

# Performance Evaluation of a 33 kV Double-Circuit Distribution Line under Lightning Strikes with Different Grounding Configuration

Laboratorio de I+D en energía eléctrica (LIDEE)  
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones

01

**PRESENTACIÓN**

02

**PROBLEMÁTICA**

03

**RESULTADOS**

04

**CONCLUSIONES**

**Marina M. Aquino**

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE)  
Facultad de Ingeniería (FI)- Universidad Nacional de Misiones (UNaM)-  
Misiones, Argentina.

**Roberto J. Cabral**

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE)  
Facultad de Ingeniería (FI)- Universidad Nacional de Misiones (UNaM)- Misiones, Argentina.  
CONICET, Argentina

**Juan P. Silva**

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE)  
Facultad de Ingeniería (FI)- Universidad Nacional de Misiones (UNaM)-  
Misiones, Argentina.

**Alfredo A. Marquez**

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE)  
Facultad de Ingeniería (FI)- Universidad Nacional de Misiones (UNaM)- Misiones,  
Argentina.



## DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

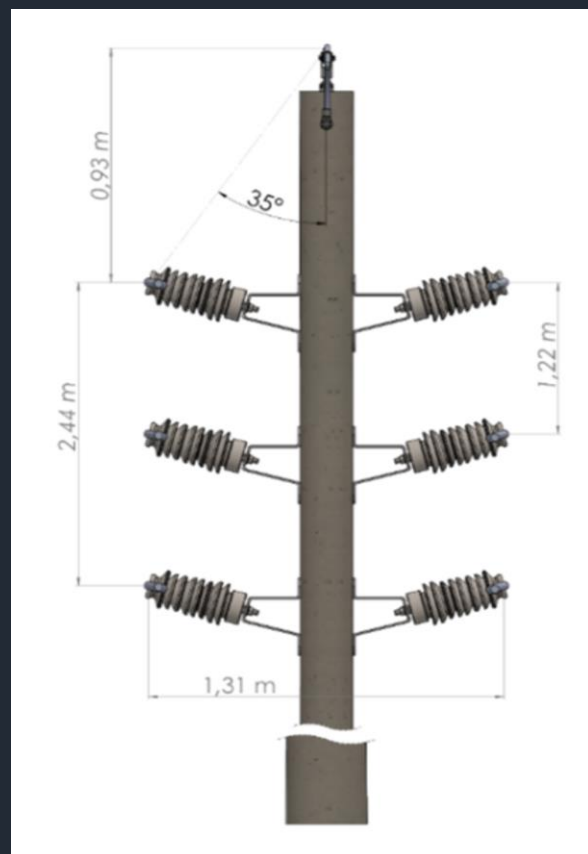
Las descargas atmosféricas se dan por la rotura del dieléctrico del aire, que encuentra separando dos cuerpos cargados con polaridades opuestas, ocasionando entonces el surgimiento de una corriente impulsiva.

Los cálculos que se presentan siguen la metodología adoptada por la IEEE Std 1410 para líneas de 33 kV.

## PARÁMETROS DE DESCARGA

- Corriente de retorno
- Densidad de descarga a tierra
- Tasa de fallas por descargas directas
- Factor de blindaje
- Tasa de fallas por descargas inducidas
- Tasa de fallas totales
- CFO (Critical Flashover)
- Estructura de estudio

Las redes de distribución eléctrica de 33 kV en Misiones enfrentan una de sus principales problemáticas en las descargas atmosféricas, ya que la región presenta uno de los índices ceráunicos más altos del país. Estos fenómenos producen sobretensiones que ocasionan fallas en los aisladores, daños en los equipos e interrupciones del servicio, afectando la calidad del suministro y aumentando los costos operativos.

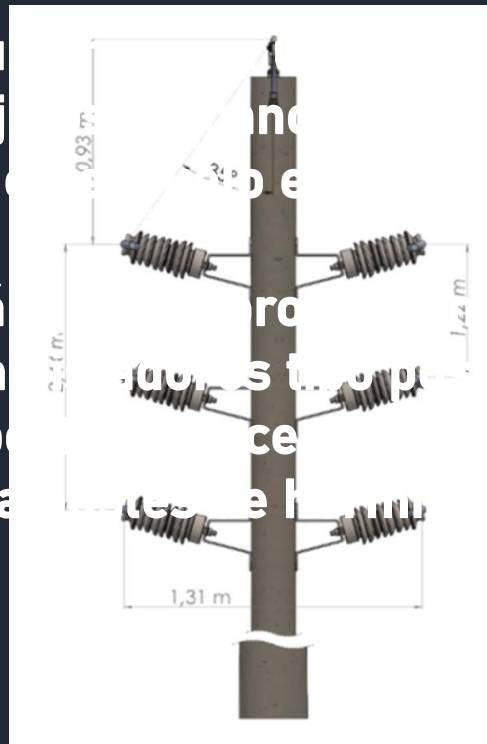


¿Por qué es importante estudiarlo?

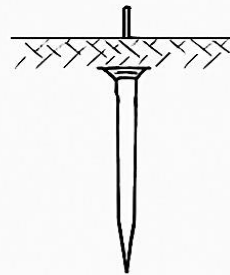
**El objetivo es estimar el nivel de desempeño contra rayos del diseño actual e investigar las mejoras.**

**Consideraciones:**

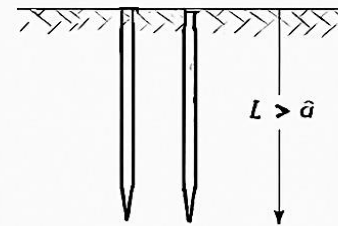
- La línea se construirá en un sistema de blindaje de 0,65 proporcionado por objeto de estudio.
- La densidad de descargas es de 10 por km<sup>2</sup> por año.
- El diseño proporciona un ángulo de protección de 35°
- Los aisladores de fase son de tipo de porcelana ANSI clase 57-2 sobre soportes de aluminio.
- La línea de distribución usa un cable de aluminio de 15,24 m



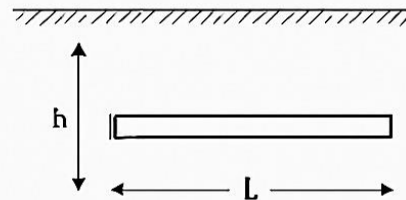
## CONFIGURACIONES DE PUESTA A TIERRA:



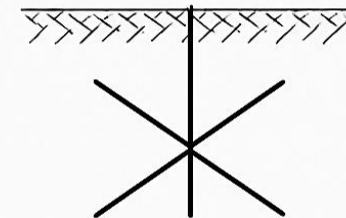
a. Una jabalina



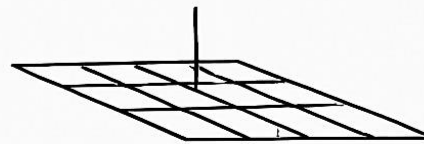
b. Dos jabalinas



c. Con contrapeso

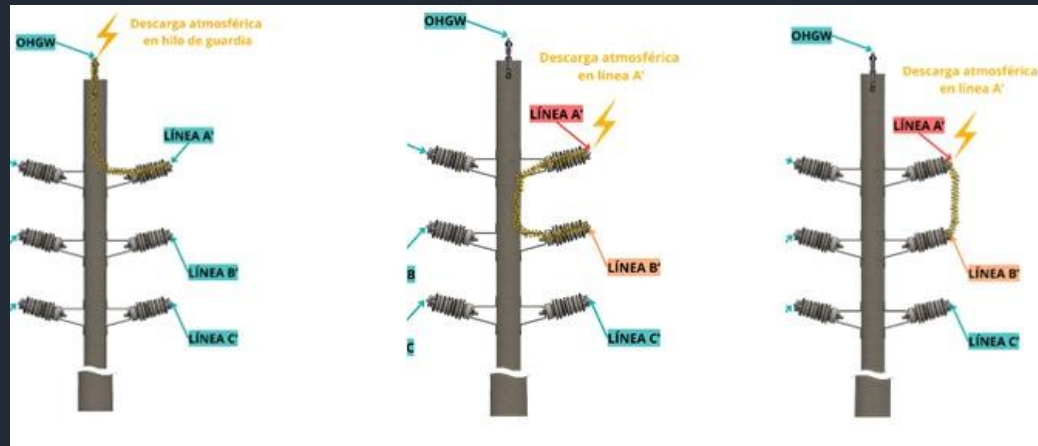


d. Tipo cruz



e. Tipo malla

Para determinar el desempeño de las redes de distribución se calculan los valores de CFO de los distintos circuitos de posibles fallas. Se determinó el menor valor de CFO y se realizaron los cálculos del desempeño de alimentadores de distribución siguiendo los procedimientos de IEEE Std 1410 adaptado para líneas de 33 kV.



id	Desde	Hasta	Detalle	CFO <sub>TOTAL</sub> [kV]
a	Cond. tierra	Cond. A'	CFO Aislador	
			210	210
b	Cond. A'	Cond. B'	Aislador A' Aislador B'	
			210 + 210	420
c	Cond. A'	Cond. B'	(1,22 m) Aire	
			600*1,22	732



## DESCARGAS DIRECTAS

Las descargas directas pueden estimarse a partir de la densidad de flashes ópticos según la siguiente ecuación para la prov. de Misiones:

$$N_g = \frac{25}{3} = 8,33 \text{ Descargas } Km^2/año$$

Para un conductor suspendido en campo abierto la densidad de descargas resulta en:

$$N = 8,33 \left( \frac{28(13,1)^{0.6} + 1,5}{10} \right) = 110,43 \text{ Descargas } Km^2/año$$

Debido a la presencia de objetos cercanos como árboles y edificios es conveniente determinar un factor de blindaje Sf (En este caso 0.82). El número de descargas recogidos por la línea protegida resulta en:

$$Fallas_{Directas} = 110,43(1 - 0,65) = 38,65 \text{ Descargas } Km^2/año$$





**Cálculo del número de descargas Disruptivas Según la configuración de puesta a tierra:**

Configuración	$R_{Pat} [\Omega]$	%	Descargas disruptivas ( $N_{Dir}$ ) [Desc./100km/año]
1 jabalina	55,6	82	31,69
2 jabalinas	42,8	77	29,76
Contrapeso	31,5	68	26,28
Cruz	22,7	55	21,26
Malla	12,3	23	8,89

## DESCARGAS INDUCIDAS

El número de descargas inducidas en campo abierto se puede estimar a partir de la (IEEE Std 1410) Usando el CFO más bajo (210 kV), y la curva para conductividad moderada de  $\sigma = 10 \text{ mS/m}$  resultando:

$$N_{inducc_{\text{Terreno abierto}}} = 8,33 * 0,22 = 1,83 \text{ Descargas Km/año}$$

Como estimación, se supone que las descargas disruptivas de voltaje inducido son dos veces las descargas disruptivas inducidas en campo abierto, resultando:

$$\text{Fallas}_{induc} = 2 * 1,83 = 3,66 \text{ Descargas Km/año}$$

## FALLAS TOTALES

Descargas totales según la config. de puesta a tierra:

Configuración	Desc. disruptivas ( $N_{Total}$ ) [Desc./100km/año]
1 jabalina	35,35
2 jabalinas	33,42
Tipo Contrapeso	29,94
Tipo Cruz	24,92
Tipo Malla	12,55

- La cantidad de fallas disminuye significativamente al reducir la resistencia de puesta a tierra.
- La configuración con una jabalina (alta resistencia) presenta el peor desempeño: 35,35 descargas/100 km/año.
- La malla de puesta a tierra ( $10 \Omega$ ) reduce las fallas a 12,55 descargas/100 km/año, una mejora del 64,5 %.
- El descenso es progresivo: cada mejora en la resistencia implica menos fallas.
- Aunque la malla ofrece el mejor resultado técnico, su implementación es costosa y compleja.
- Las configuraciones tipo contrapeso y tipo cruz equilibran efectividad y simplicidad constructiva.



Facultad de **Ingeniería**  
OBERA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Gracias por su atención...

**AADECa**

Asociación Argentina  
de Control Automático