para el entorno. Por tanto, la frecuencia aceptable de impactos sobre la estructura es:

$N_c = 0,00003125$  por año.

Tomando los datos obtenidos de  $N_d$  y  $N_c$ , según lo determinado por la norma UNE 21-186 apartado 8, al ser la frecuencia de impactos esperada  $N_d$  mayor a la frecuencia de impactos aceptable por la estructura  $N_c$ , se considera que la protección es necesaria

$N_d = 0,58830882$  por año  $>$   $N_c = 0,00003125$  por año. Luego de ello es posible determinar el nivel de protección requerido, por lo cual es necesario calcular la eficiencia (E) del sistema de protección contra el rayo (SPCR) cuyo valor es:

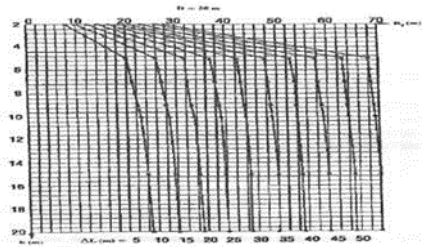
$E = 0,999946882$

Por lo que el nivel de protección necesario es Nivel 1 + medidas complementarias de acuerdo a los valores tabulados en la tabla siguiente encontrada en el mismo apartado de la norma mencionada anteriormente.

E	Nivel de protección correspondiente	I(kA) Corriente de creta máxima	D (m) Distancia de cebado
$E > 0,98$	Nivel I + medidas complementarias	-	-
$0,95 < E < 0,95$	Nivel I	2,8	20
$0,80 < E < 0,95$	Nivel II	9,5	45
$0 < E < 0,80$	Nivel III	14,7	60

**Tabla 2.** Selección de niveles de protección según la eficiencia calculada

Una vez seleccionado el nivel de protección de la manera mencionada se procede a la modelación del sistema de protección contra el rayo para lo cual con las dimensiones de la construcción y utilizando la tabla de valores dada a continuación, la misma que la podemos encontrar en el apartado B de la norma UNE 21-186, junto con el  $\Delta t$  específico del pararrayos modelo SAFELY que es de  $65 \mu s$  se procede a cubrir la Edificación mediante conos sucesivos hasta una altura de 23m. Allí se puede observar que es 35 m. para un valor de  $\Delta L = 20m$  que es la distancia de avance en el cebado del pararrayos antes mencionado. (Mena, 2013).



**Figura 2.** Radio de protección de pararrayos con dispositivo de cebado

Nivel de protección I ( $D = 20m$ ) Cabe indicar además que esta modelación se la puede hacer también para los niveles II y III teniendo en cuenta la respectiva tabla de valores según lo especifica la norma UNE 21-186 apartado B, mediante lo cual se consigue 52m de radio en nivel II y 59m en nivel III teniendo en cuenta los valores de eficiencia mostrados en la Tabla 2. Hasta aquí se contempla, justifica y demuestra la necesidad del sistema de protección externa contra el rayo para las instalaciones en LA EMPRESA ALIMEC S.A.

Según lo estipulado en la norma UNE 21-186 apartado B, teniendo en cuenta los detalles de instalación y características técnicas tanto en la parte constructiva como

de los materiales empleados, cumpliendo con los requerimientos de dicha norma.

## VERIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento de un sistema de protección contra el rayo como el de cualquier equipo de indispensable para garantizar su eficacia ya que ciertos componentes pueden verse afectados al largo del tiempo por condiciones ambientales extremas, inclemencias atmosféricas, golpes mecánicos e impactos del rayo. Las características mecánicas y eléctricas de un sistema de protección contra el rayo deben ser mantenidas toda su vida, con el fin de satisfacer las prescripciones normativas.

El mantenimiento consta de una verificación inicial y una verificación periódica de acuerdo al nivel de protección como se muestra en la Tabla 3, con lo cual se emite el respectivo informe de verificación y el mantenimiento de ser requerido en el informe de verificación.

	PERIODICIDAD NORMAL	PERIODICIDAD ESPECIAL
Nivel I	2 años	1 año
Nivel II	2 años	1 año
Nivel III	3 años	2 años

**Tabla 3.** Periodicidad de verificación y/o mantenimiento

Teniendo en cuenta que el pararrayos es un sistema no fungible, no es necesario reemplazarlo cada vez que éste ha tomado una descarga, pero se aconseja realizar una inspección visual en la periodicidad recomendada para verificar el correcto estado del mismo y de la bajante y demás accesorios instalados. En la Norma UNE 21-186 constan algunos parámetros y guías para efectuar una correcta verificación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cantón Cayambe a los 19 días del mes de diciembre 2017 se procede a la instalación de un sistema de protección externa contra el rayo en LA EMPRESA ALIMEC S.A. Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados anteriormente se instaló un pararrayos con dispositivo de cebado modelo SAFELY el cual fue ubicado sobre un mástil de 7 m de altura a partir de la cumbre más alta de la estructura con sus respectivos tensores y su bajante con conductor de cobre aislado de diecinueve hilos para lograr cubrir las instalaciones como se muestran en la figura 2 en nivel de protección I con sus respectivos radios de cobertura que allí mismo se muestran. Cabe señalar que al pararrayos le corresponde una bajante y un electrodo de cobre electrolítico con helicoidal de conductor de cobre como sistema de tierra, debo mencionar que el antes

mencionado electrodo se encuentra en la tierra soldado con proceso de soldadura oxiacetilénica y material de aportación bronce al cable bajante con las respectivas sales minerales para mejorar la conductividad del suelo. El sistema de tierra tiene una arqueta de registro para mantenimientos y mediciones posteriores del electrodo activo. Debo mencionar que el sistema de tierra queda con una lectura de 4.72-4.59 ohmios.

Se sugiere que cada cierto tiempo dependiendo de las características corrosivas del suelo se someta a mediciones de resistencia al electrodo de tierra para determinar su buena conductividad y así el buen funcionamiento del sistema. En nuestra experiencia y teniendo en cuenta lo establecido en la norma UNE 21-186 se recomienda que en un periodo de 2 años se realice mediciones y una inspección física de los electrodos de tierra, esto es para nivel I. De la misma manera y aunque el pararrayos instalado es un elemento no fungible se recomienda efectuar una inspección visual del mismo en el mismo período de tiempo y de esta manera poder certificar el buen funcionamiento del conjunto.

Otro punto a tomar en cuenta es que ninguna otra estructura debe estar por encima de los pararrayos ya que ello mermaría su eficacia; si en caso se construyera alguna estructura que, sobre pase en altura al pararrayos, dicho pararrayos se los deberá elevar a por lo menos 2 m (ideal 5m para alcanzar el radio de protección certificado) sobre la estructura en cuestión cuidando de no sobrepasar los 60 m. de altura según lo describe la norma UNE 21-186.

**Cálculos de radio de protección del pararrayo ionizante Niveles de protección:**

- Nivel I: Nivel de Máxima seguridad.
- Nivel II: Nivel de Alta seguridad.
- Nivel III: Nivel de seguridad Media.
- Nivel IV: Nivel de seguridad Estándar.

	[D]
Nivel I	20 m
Nivel II	30 m
Nivel III	45 m
Nivel IV	69 m

Tabla 4. Niveles de protección

**Proyección del pararrayo ionizante safely**


	MARCA	SAFELY
	TIPO	PDC
	CONSTRUIDO	ACERO INOXIDABLE AISIS 316
	PESO	6,3 KILOS
	DESCARGA MAXIMA	4,5 Kv
	CORRIENTE MAXIMA	35 kA
	NORMAS APLICADAS	NFC 17-102 UNE 21-186

Figura 3. Distancia de cebado

La distancia del cebado es dependiente de la corriente del rayo en una determinada situación geográfica.

DISTANCIA DE CEBADO EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE DEL RAYO						
I(KA)	10	20	50	75	100	150
D(m)	46	72	132	173	210	273

Tabla 5. distancia de cebado

**Radios de protección del pararrayo sujetos a los niveles de la norma.**

Rp	Nivel I	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Altura</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>
<b>6</b>	58	66	76	100
<b>8</b>	59	66	77	85
<b>10</b>	59	67	77	87
<b>15</b>	60	68	80	89
<b>20</b>	60	69	81	92

Tabla 6. Radios de protección

CÁLCULO DEL RADIO DE PROTECCION			
Nivel de protección	3	Seguridad estándar.	
Distancia del cebado	D	60	[m]
Longitud del trazador	$\Delta T$	40	[ $\mu s$ ]
Tiempo del trazador	$\Delta L$	40	[m]
Altura del pararrayo	h	54	[m]
Radio de proteccion	Rp	100	[m]

Tabla 7. Calculo de radio de protección

**Radio de protección en la empresa alimec s.a. radio de protección según la situación geográfica.**

CÁLCULO DEL RADIO DE PROTECCION			
CORRIENTE DEL RAYO	I	30	[KA]
DISTANCIA DEL CEBADO	D	96	[m]
LONGITUD DEL TRAZADOR	$\Delta T$	40	[ $\mu s$ ]
TIEMPO DEL TRAZADOR	$\Delta L$	40	[m]
ALTURA DEL PARARRAYO	h	7	[m]
RADIO DE PROTECCION	Rp	102	[m]

Tabla 8. Fórmula de cálculo de protección

**Corriente del radio (i):** Es una intensidad de corriente estadística de acuerdo a la ubicación geográfica en el caso de Quito-Ecuador es de 30[kA]

**Distancia del cebado (d):** Es el valor radial del volumen de la esfera, dependiente de la intensidad del rayo.

**Longitud del trazador ( $\delta l$ ):** Es la medida del trazador ascendente causada por el efecto ionizante del pararrayo.

**Tiempo del trazador ( $\delta t$ ):** Es tiempo que tarda el cebado en captar la descarga.

**Altura del pararrayo:** Es la medida del mástil del pararrayo desde la parte más alta de la estructura.

**Radio de protección:** Es radio de cobertura que obtenemos al aplicar la ecuación.  
(Villao, 2005)

## CONCLUSIONES

Esta investigación nos ha llevado aclarar nuestros conocimientos en este tipo de proyectos de pararrayos son realizadas con muchas estrategias y técnicas ya que pueden funcionar perfectamente después de una muy buena instalación. Los dos sistemas de pararrayos quedaron listos para su funcionamiento y completamente operativos. • La combinación de los dos pararrayos da como resultado una cobertura que cubre toda la instalación de la planta industrial.

Los pararrayos ionizantes Safely no causan perturbaciones electromagnéticas ni tampoco ninguna interferencia con enlaces de datos.

Se recomienda de forma obligatoria de acuerdo a las normas, equipotencial las tierras de la totalidad de la planta industrial, junto con las estructuras metálicas. Se recomienda instalar la cantidad suficiente de barras equipotenciales en la planta por áreas o galpones e interconectar estas barras entre ellas para obtener equipotencialidad con las tierras de los pararrayos.

Si se tienen equipos electrónicos muy sensible se recomienda intercalar un equalizador para equipotenciar estas tierras especiales; pero de ninguna manera se debe dejar sin equipotenciar la totalidad de las tierras de la planta industrial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, J. (2013).  
[www.feng.pucrs.br/~fdosreis/ftp/medidas/FSR05\\_SPDA\\_Proteccion\\_Descargas.pdf](http://www.feng.pucrs.br/~fdosreis/ftp/medidas/FSR05_SPDA_Proteccion_Descargas.pdf) df.  
 Colombia.
- Castillo, D. (2009). [programacasasegura.org/mx/sistemas-deproteccion-contradescargasatmosfericas/](http://programacasasegura.org/mx/sistemas-deproteccion-contradescargasatmosfericas/).  
 Mexico.
- Cepeda, E. (2003).  
<https://eva.fing.edu.uy/course/info.php?id=521>.  
 Argentina.
- Mena, F. (2013).  
<https://constructorelectrico.com/peligrolatent-descargas-atmosfericas/>. Colombia.

Sebastian Guaman. (2015). Energia Undimotriz. guayaquil.  
 Vercelli, Amilcar. (12). energia undimotriz. 10: Energia Undimotriz.

villacres, R. (2005). and Application Recommendations (IEC [www.ruelsa.com/notas/tierras/pe50.html](http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe50.html). 60099-5)), » Primera, 2000:2003.  
 Mexico.

O. BRASS, «OHIO BRASS, "Surge Villao, A. (2005). Arresters", IEC Line Discharge Classes 2, [www.asep.gob.pa/electric/info\\_clientes/](http://www.asep.gob.pa/electric/info_clientes/) 3, 4 & 5, » 2015. [En línea]. Available:  
 Rayos.pdf. Mexico. <http://cld.bz/pa9Eptj#>.

CENTROSUR, «EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR,» [En línea]. Available:  
<http://geoportal.centrosur.gob.ec/geoinformacion/>.

J. F. Lazo Cárdenas y A. F. Pucha Guayllazaca, "Estudio para el mejoramiento de los Índices FMIK y TTIK Aplicando Pararrayos en Redes de Distribución", Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Eléctrica, Cuenca, 2015.

N. M. Correa vallejo, "Diseño del Apantallamiento contra Descargas Atmosféricas en las Lineas de Transmisión con Ayuda Computacional", Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, 2011.

J. A. Bustamante Cuenca, "Evaluación y Diagnóstico de la malla de puesta a tierra de la subestación Obrapía con niveles de tension de 69kV y 13.8kV perteneciente a la E.E.R.S.S.A, para cumplir con los parámetros establecidos por la norma IEEE Std. 80-2000, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2011.

J. Woodworth, «Arrester Works, "Selecting Arrester MCOV and Uc", Part 1 of Arrester Selection Guide, » 12 de Febrero del 2009. [En línea]. Available:  
[http://www.arresterworks.com/arresterfacets/pdf\\_files/selecting\\_arrester.pdf](http://www.arresterworks.com/arresterfacets/pdf_files/selecting_arrester.pdf)

ANSI, «American National Standars Institute, » [En línea]. Available: <https://www.ansi.org/>.

CENTROSUR. [En línea]. Available:  
<http://geoportal.centrosur.com.ec/geoport al/arcgisfroautocad.aspx>

D. Amat González, "Estudio de Sobretensiones Debidas a Cortocircuitos fasetierra en Redes de Media Tensión para distintos Regímenes de Neutro", Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla: Universidad de Sevilla, Marzo del 2014.

IEC, «International Electrotechnical Commissions, IEC, International Standard: Surge Arrester- Part 5: selection