



CINERGY



CINERGY

Mejoramiento del Desempeño de Líneas de Transmisión ante Rayos Mediante la Ubicación Óptima de Descargadores de Sobretensión



CINERGY

Contenido

- Generalidades y Antecedentes
- Tipos de Falla de LT ante Rayos
- Principales Factores y Técnicas de Mejoramiento
- Uso de DST en Líneas
- Ubicación Óptima de DST en LT (Estudios de Caso)
- Conclusiones



CINERGY

Generalidades y Antecedentes

Las descargas eléctricas atmosféricas o rayos pueden producir flameo de los aisladores de líneas, lo cual provoca la salida de éstas por acción de los relés de protección.

Usualmente los puntos más vulnerables para presentarse el flameo es en los aisladores, no a lo largo del vano, debido a la menor distancia entre fase y tierra (cruceta torre)





CINERGY

Generalidades y Antecedentes

La tasa de fallas para líneas aéreas varían entre 0.1 y 20 fallas/100km.año, siendo los mayores valores para menores niveles de tensión.

Para Líneas de Transmisión (LT) de alta tensión, el **índice aceptable de fallas** para diseño y coordinación de aislamiento oscila entre 1 y 4 fallas/100km.año.



Generalidades y Antecedentes

La tasa de fallas para líneas aéreas varían entre 0.1 y 20 fallas/100km.año, siendo los mayores valores para menores niveles de tensión.

Para Líneas de Transmisión (LT) de alta tensión, el **índice aceptable de fallas** para diseño y coordinación de aislamiento oscila entre 1 y 4 fallas/100km.año.

Porcentaje de fallas de LT a causa de rayos:

- A nivel mundial: 30% - 60%
- En zona tropical: Hasta 90%



Generalidades y Antecedentes

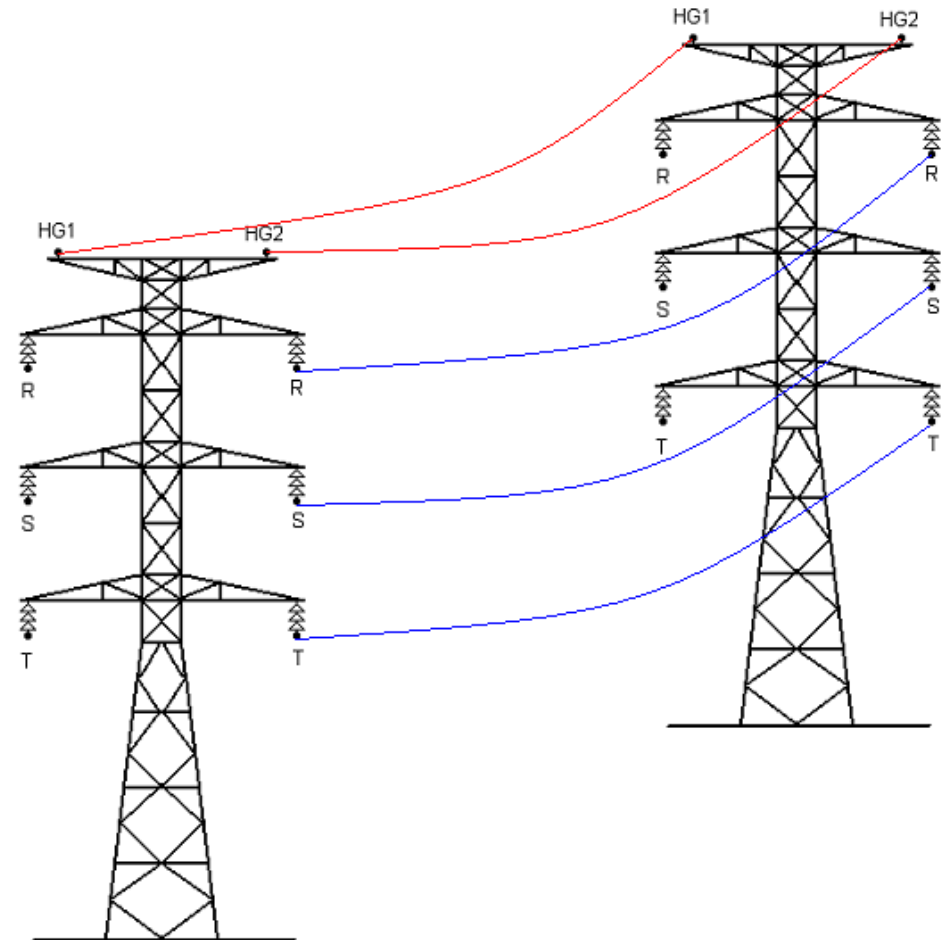
Ejemplos Casos Reales:

Línea	Tensión de Operación [Kv]	Longitud [Km]	GFD [Rayos/Km2 año]	Tasa Real de Fallas [Salidas/100km*Año]	Porcentaje de Fallas [%]	
					Rayos	Otros
LT1	230	36	4 – 7	13.9	75	25
LT2	230	174	7 – 15	1.4	90	10
LT3	500	227	10 – 25	2.8	72	28
LT4	230	150	1 - 6	7.6	75	25



CINERGY

Tipos de Falla de LT ante Rayos

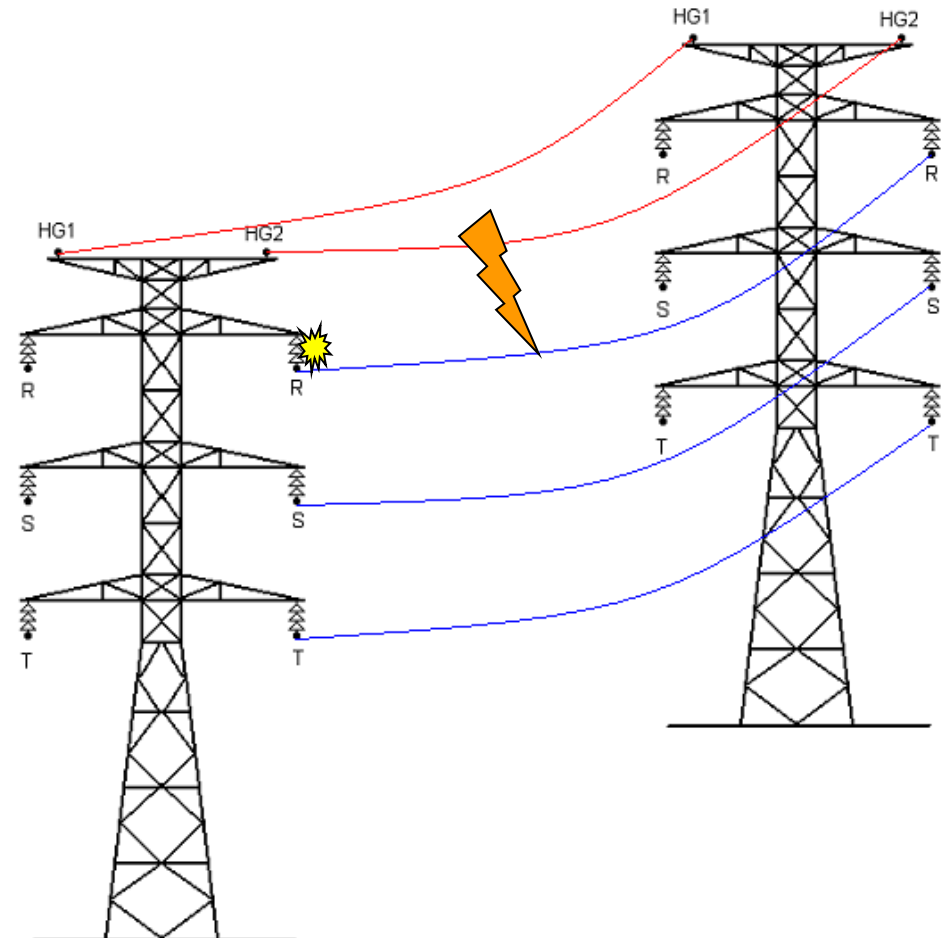




CINERGY

Tipos de Falla de LT ante Rayos

- Impacto en fases puede ocasionar flameo por falla del apantallamiento (Shielding Failure Flashover - **SFFO**)



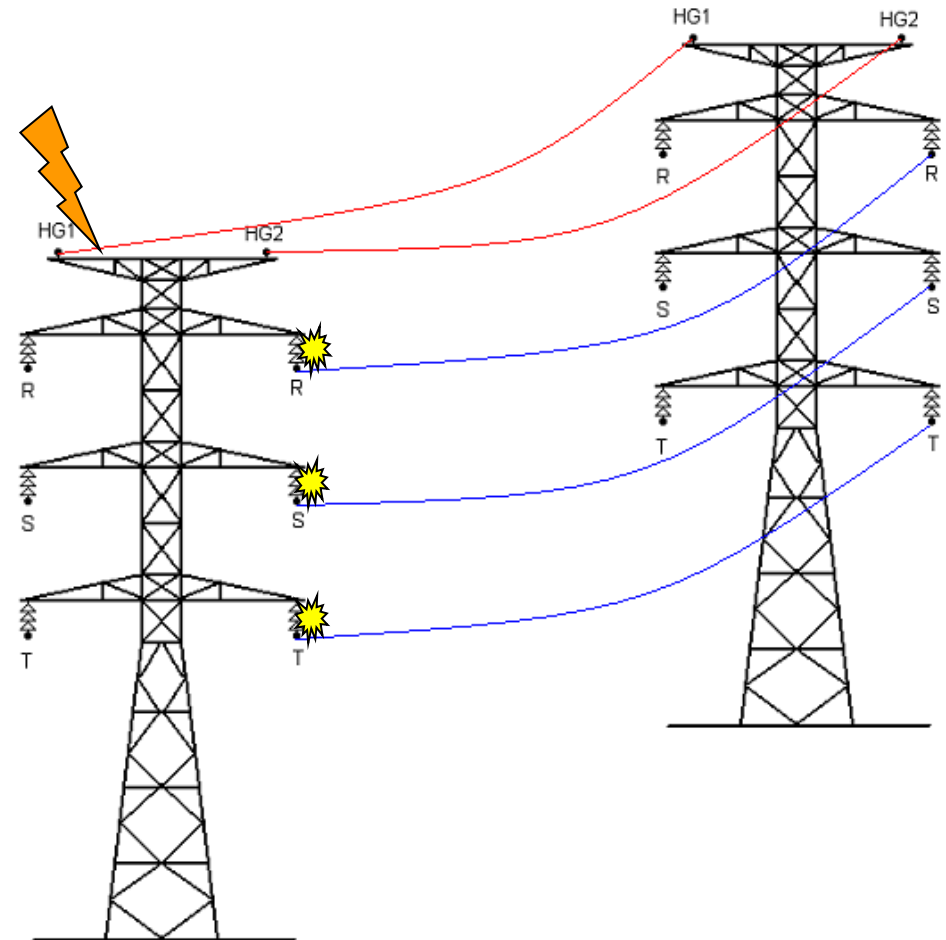


CINERGY

Tipos de Falla de LT ante Rayos

- Impacto en fases puede ocasionar flameo por falla del apantallamiento (Shielding Failure Flashover - **SFFO**)
- Impacto en torres o guardas puede ocasionar flameo inverso (Back Flashover - **BFO**), incluso en varios aisladores.

Este último es el tipo de falla más frecuente (>95%) siempre y cuando existan cables de guarda.



Principales Factores y Técnicas de Mejoramiento

Los principales parámetros que afectan la tasa de falla de líneas son:

- Resistencia de puesta a tierra (RPT)
- Densidad de rayos a tierra de la zona (GFD)
- Tensión de flameo de aisladores (CFO)
- Altura de la torre
- Longitud del vano



CINERGY

Principales Factores y Técnicas de Mejoramiento

Los principales parámetros que afectan la tasa de falla de líneas son:

- Resistencia de puesta a tierra (RPT)
- Densidad de rayos a tierra de la zona (GFD)
- Tensión de flameo de aisladores (CFO)
- Altura de la torre
- Longitud del vano

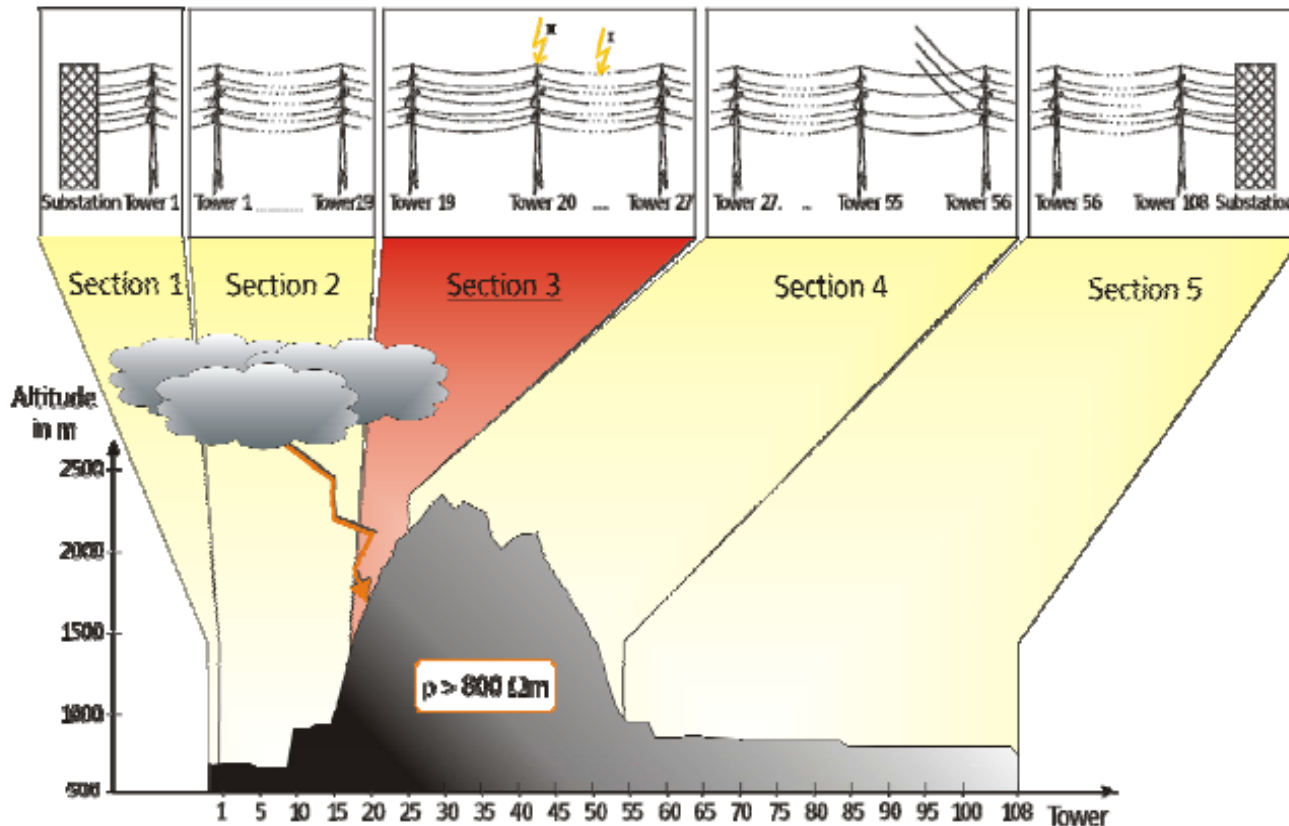
Zonas con mayor tendencia a fallas:

- Zonas rocosas (*alta resistividad del terreno*)
- Picos de montañas y cruce entre estos (*mayor exposición a impactos de rayos. Torres y vanos mayores*)
- Regiones de alta actividad de rayos (*aumenta la posibilidad de impactos de rayos*)



CINERGY

Principales Factores y Técnicas de Mejoramiento



Los parámetros varían a lo largo de la línea y existen tramos más vulnerables

Principales Factores y Técnicas de Mejoramiento

Técnicas de mejoramiento de la tasa de fallas en LT:

Comunes:

- Aumento del nivel de aislamiento
- Reducción de la resistencia de puesta a tierra
- Descargadores de sobretensión para líneas (Transmission Line Arresters - **TLA**)

Otras prácticas:

- Reducción de la altura de torres
- Longitud de vanos menores
- Cables de guarda adicionales
- Templetes o conductores de anclaje

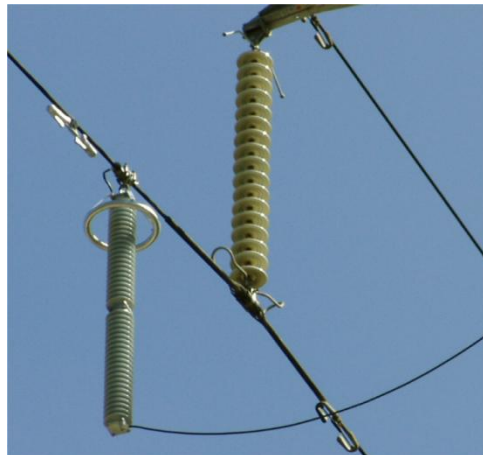


CINERGY

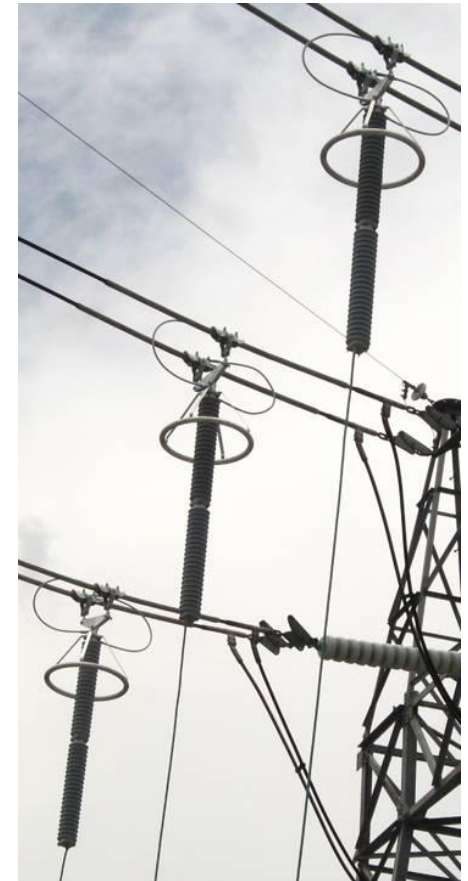
Uso de DST en Líneas

Los Descargadores de Sobretensiones (DST) se han convertido en un elemento de protección indispensable en los sistemas eléctricos modernos.

Su uso en LT permite controlar las ST que experimentan los aisladores y prevenir flameos (fallas a tierra).



<http://www.cinergy-sas.com>





CINERGY

Uso de DST en Líneas

Beneficios:

- ✓ Reduce las salidas de las líneas.
- ✓ Reduce ST por rayos o maniobra que llegan a las subestaciones.
- ✓ Solución viable en zonas de alto nivel cerámico o alta resistividad del terreno, donde otras técnicas no funcionan.
- ✓ No requiere sustitución de aisladores ni cables de guarda extra.



CINERGY

Uso de DST en Líneas

Tipos:

Gapless



Gapped





Ubicación Óptima de DST en LT

Dado que no se requieren DST en todas las torres ni en todas las fases de la LT, se debe hacer un análisis para determinar la cantidad y ubicación óptima de DST con la que se logre una tasa de fallas deseada, considerando:

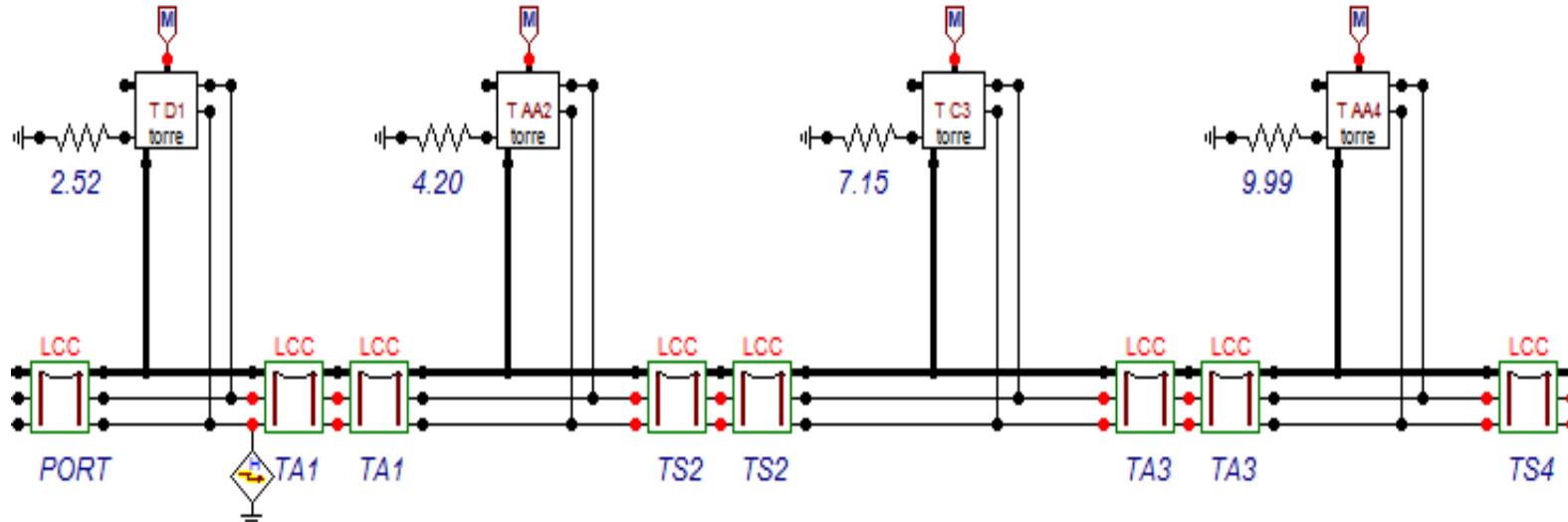
- Componentes de la LT: torres, vanos, aisladores, conductores, resistencia de puesta a tierra, etc.
- Aspectos naturales: densidad de rayos a tierra, topografía y resistividad del terreno.
- Impactos Directos: Aleatorios, a lo largo de toda la LT (en torre y vanos).



Estudios de Caso

Metodología:

Se basa en un modelamiento detallado de toda la LT y cada uno de sus componentes mediante el software especializado ATP/EMTP.





Estudios de Caso

Metodología:

Posteriormente se lleva a cabo un análisis estadístico tipo Monte Carlo con impactos aleatorios de rayos a lo largo de toda la LT, partiendo de un caso base sin DST para el cual se estiman las fallas.

Estos resultados permiten identificar las zonas y torres críticas del sistema, sobre las cuales se proponen distintas alternativas de mejoramiento mediante el uso de DST, nuevamente con simulaciones aleatorias.



CINERGY

Estudios de Caso

Línea	Tensión [kV]	Nr. Ctos.	Longitud [km]	Altura s.n.m.	GFD	RPT [Ω]	Fallas Año Deseadas
PE-1	220	1	106	3,4 a 4,6 km	≈ 2.1	20-60	1,5
PE-2	220	2	331	1,5 a 5 km	$\approx 1,2 - 2$	1- 2000	4,9
PE-3	220	2	186	1,5 a 4,8 km	≈ 3.7	4-1000	2,8
CO-1	110	1	37	0,8 a 2 km	4 – 18	50-250	7,5
CO-2	110	1	54	0,5 a 1,7 km	7 - 33	20-160	10
CO-3	110	1	34	60 a 110 m	22	5-35	6,8

GFD: Rayos/Km2.año. Estimados a partir de nivel cerámico en los casos PE y con mediciones de red de detección local en CO



Estudios de Caso

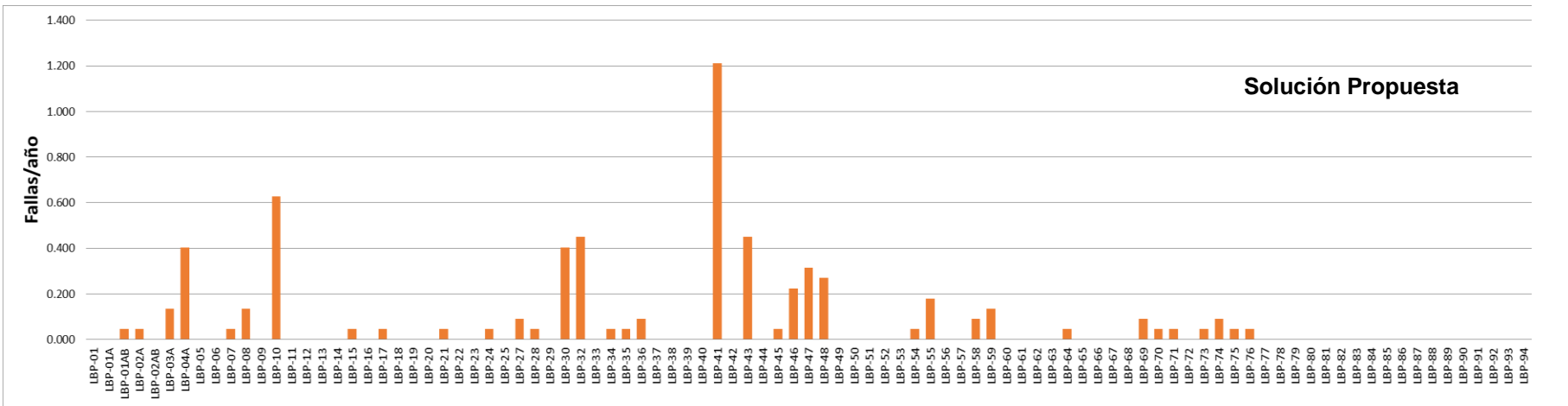
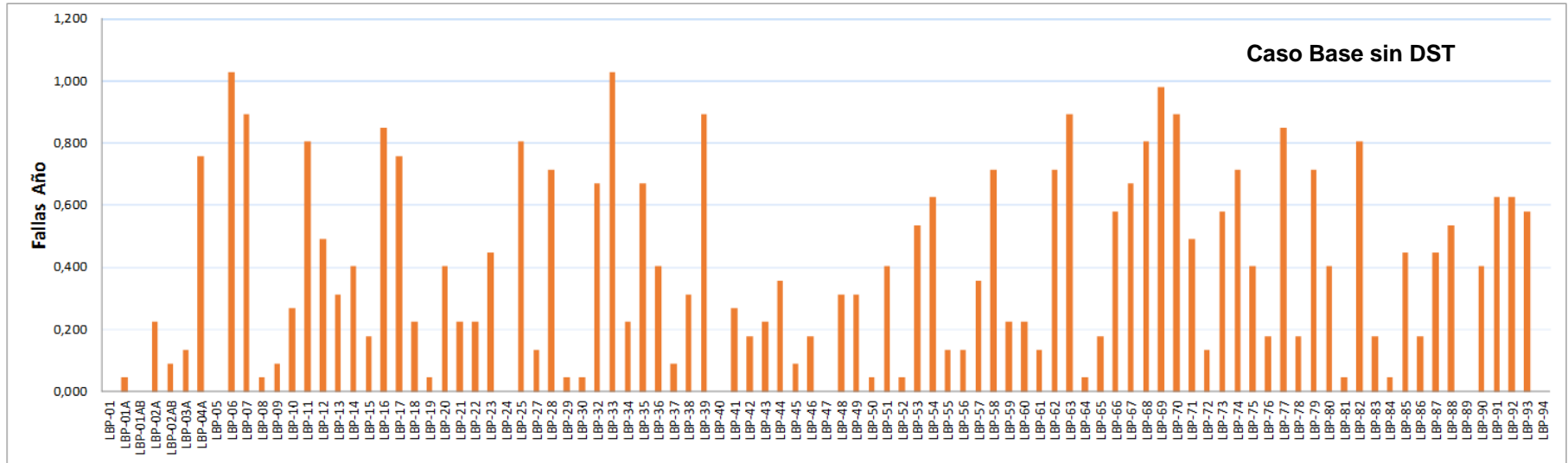
Resultados

Línea	Impactos Simulados	Fallas Año Estimadas Sin DST	Fallas Año Deseadas	Cantidad DST	Torres con DST	Reducción de Fallas [%]
PE-1	40.000	6	1,5	186	70	75%
PE-2	104.000	11,4	4,9	262	53	57%
PE-3	64.000	11	2,8	208	38	75%
CO-1	3.000	50,7	7,5	138	51	85%
CO-2	9.000	81,9	10	212	87	88%
CO-3	4.000	35,7	6,8	162	81	81%



CINERGY

Estudios de Caso





Conclusiones

- Los DST constituyen una solución técnico-económica viable para mejorar tasas de falla en LT por rayos, especialmente en casos de muy alta resistencia, alto GFD o donde otras técnicas no funcionan.
- No se requiere instalar DST en todas las torres ni en todas las fases de la LT. Se debe hacer un análisis detallado para determinar la cantidad y ubicación óptima de DST con la que se logre una tasa de fallas deseada.