



## **Seminario Introductorio**

En el Marco de las  
Jornadas de Ciencia  
y Tecnología - UNaM



**11/ 5/ 18**  
**16 hs**

# **“Como Adaptarnos al Cambio Climático en Misiones y la Región”**



**Consejo Profesional de  
Arquitectura e Ingeniería de  
Misiones (CPAIM)**



**Comisión de Política  
Energética Planeamiento y  
Medio Ambiente (CPAIM)**



# **DESCARGAS ATMOSFERICAS SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFERICO**

**MEDIDAS DE MITIGACION  
COORDINACION DE LA AISLACION**



# **PRIMERA PARTE**

## **CONFORMACION DE LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS**

### **DESCARGAS ATMOSFERICAS SOBRE LINEAS Y ESTACIONES TRANSFORMADORAS (SOBRETENSIONES ATMOSFERICAS**

### **EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA)**

**Ing Eduardo Soracco MP CPAIM 2330**



# NATURALEZA DEL RAYO

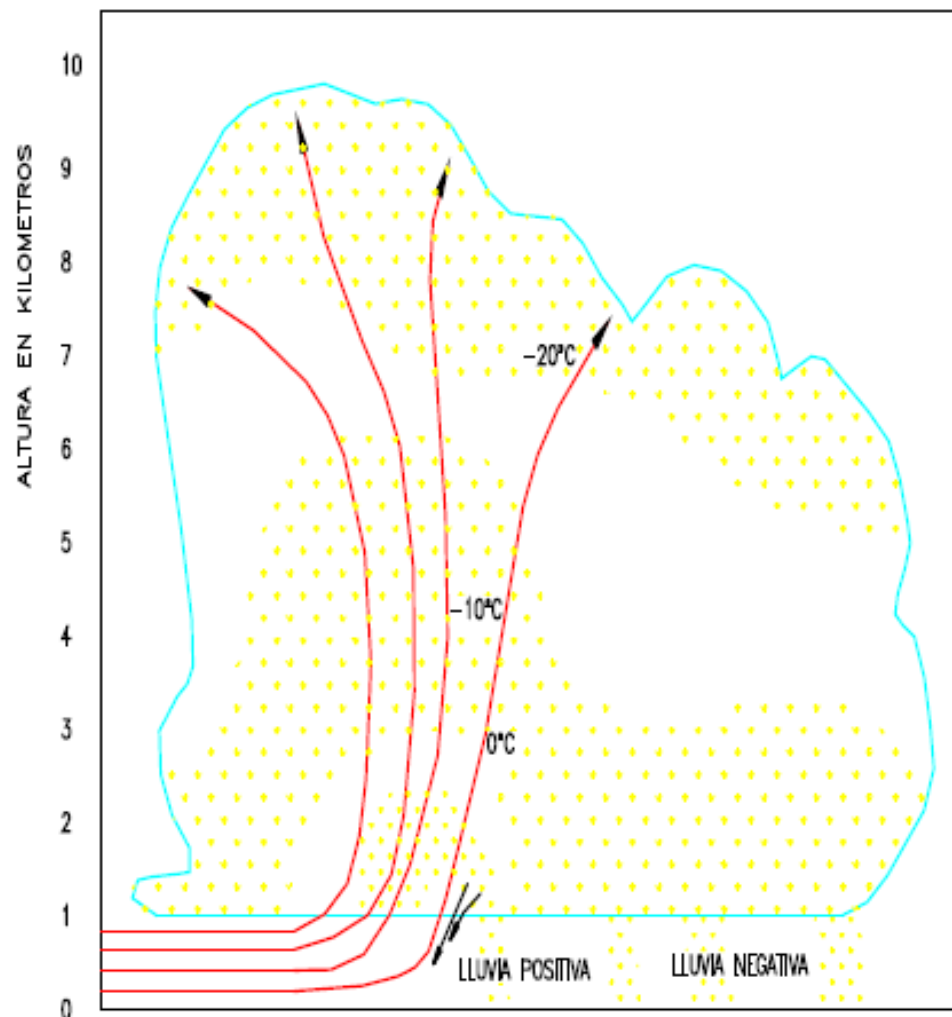
Presenta un Leader ( canal) descendente, que se mueve de a saltos de 50 metros, cada salto dura de 13 a 50  $\mu$ s, su velocidad lenta de 0,10% de la de la luz ( 300.000 km/s), no es visible, corrientes de entre 50 y 200 A, y potencial de 50 MV.

Se genera el Leader ascendente el cual drena a tierra la carga espacial creada por el leader descendente.

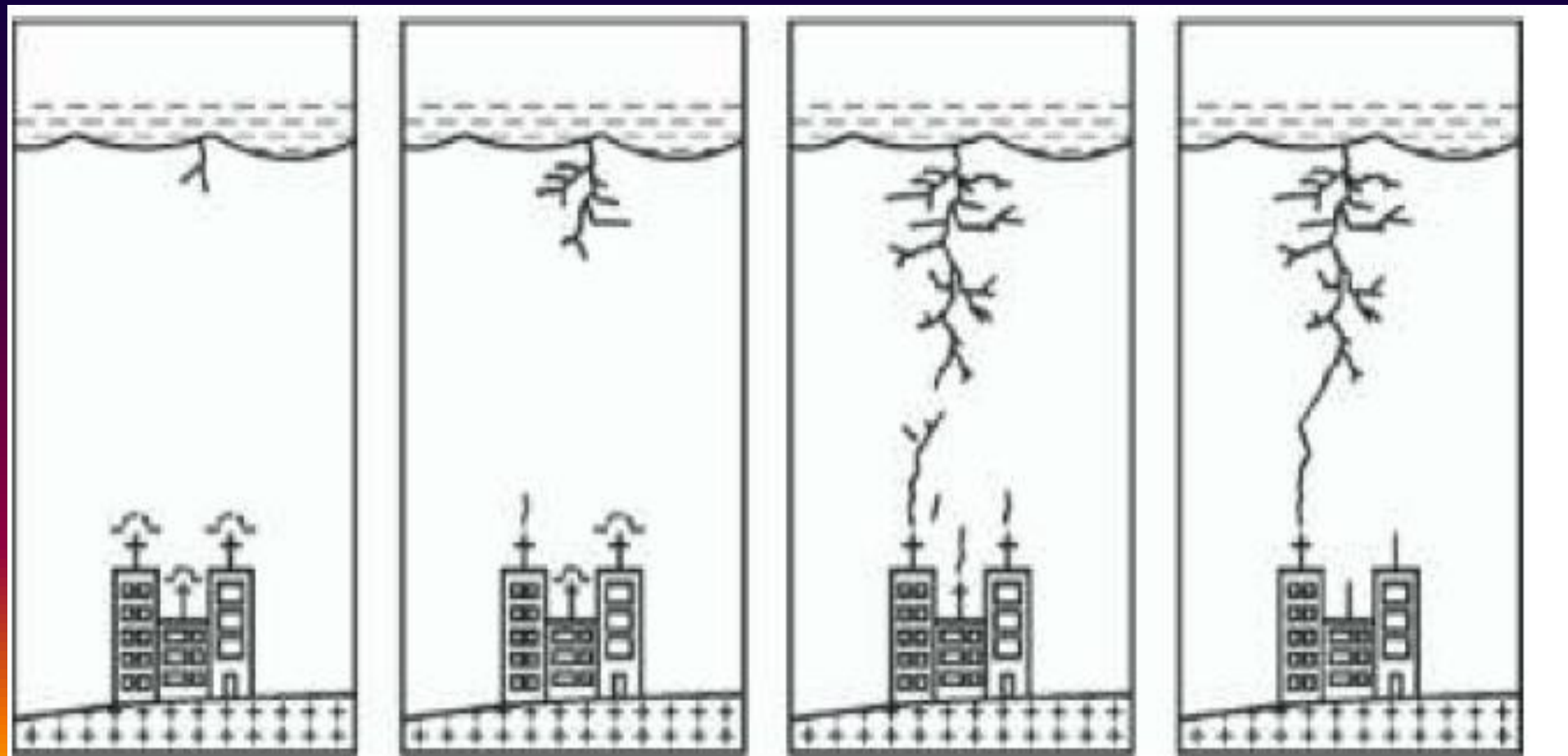
Velocidad del rayo del orden del 10% al 30% de la de la luz, es visible a los ojos, Intensidades de hasta 200 kA, (media de 30kA), temperatura 5 veces superior a la del sol, originando ondas de presión, produciendo el trueno. (Temperatura del sol 29000 °C)



Cúmulus Nimbus.  
1000 a 12000 metros.  
Vientos 300 K/h.  
Cargas + y -.



Polaridad: el 85 al 95 % de los rayos que caen son negativos. La mayoría de los rayos de polaridad positiva solo tiene una sola descarga.



Normalmente las descargas de polaridad positiva suelen ser muchos más severas y suelen recorrer mayor distancia.

Si bien no se conoce en forma detallada el modo en que se separan las cargas, si se sabe que la condición para la formación de nubes cargadas es el choque entre una corriente de aire cálido y una corriente de aire frío.

Durante éste choque se producen corrientes verticales ascendentes y descendentes que son capaces de separar los electrones en las moléculas de aire. Éstas cargas libres se alojan en las gotitas de agua o de granizo de la nube produciéndose así una separación efectiva de cargas.



En el momento en que comienza la descarga el campo eléctrico a nivel de tierra suele situarse:

$15 \text{ kv/m} \leq E \leq 25 \text{ kv/m}$ .

- Se produce una ruptura preliminar en la nube, lo cual da lugar a la formación del líder descendente (STEPPED LEADER).

El líder descendente es un canal ionizado negativamente que avanza buscando conectar con la tierra, la cual se encuentra con polaridad positiva por inducción.

- Rayo positivo de tierra a nube.
- Rayo positivo de nube a tierra.
- Rayo negativo de tierra a nube.
- Rayo negativo de nube a tierra

Cuando el lider, esta por dar el ultimo salto, la introduccion sobre los objetos de tierra alcanza para que estos, a su vez, generen lideres ascendentes ( de polaridad positiva) que salen en busca del lider descendente.

Por lo general son los objetos con formato en punta como antenas, arboles vertices de los edificios, etc, los que son capaces de liberar el lider ascendente. Todos ellos compiten para conectar y aquel que llega primero se transforma en el punto de impacto del rayo.

Completando este proceso se puede decir que la nube se encuentra en cortocircuito con la tierra y entonces se desarrolla la descarga principal.

La tierra comienza a enviar una corriente (conocida como onda de retorno), que neutraliza al líder y una porción de la nube.

Esta es la parte destructiva de la descarga porque se desarrollan picos de corrientes muy altos. En promedio el pico puede ser de 30 KA pero puede oscilar desde unos pocos Ka hasta 200 KA.

Normalmente aquí no termina el proceso. Como la nube no es neutralizada completamente suele haber otro líder descendente, que ahora progresa en forma continua, otra onda de retorno y así sucesivamente (valor típico 5 descargas). Estas descargas posteriores circulan por el mismo camino establecido por la primer descarga.





## Descargas subsiguientes:

Otra porción de la nube descarga a tierra, se la observa a simple vista, el camino ya está ionizado por lo que la velocidad es mayor. La corriente es alrededor del 40 % de la primera descarga.

El 45% de los rayos presentan solo una descarga y el 55% de las descargas esta compuesta por más de un rayo, hasta 54% de promedio de tres rayos por descarga, y con una separación de 45 milisegundos

Hay escasa correlación entre la amplitud del primer rayo y los subsiguientes. Presentan un frente de onda mas abrupto. Para descargas de poca amplitud (hasta 20 kA) hay un 12% de probabilidad de que las descargas subsiguientes tengan una amplitud mayor que la primera.

Los Parámetros que intervienen en su forma son :

Magnitud y frecuencia de aparición,

Características propias de la actividad atmosférica,

Particularidades constructivas,

Configuración de sistema eléctrico

Hay tres causas principales, asociadas con líneas aéreas:

Contorneos inversos,

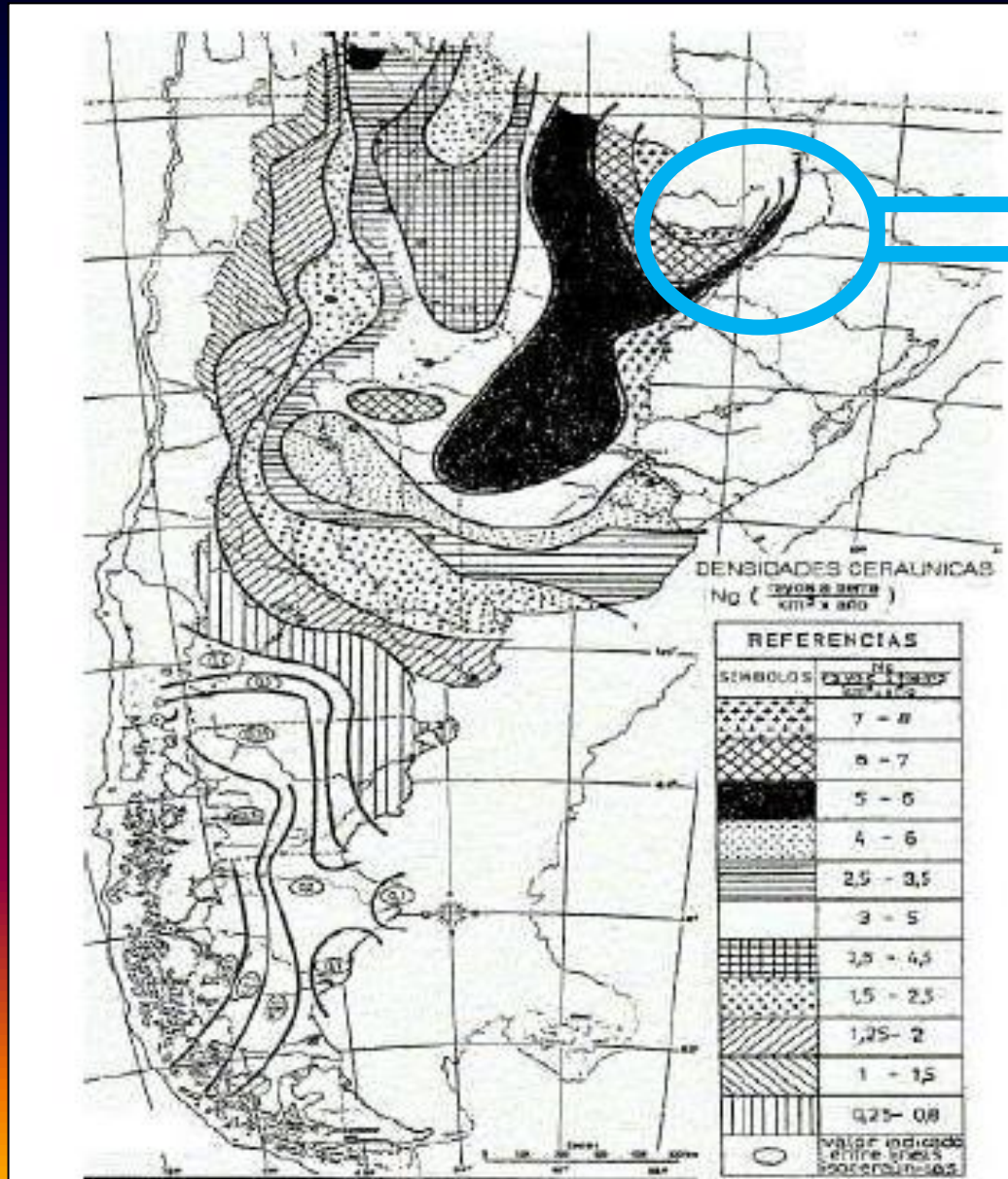
Impactos directos en la fase

Sobretensiones inducidas

En estaciones transformadoras, las descargas directas son muy raras salvo que la estación sea demasiado grande o que la actividad atmosférica sea muy elevada en la región.



Ng ( densidad de descargas atmosféricas por unidad de tiempo. Ng = ( Número de descargas / Km<sup>2</sup>-año )



MISIONES

Ng

5-6

6-7

7-8



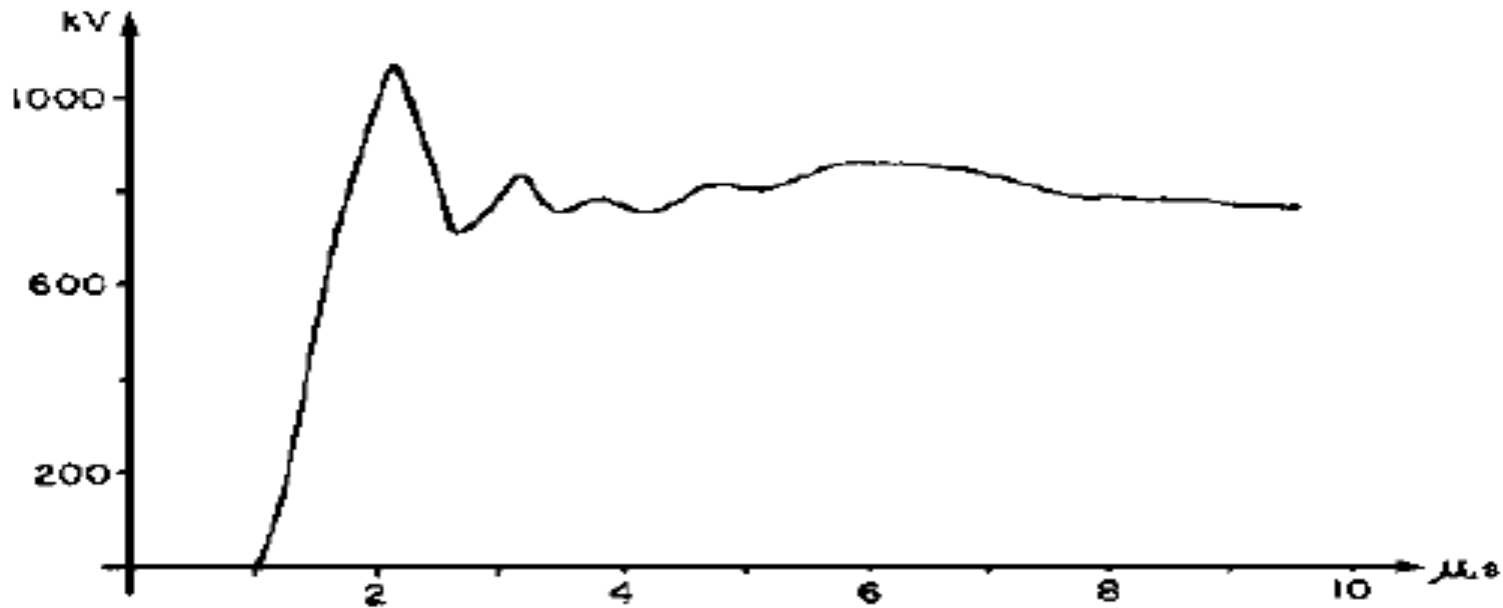


## ORIGEN DE LAS SOBRETENSIONES:

Históricamente las sobretensiones se clasificaron por su origen, externas e internas, las primeras debidas a rayos( descargas atmosféricas) y las segundas debidas particularmente a maniobras en la red electrica.

Las sollicitaciones en los equipamientos de un sistema eléctrico se originan por diversas causas y su estudio depende mucho del tipo de evento investigado.

La siguiente figura presenta un ejemplo típico de una sobretensión atmosférica, obtenida en bornes de un transformador en un estudio de inyección de sobretensiones en una Estación Transformadora, incluyéndose, por lo tanto, el efecto de los descargadores que limitan la amplitud de la sobretensión.





# LINEA DE 500 KV



# ESTACION TRANSFORMADORA 550/132 KV



24 2 2008



# TRANSFORMADOR DE 500 KV



21/04/2008



**LINEAS DE 132 KV**





## Causas y efectos:

Las causas de sobretensiones pueden ser varias, y se enumeran a continuación las más frecuentes.

Los cables (hilos) de guardia o los conductores de fase pueden ser afectados por descargas atmosféricas, en algunos casos la descarga

incide en los cables de guardia y se propaga (contorneo inverso) a los conductores.

Estas descargas son causa de ondas de sobretensión que se desplazan por las líneas del sistema, alcanzando las estaciones eléctricas y solicitando los elementos de la red.

Las ondas de sobretensión, llamadas ondas viajeras se reflejan y refractan en los puntos de discontinuidad de la impedancia de las líneas variando su forma.



Una nube cargada produce sobretensiones estáticas de inducción capacitiva, y al desplazarse o descargarse la nube, la sobretensión en la línea se desplaza en forma análoga a las sobretensiones atmosféricas.

Efectos análogos al frotamiento, debidos al viento (seco) producen cargas electrostáticas en las líneas.

Pueden producirse contactos entre una parte del sistema de tensión inferior, con un sistema de tensión más elevada, y en consecuencia se presentarán peligrosas sobretensiones en el sistema de tensión inferior.

# Comparación de las sobretensiones



Sobretensiones atmosféricas se presentan particularmente en redes expuestas, ante fallas del blindaje dado por el hilo de guardia ( la descarga es directa eludiendo el blindaje del hilo de guardia) y la sobretensión puede provenir de la línea o producirse en la estación, que son las partes de la red eléctrica expuestas a la atmósfera.

La descarga en la estación es poco probable, por la superficie relativamente reducida, en comparación a la línea, es decir que es más probable que las sobretensiones lleguen desde las líneas.

Además presenta una cobertura de hilos de guardia mayor que para una línea de transmisión.

La descarga puede ser directa pero un buen blindaje garantiza contra este efecto. También puede producirse contorneo inverso de la cadena de aisladores.

Esta situación es muy poco probable que se presente en la estación por la baja resistencia de puesta a tierra de la misma, pero es probable en la línea (porque la resistencia de tierra de los soportes es elevada), y de esta manera se originan las sobretensiones atmosféricas que penetran a la estación.

Las líneas de media tensión ( menores a 33 KV), se realizan sin cables de guardia, ya que este no es de utilidad debido a los aisladores que presentan baja aislación, respecto de las tensiones correspondientes a descargas atmosféricas, y por lo tanto toda descarga es acompañada por contorneo de los aisladores.







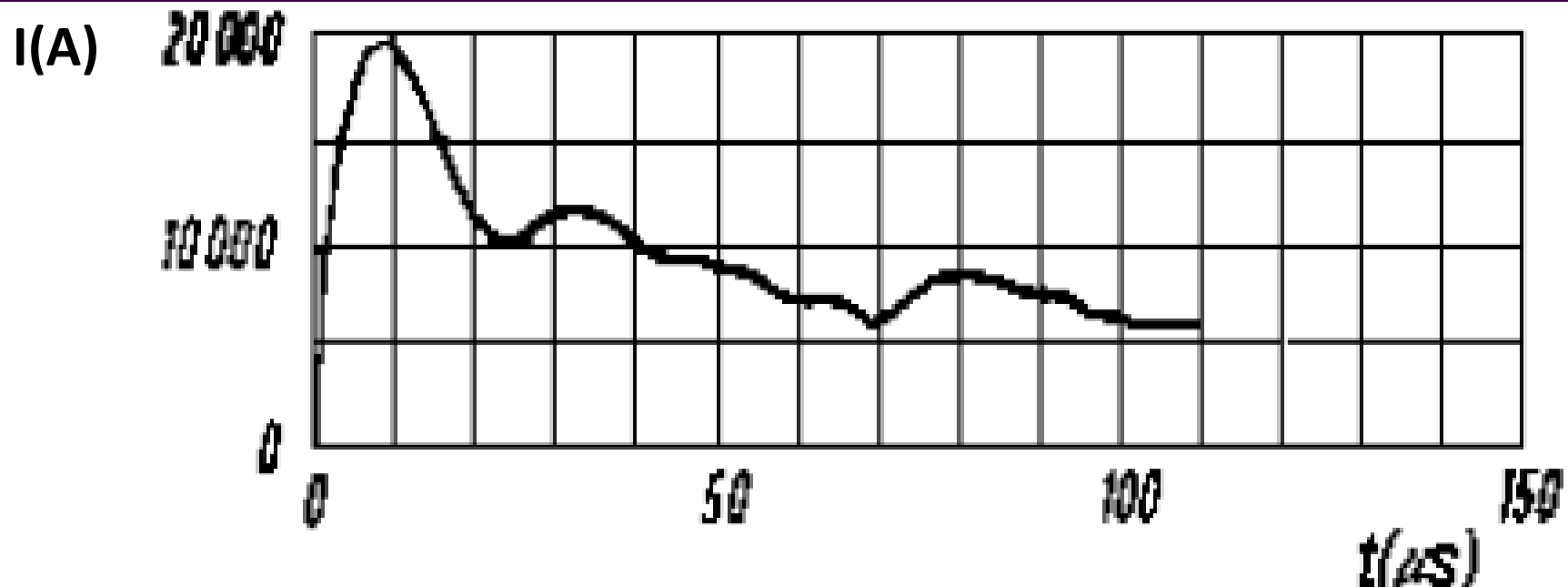
Las sobretensiones atmosféricas, conducidas por las líneas, sufren en la estación reflexiones múltiples que deben ser evaluadas a fin de comprobar que los valores alcanzados se mantienen bajo control.

Mientras que las sobretensiones atmosféricas afectan una sola fase, o afectan a todas las fases en forma similar, las sobretensiones de maniobra afectan a dos o las tres fases simultáneamente pero no de manera similar; es entonces importante el estudio de su efecto sobre la aislación fase-fase.

Cada punto del sistema eléctrico se caracteriza por distintos valores de sobretensiones de los distintos tipos, o de otra manera estos valores se determinan por métodos estadísticos

# Características de las sobretensiones atmosféricas

La observación ha demostrado que la corriente debida a los rayos presenta en cada caso características distintas. El único elemento común a todos los rayos es la forma de la corriente: no es oscilatoria, es unidireccional es decir de una única polaridad. El comportamiento típico de la corriente de un rayo se indica en la figura siguiente:



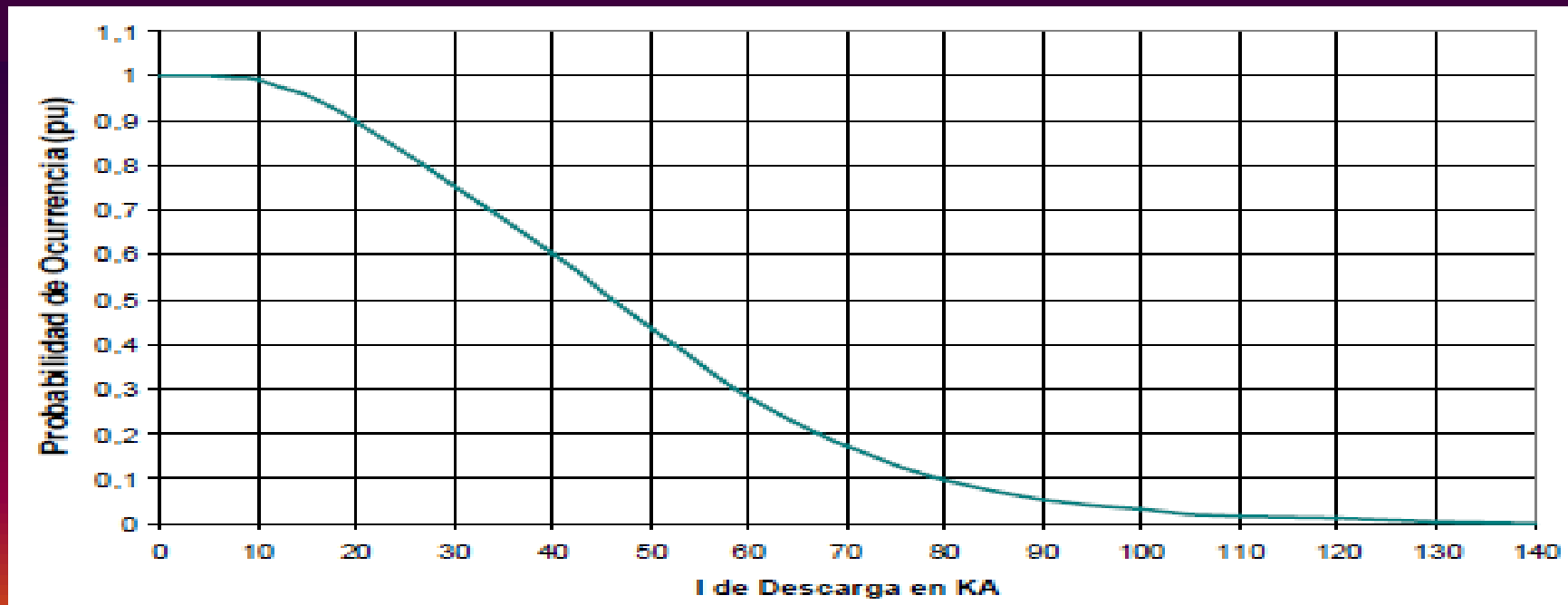
En la onda de corriente se pueden distinguir: o el frente, lapso que va desde el inicio de la onda a su valor de pico; o la cola, parte que sigue al frente. En general las magnitudes características de la onda de corriente se encuentran dentro de los siguientes límites:



duración del frente: 0.5 a 20  $\mu$  s; o duración del semivalor en la cola: 15 a 90  $\mu$  s;

La amplitud de la corriente de descarga alcanza sólo en un pequeño porcentaje valores del orden de 100 a 150 kA, en el 80% de los casos la corriente de descarga es inferior a 40 kA.

### curva de probabilidad de ocurrencia



La onda de corriente está relacionada con la onda de tensión a través de la impedancia que ven en su avance.





# Propagación de las sobretensiones atmosféricas

En el caso de líneas aéreas la velocidad de propagación alcanza valores alrededor de  $300 \text{ m}/\mu\text{s}$ , es decir prácticamente la velocidad de la luz, mientras que la impedancia característica

$$Z = v(l/c)$$

(donde  $l$  y  $c$  son la inductancia y la capacidad por unidad de longitud de la línea) es un valor bastante constante alrededor de  $400$  a  $600 \ \Omega$ .

En el caso de cables la velocidad de propagación resulta de  $150$  a  $160 \text{ m}/\mu\text{s}$ , y la impedancia característica alcanza valores más bajos, entre  $30$  a  $50 \ \Omega$ .

**La incidencia de las descargas atmosféricas en los sistemas eléctricos se debe analizar en sus tres aspectos principales:**

**a) Falla de blindaje, se analiza la incidencia de la descarga directamente sobre el conductor. La ocurrencia de una falla de aislamiento depende principalmente de la intensidad de la descarga de la corriente del rayo, de la impedancia de onda de los conductores, aislamiento del sistema y del valor de la tensión de fase en el instante de la descarga.**

**b) Contorneo inverso: la descarga incide en la torre o el cable de guardia, pero se propaga a los conductores. Este estudio involucra una gran cantidad de parámetros de origen aleatorio (corriente del rayo, aislamiento del sistema, puesta a tierra de las torres, etc) y por esta razón se lo trata generalmente con métodos estadísticos.**

**c) Acoplamiento capacitivo: la descarga incide en las proximidades de la línea, y la sobretensión inducida es causa de una descarga. Para líneas de más de 69 kV la posibilidad de que ocurran fallas por esta razón se considera despreciable.**



## FALLAS DE BLINDAJE DESCARGAS DIRECTAS

Una descarga atmosférica impactando directamente en el conductor de fase, desarrolla una elevada sobretensión, la que en la mayoría de los casos provocará la falla de aislación de la línea.

El 50% de los rayos supera los 30 kA, y por ejemplo un rayo de 30 kA impactando en un conductor de fase de una línea desarrollará una tensión de:

$$V = I Z / 2 = 30 * 400 / 2 = 6000 \text{ kV}$$

Habiendo supuesto la impedancia de onda de la línea de 400 ohm, el 2 tiene en cuenta que la línea se prolonga hacia ambos lados del impacto.

Obviamente líneas y equipamientos no pueden ser aislados para soportar sobretensiones de este orden. La alternativa es limitar las sobretensiones a valores inferiores. Esto se consigue utilizando cables de guarda de manera de blindar los equipamientos y circuitos contra descargas directas.

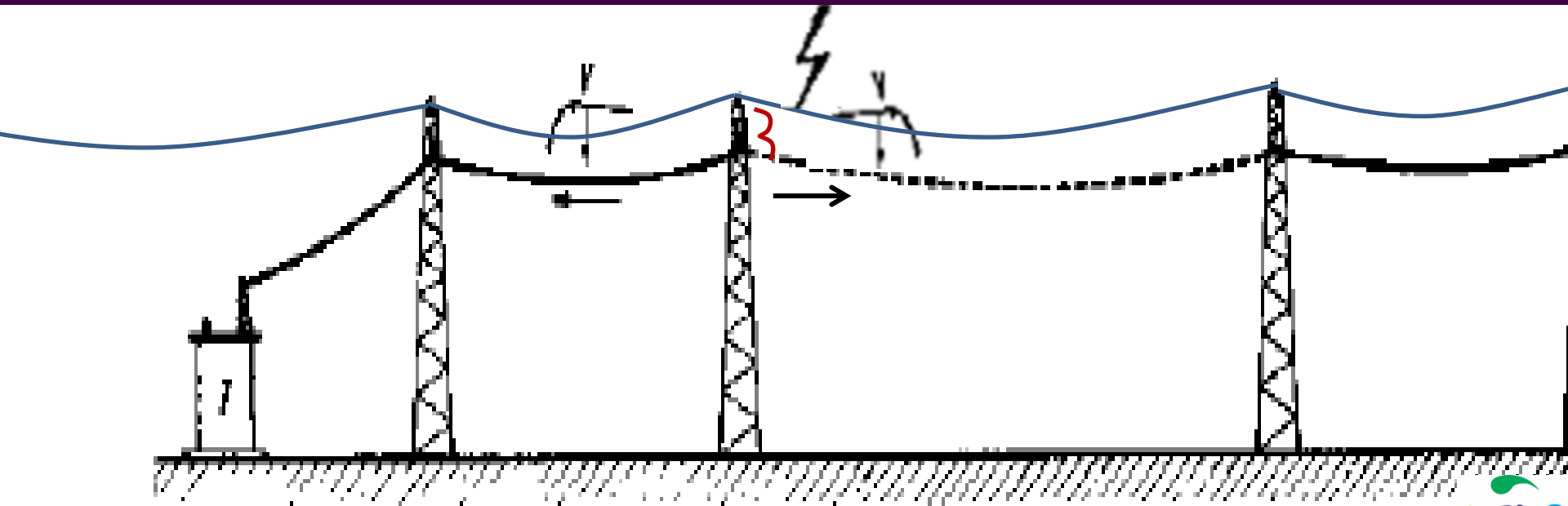




## Contorneos Inversos:

La descarga se produce en la torre o en el hilo de guardia, pero origina una sobretensión tal que causa el cebado de la cadena de aisladores, con lo cual la sobretensión se propaga a los conductores de fase.

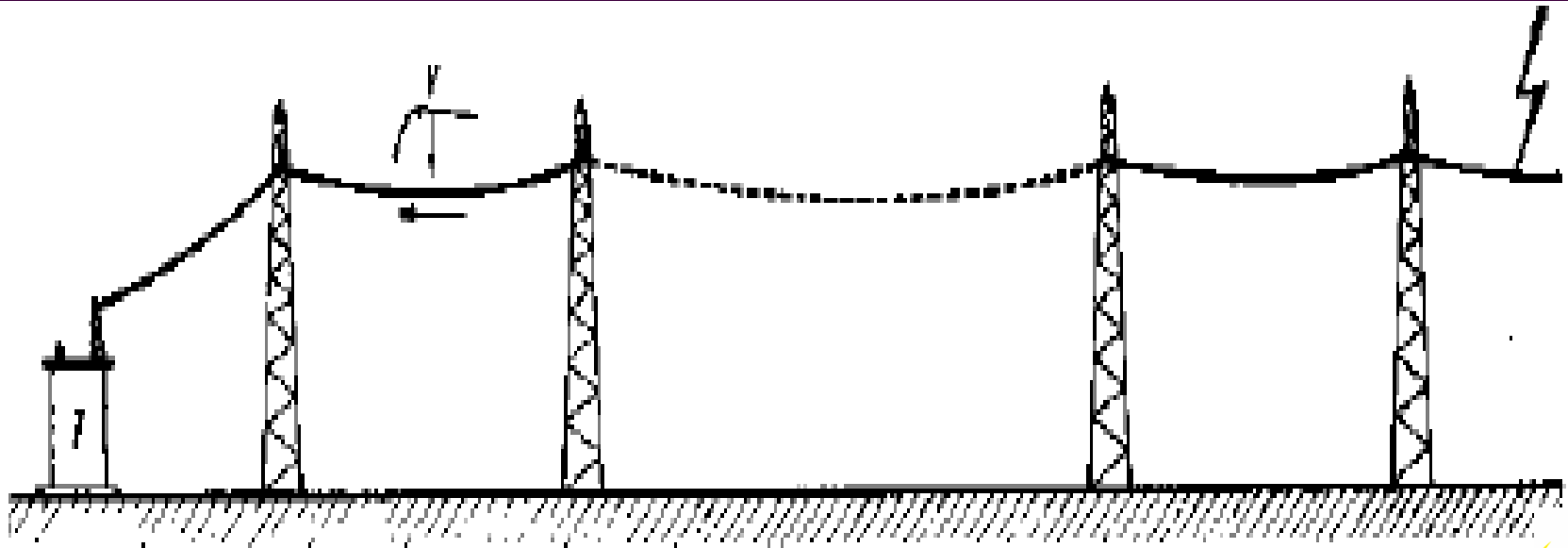
**Es fundamental el mantenimiento permanente de las puestas a tierra del hilo de guardia y la estructura soporte.**



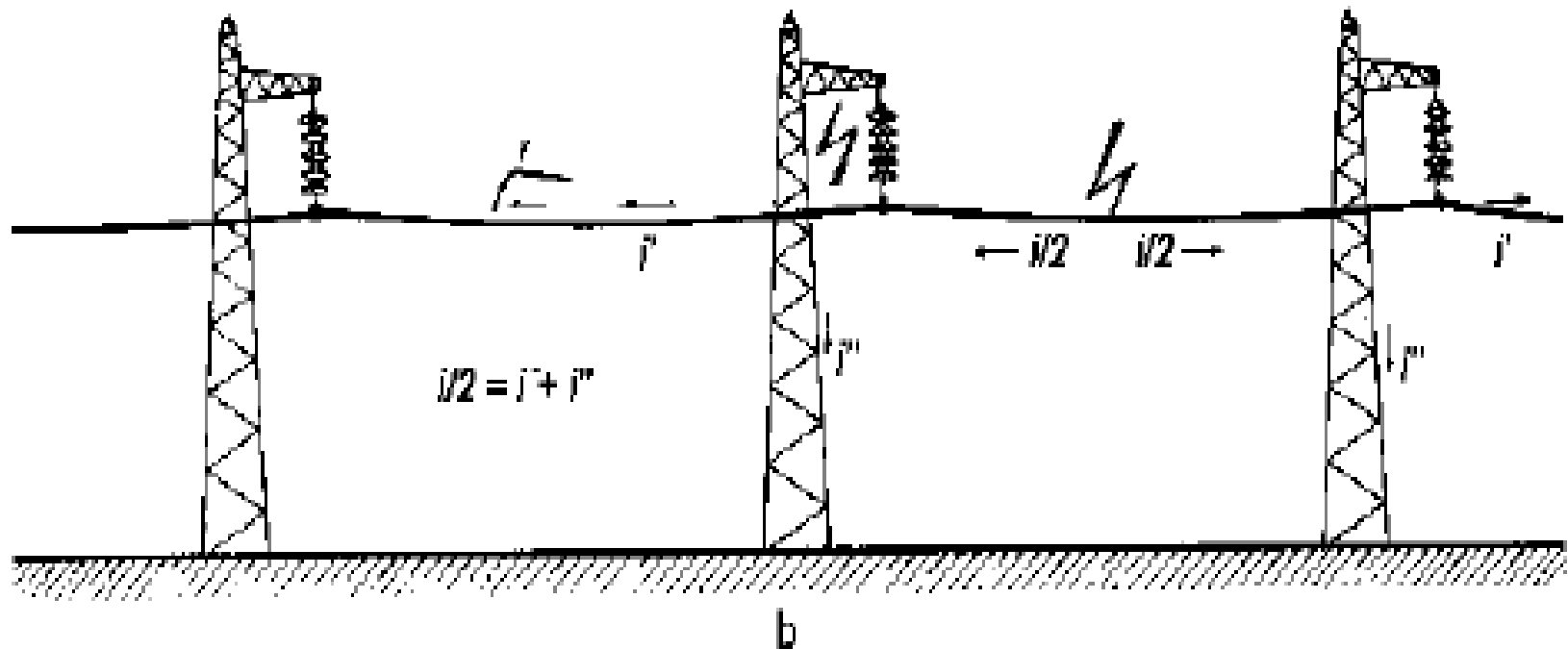
- **Impactos directos:** La descarga elude el blindaje de la línea, e impacta directamente en los conductores de fase. Esto se denomina comúnmente como “Falla de Blindaje”.



El comportamiento del fenómeno se puede sintetizar en dos casos que dependen de lo que se produce en el momento en que la sobretensión alcanza la primera cadena de aisladores: o si la amplitud de la sobretensión es menor de la que provocaría un arco eléctrico en la cadena de aisladores, la onda se propaga a lo largo de la línea manteniendo su forma y termina alcanzando los aparatos que se encuentran en la extremidad de la línea, figura a.



o si la sobretensión alcanza una amplitud tal de provocar el arco en la cadena de aisladores, la corriente del rayo se descarga hacia tierra y la onda de tensión se trunca. Esta onda truncada se propaga alcanzando los aparatos ubicados en la extremidad de la línea, figura b.



A medida que aumenta la tensión, las solicitaciones de origen atmosférico disminuyen su importancia para la determinación de las distancias, siendo la tasa de fallas inferior debido al aumento del nivel de aislación de las líneas de acuerdo a la siguiente tabla

## **Numero de fallas por año para distintas tensiones nominales**

<b>Unominal kV</b>	<b>fallas / 100 km año</b>
<b>11 a 66</b>	<b>3 a 7</b>
<b>132</b>	<b>0.6</b>
<b>132 y mas</b>	<b>0 a 0.3</b>





Descarga directa de un rayo sobre una línea aérea de tendido eléctrico



Descarga directa de un rayo sobre un pararrayos o el tejado de un edificio

Los parámetros que intervienen en una descarga, son el valor de cresta del primer impulso, y los subsiguientes., la forma de onda de la corriente, los factores de correlación entre los parámetros, número de impulsos por descargas, densidad de descargas a tierra  $N_g$ , y por ende la acción conjunta de estos ítems.

En líneas menores a 300 KV las sobretensiones externas son mas severas que las de origen interna. En cambio para líneas mayores a 300 KV las sobretensiones de origen interno son más severas que las de origen externo.

El diseño de la línea frente a descargas atmosféricas implica la determinación de: distancias eléctricas, cantidad de aisladores, Angulo de blindaje, y puesta a tierra.



Estas sobretensiones pueden solicitar peligrosamente los aislantes de las máquinas (transformadores en particular) y de los aparatos con consecuencias a veces graves.

Un dato básico para el diseño de una línea de media y alta tensión frente a este tipo de sobretensiones, es la frecuencia de caída de rayos por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Esta frecuencia se expresa en número de rayos por  $\text{km}^2$  y por año, en la se muestran las densidades ceraúnicas para las distintas zonas.

Este valor es función del nivel isoceráunico de la zona, que es el valor medio de los días de tormenta al año en dicha zona, en la se muestran estas curvas de niveles. Los niveles y densidades ceráunicas continentales de la República Argentina.





## Sobretensiones Inducidas:

La descarga cae a tierra en las proximidades de la línea, y por acoplamiento capacitivo e inductivo se producen sobretensiones inducidas en los conductores de fase de la misma.( consideradas solo en sistemas de hasta 66 KV).

Parámetros que inciden en el comportamiento de la línea: Impedancia de onda de las torres o estructura, resistencia de puesta a tierra, impedancia de onda de los hilos de guardia, factor de acoplamiento entre hilos de guardia y conductores de fase, BIL de la cadena de aisladores.



Incremento del potencial de tierra



Campo magnético



Campo electrostático





# **FUNCION DE LOS DESCARGADORES DE SOBRETENSION EN EQUIPOS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

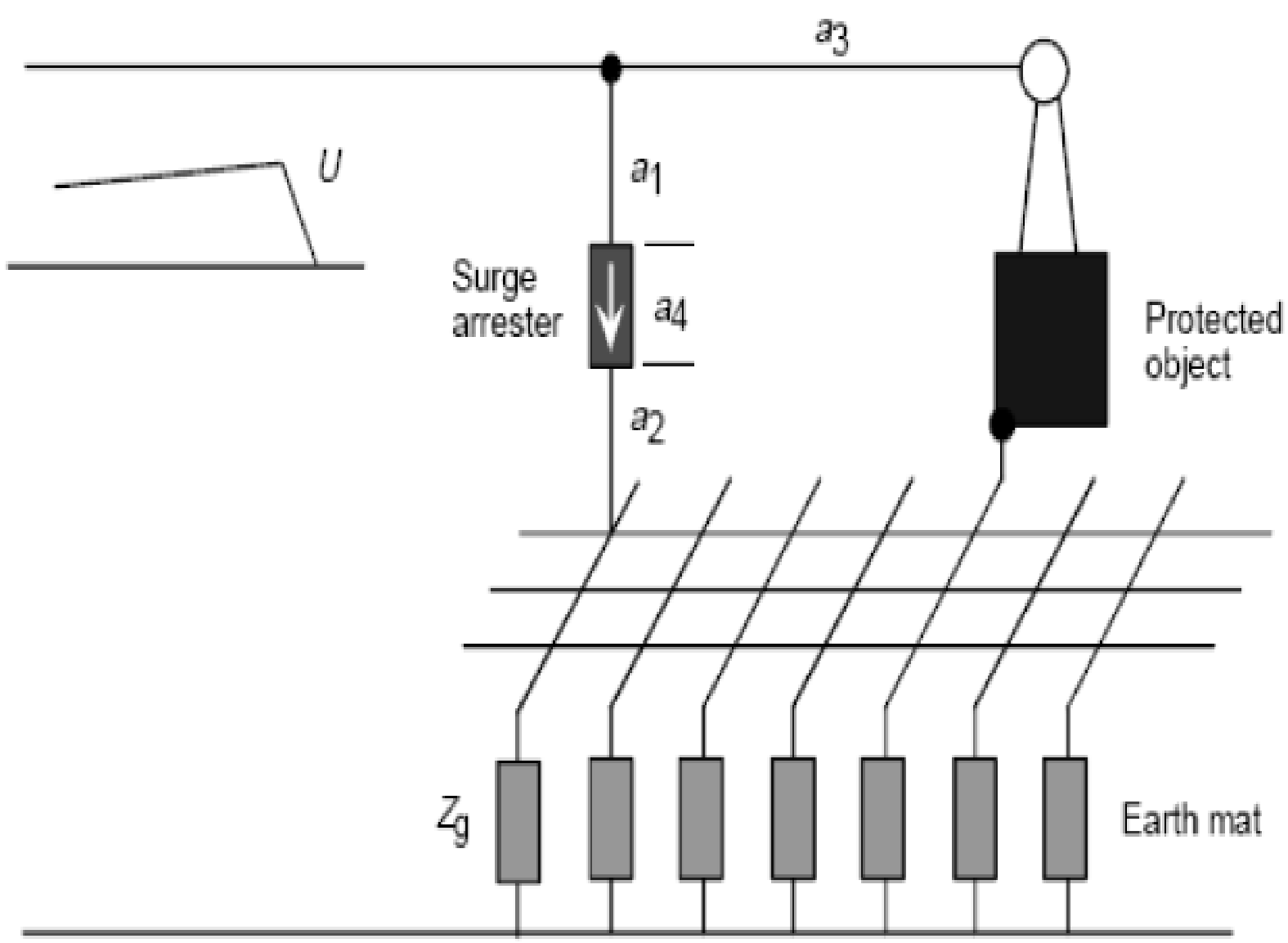
Un descargador e sobretensión ( pararrayo) es un dispositivo para descargar a tierra sobretensiones originadas por descargas de origen externo (atmosféricas) y sobretensiones de origen interno ( maniobra y temporarias) minimizando dichos sobretensiones y evitando que se dañe la aislación de los equipos eléctricos y las instalaciones complementarias.

El descargador en condiciones normales se comporta como un elemento aislante poseyendo una pequeña corriente de drenaje ya que el mismo no es un aislador perfecto. Por lo tanto en esas condiciones disipa valores muy pequeño de energía.



Al originarse sobretensiones tanto de origen interno como externo, el descargador deja de comportarse como un elemento aislante y actúa drenando una gran intensidad de corriente a tierra, disminuyendo el nivel de sobretensiones en los equipos que protege el mismo. Luego que la sobretensión originada haya desaparecido, el descargador vuelve a las condiciones iniciales.

La utilización de descargadores en el control de sobretensiones permite que se reduzcan los niveles de aislamiento de diversos equipamiento en sistemas de transmisión. De esa manera se constituyen un elemento indispensable para la coordinación de la aislación.



# Bibliografía

Curso de postgrado “Transitorios Electromagnéticos en Sistemas Electricos de Potencia” Instituto de Investigaciones Tegnologicas para Redes y Equipos Electricos IITREE Facultad de Ingenieria Universidad Nacional de la Plata

PLAN DE CAPACITACIÓN ELECTROENERGÉTICA  
Curso de posgrado  
**DISEÑO, PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN  
DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

 ASOCIACIÓN ATEERA

 CONSEJO FEDERAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Schneider Electric

 Merlin Gerin

 LIGHTNING  
PROTECTION  
DEVICES

**ABB**





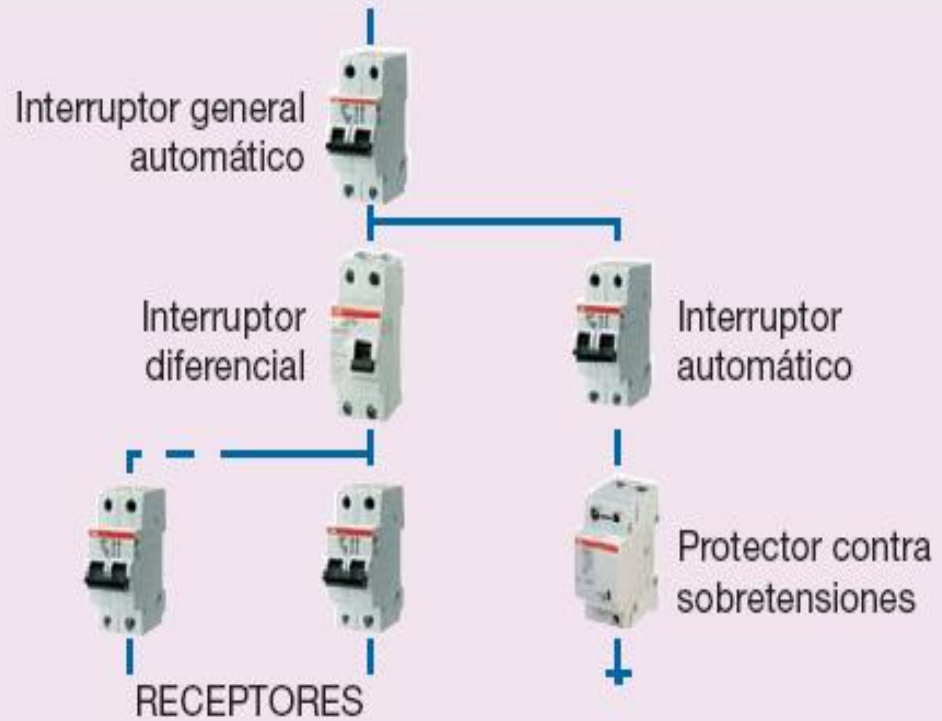
## **SEGUNDA PARTE**

# **PROTECCION DE EQUIPOS ELECTRICOS, ELECTRONICOS, TELEFONICOS Y REDES DE COMUNICACION ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS**

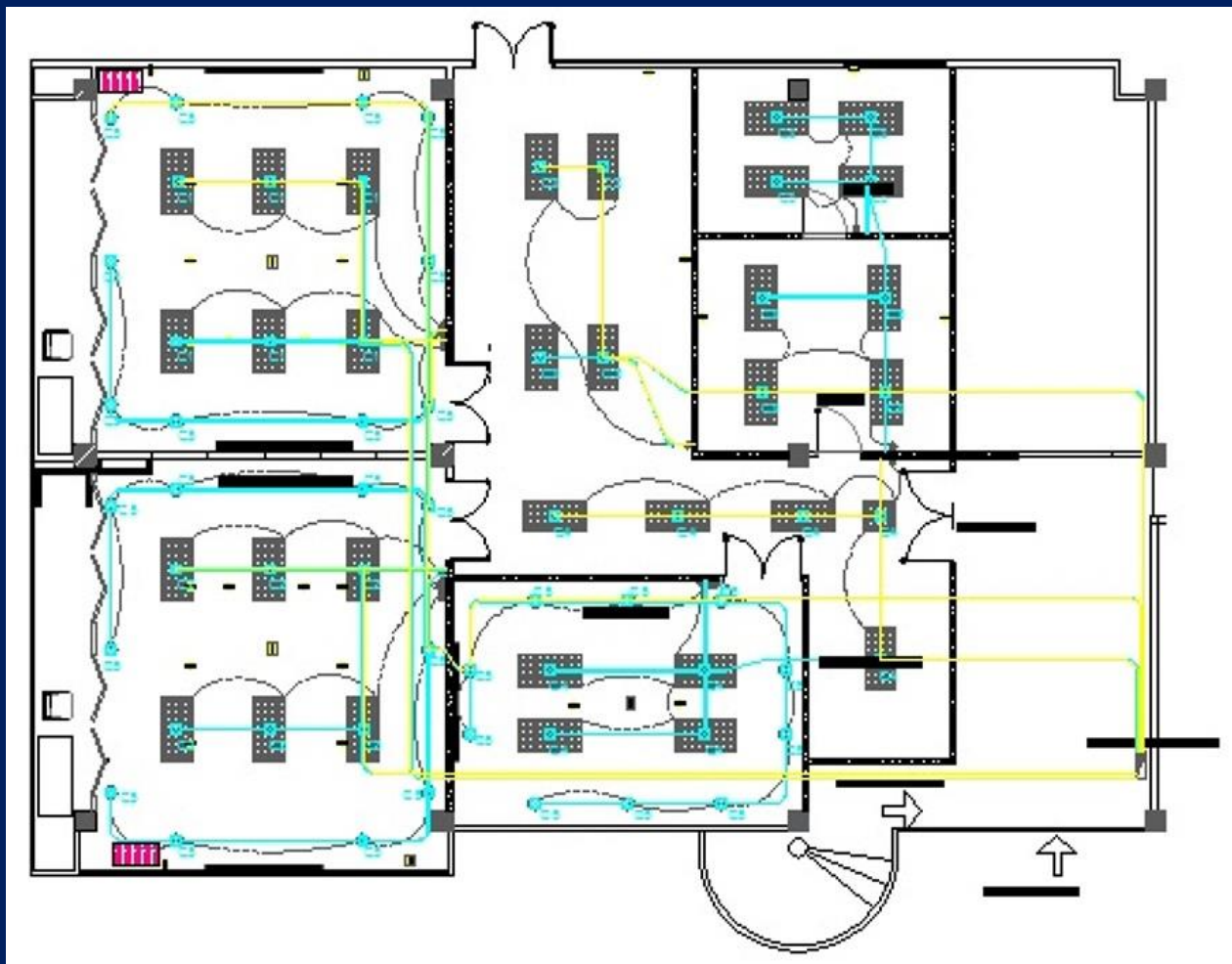
**Ing Sergio Rene Roko MP 2722 CPAIM**

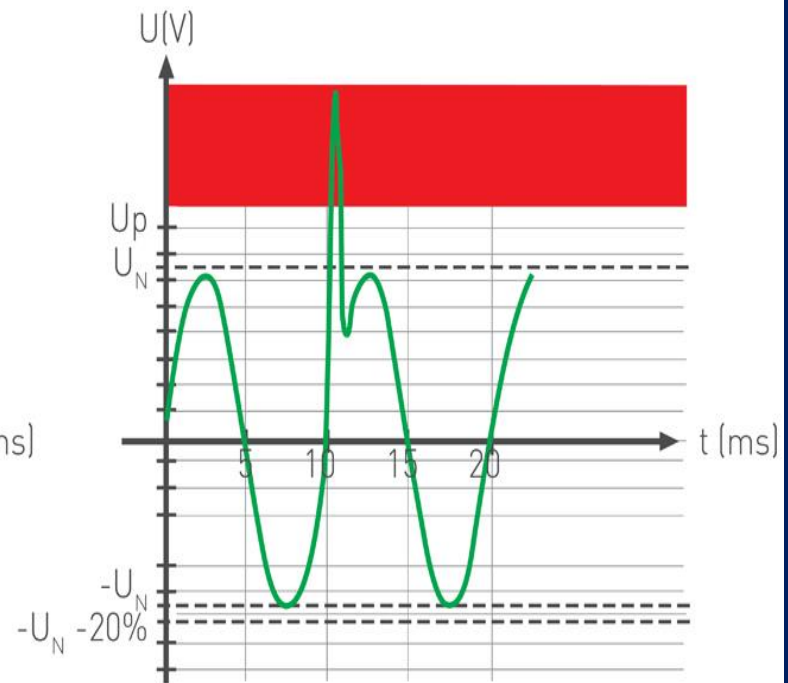
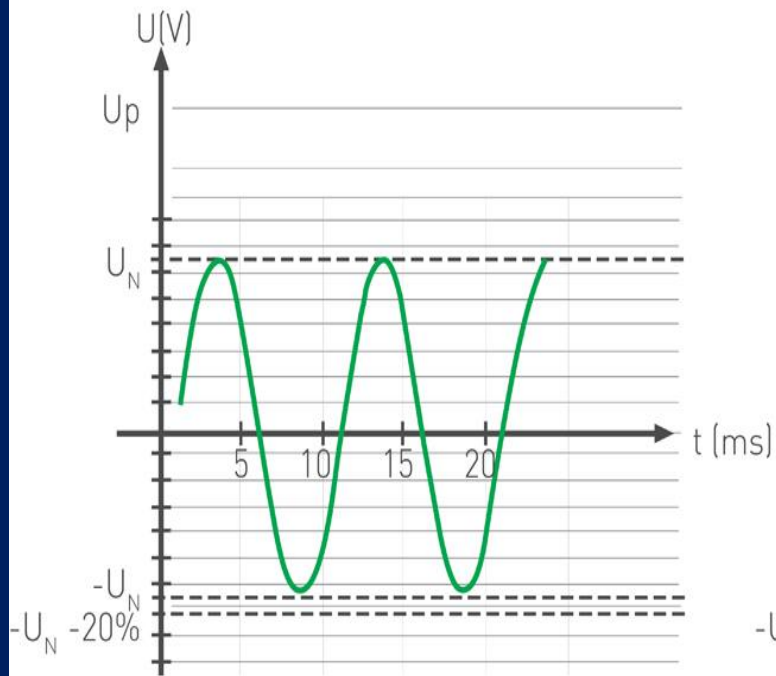












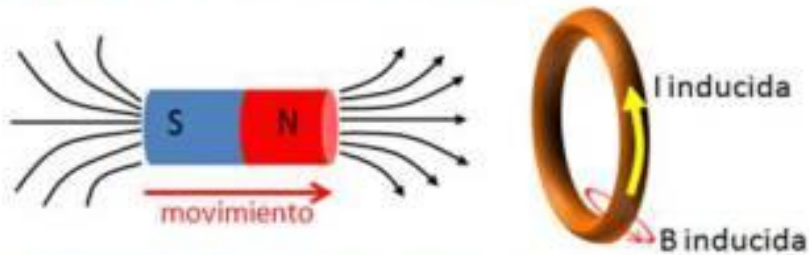
■ Área de destrucción



## Ley de Lenz

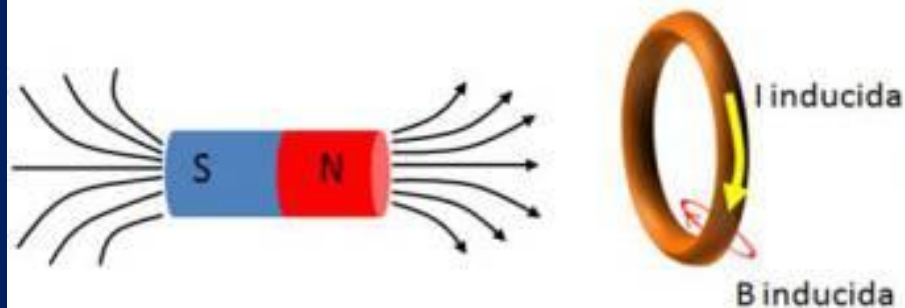
La fem inducida tiene un sentido tal que sus efectos tienden a oponerse a las causas que lo producen.

Al acercar el polo norte de un imán



Debilita el campo magnético principal

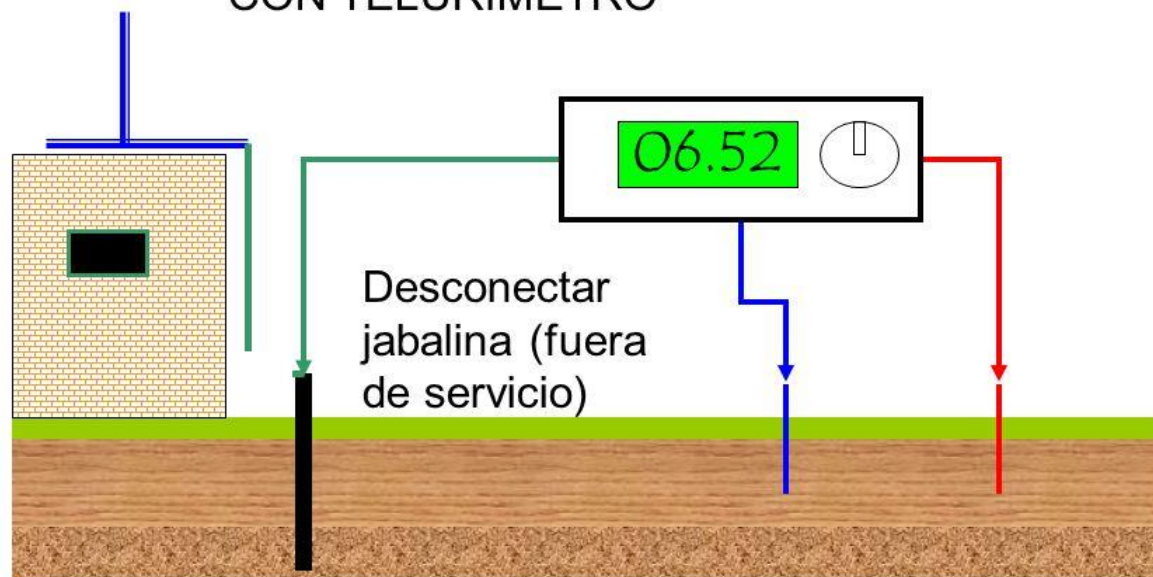
Al alejar el polo norte de un imán



Refuerza el campo magnético principal



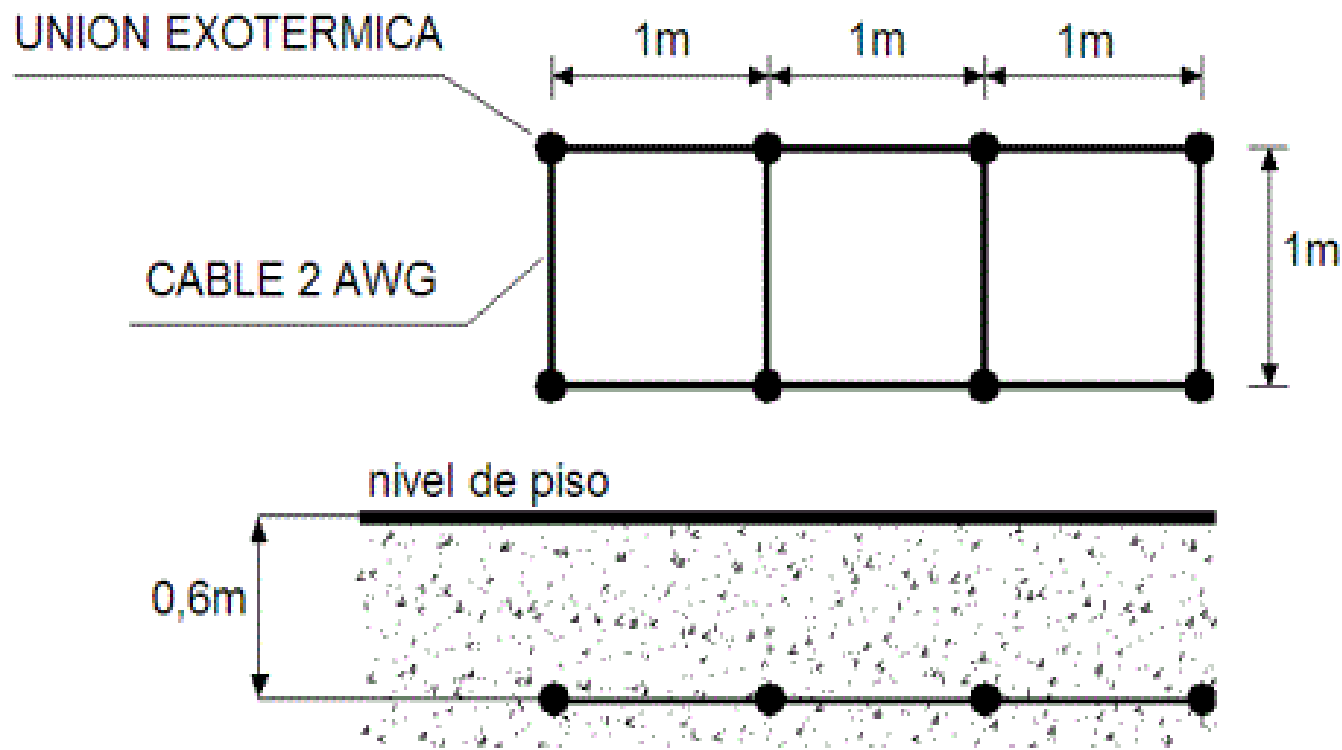
COMO SE MIDE  
LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA  
CON TELURÍMETRO



EL VALOR MEDIDO DEBE  
SER MENOR A 10 OHMS

[LITORALMEDICION@YAHOO.COM.AR](mailto:LITORALMEDICION@YAHOO.COM.AR)

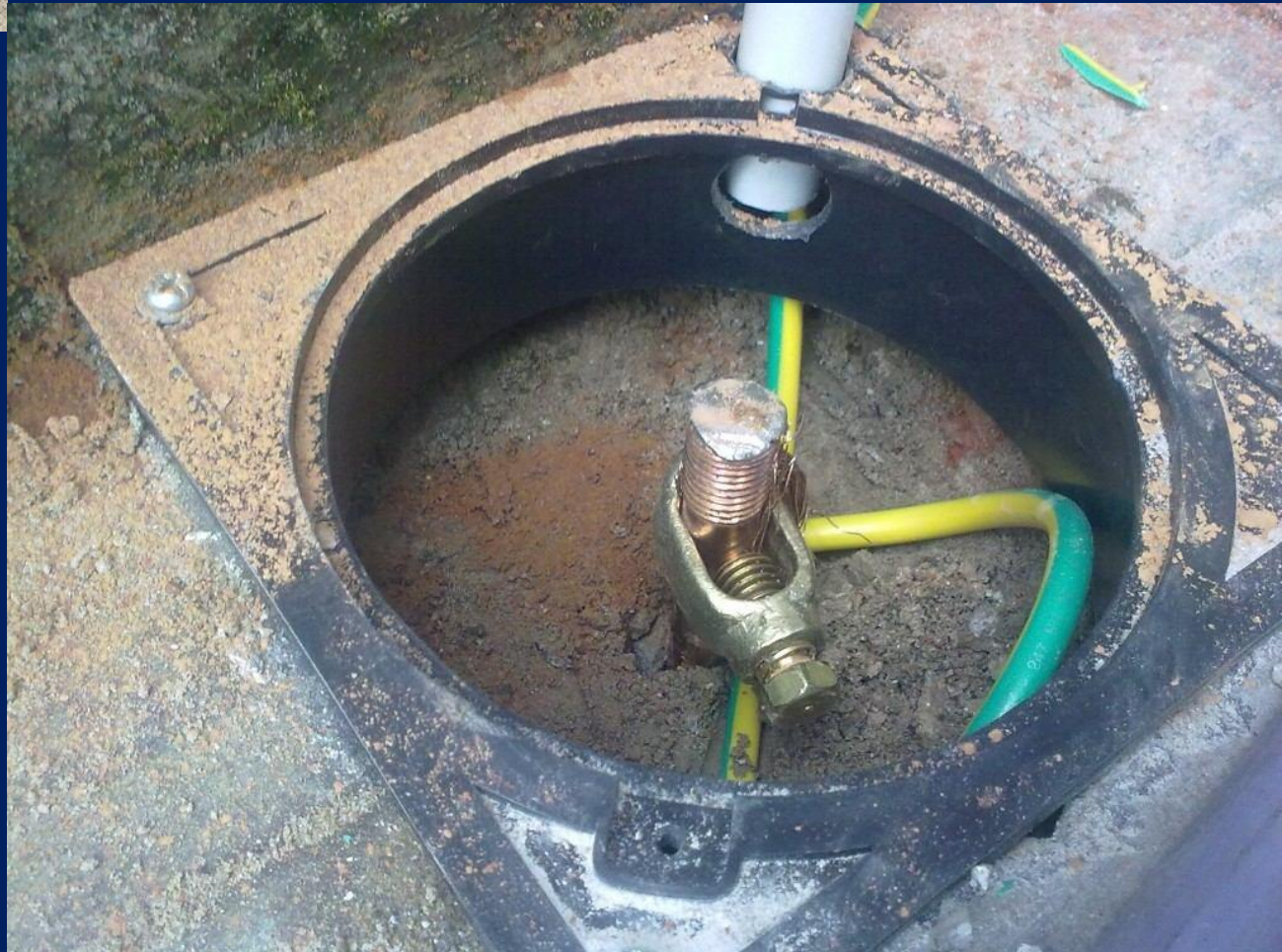




**Fig.1.** Malla a tierra de diseño único utilizada en el estudio.









## **TERCERA PARTE**

# **PARARAYOS PROTECCION DE EDIFICIOS ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS DIRECTAS**

**Ing Alejandro Cuevas Almada MP 587 CPAIM**

**BIBLIOGRAFIA:**

**ASOCIACION ELETROTECNICA ARGENTINA (A.E.A)**

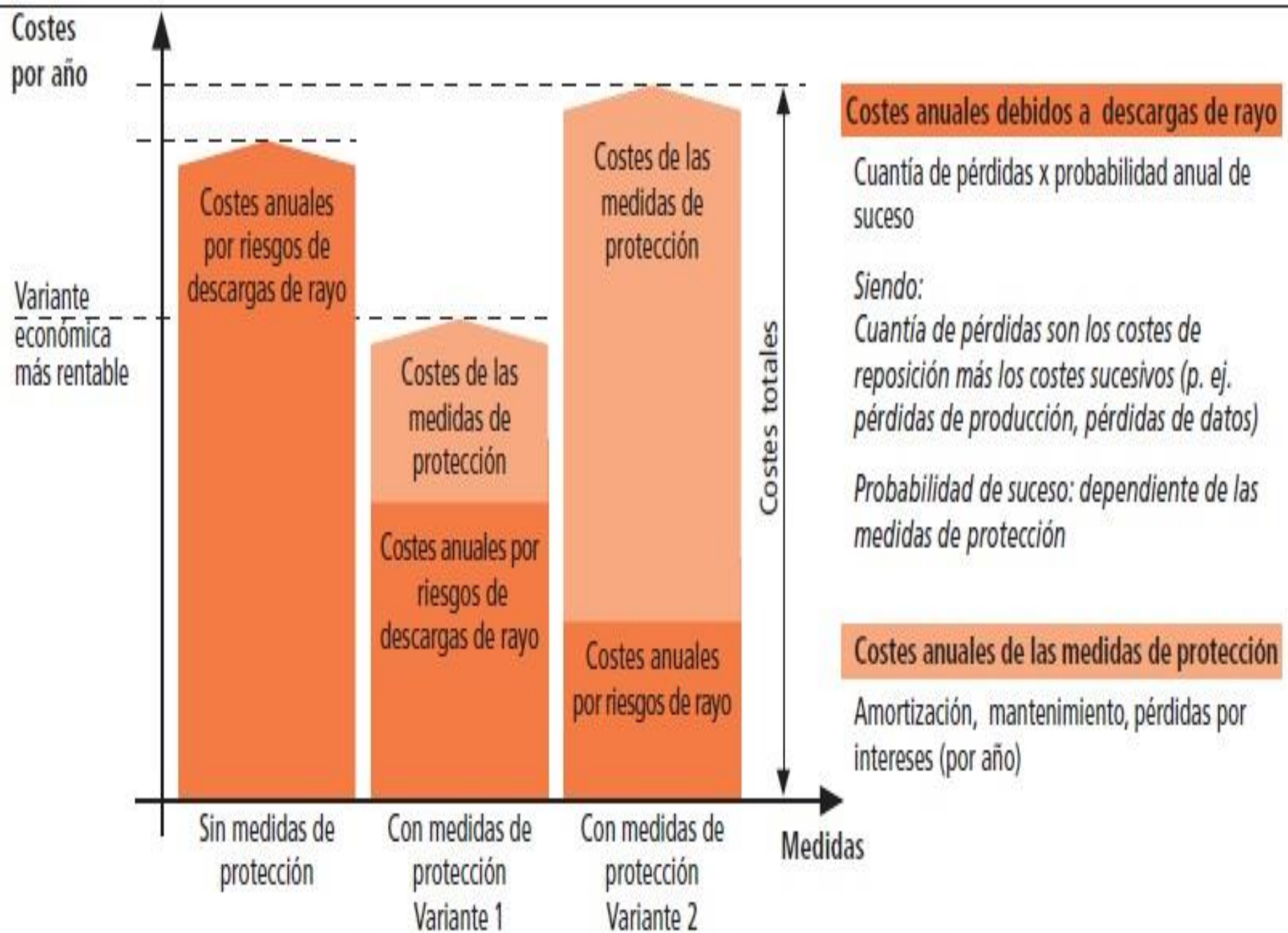
**DEHN-ELECTROINSTALADOR-ABB**



## ¿CUANDO ES NECESARIO CONTAR CON UN SISTEMA DE PROTECCION CONTRA RAYOS?

Independientemente del análisis de riesgos y evaluación económica que corresponde hacer, cuando se da una o mas de las condiciones siguientes:

- Instalaciones de elevada extensión, por ejemplo mas de 2000m<sup>2</sup>.
- Instalaciones de gran altura, sea edificios o torres para algún uso específico.
- Debido al uso de la instalación: Hospitales, asilo de ancianos, guarderías, escuelas, estadios, lugares con tribunas y de gran cantidad de publico , cuarteles, cárceles, expo ferias de publica concurrencia con superficie de mas de 2000m<sup>2</sup>., aeropuertos, almacenes con sustancias peligrosas, chimeneas altas de fabricas Etc



Procedimiento básico a seguir con puntos de vista puramente económicos y cálculo de los costes anuales.

# EFFECTOS DE LOS RAYOS SOBRE SERES VIVOS

Potencial frente al punto de referencia

Distancia hasta el punto de descarga del rayo

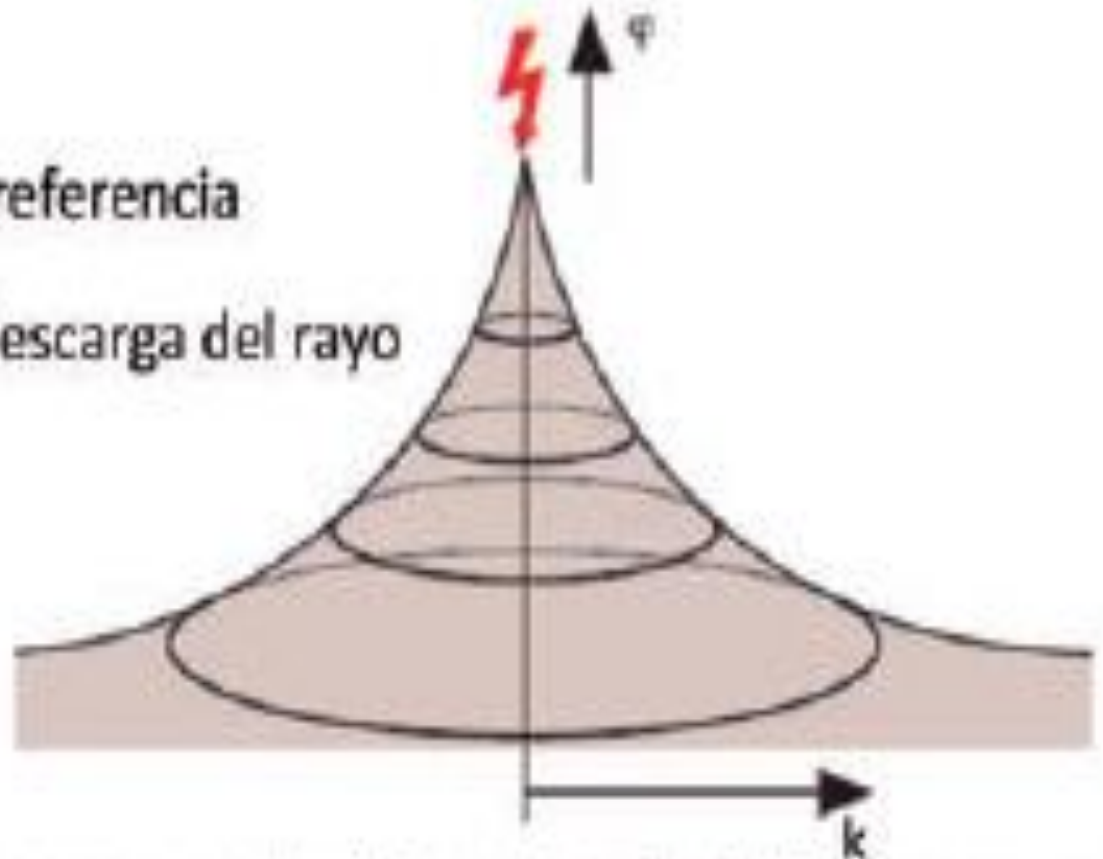


Figura 6 Al impactar el rayo en un punto determinado del terreno, su potencial se eleva (por ejemplo 100 kV). En la medida que la corriente radial se dispersa, alejándose del punto de impacto, el potencial eléctrico del suelo va decreciendo. En un punto alejado tomará el valor cero (Tierra de referencia)- Fuente DEHN

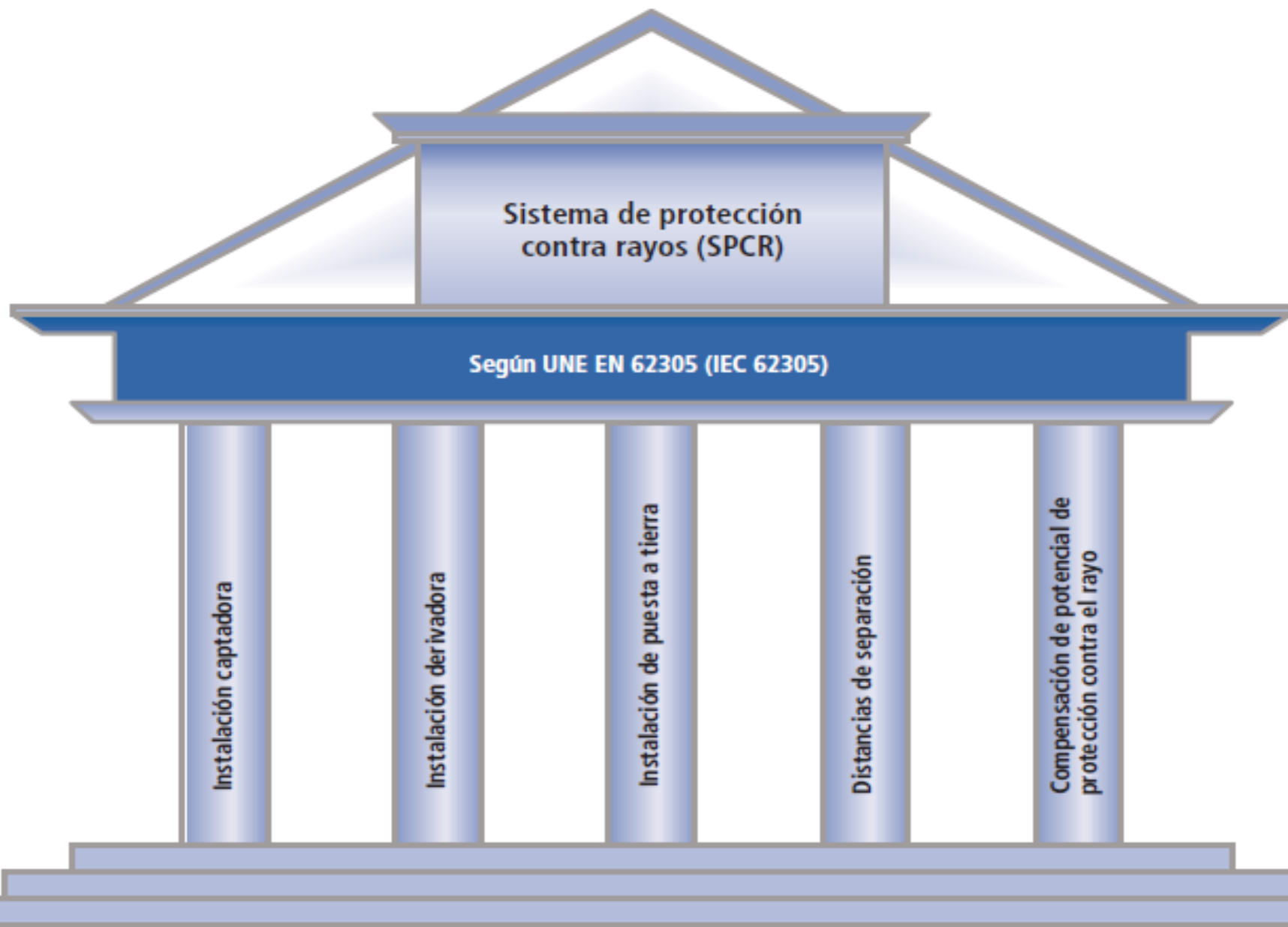
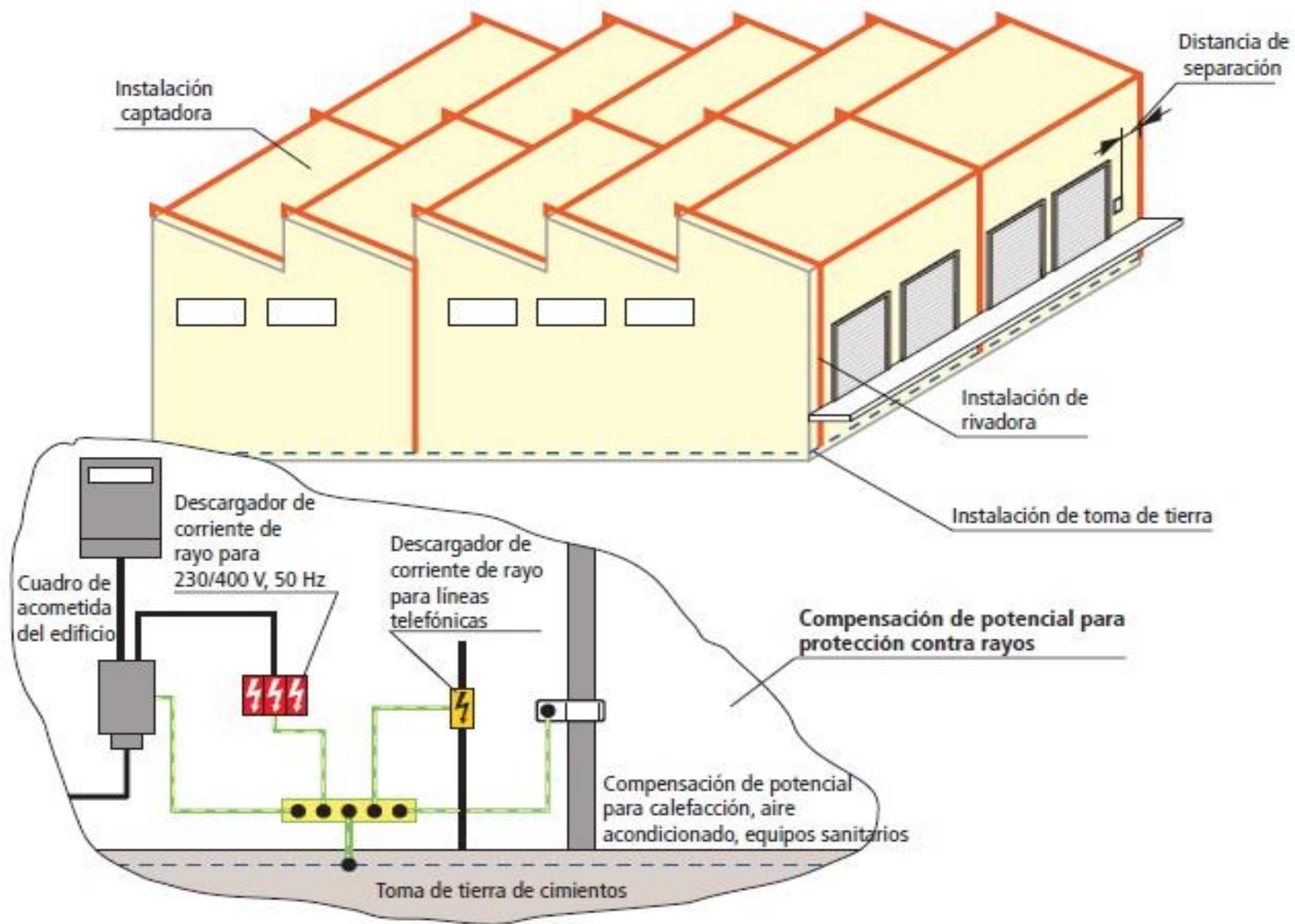


Fig. 4.1: Componentes de un sistema de protección contra el rayo.

Los sistemas de protección contra rayos **SPCR** tienen como finalidad la protección de edificios o estructuras contra incendios o daños mecánicos así como proteger a las personas que en ellos se encuentren, de lesiones o incluso de la muerte, como consecuencia de descargas de rayo. Un sistema de protección integral contra rayos implica la consideración de:

•**MEDIDAS DE PROTECCION EXTERNA.** Consiste en la instalación de un sistema de captación, un sistema de derivación a tierra, y un sistema de dispersión a tierra. En esta oportunidad solo nos referimos a los sistemas normalizados por la reglamentación AEA 92305 partes 1 a 4 e IRAM 2184, haciendo notar que existen en el mercado internacional otras tecnologías, como ser los sistemas captadores activos, y actualmente los sistemas inhibidores de la formación de descargas de rayo; como el recientemente instalado en el Aeropuerto de Posadas, para protección de los radares.

•**MEDIDAS DE PROTECCION INTERNA.** Consiste en la implementación de diferentes tipos de descargadores de las sobretensiones que pueden penetrar en las instalaciones de electricidad, telefonía, televisión, y cualquier fuente de señales débiles. Además la equipotencialización de las instalaciones (equipamiento general y estructuras) con el objeto de evitar la formación de diferencias de potencial peligrosas.



Instalación captadora

Distancia de separación

Instalación de rivadora

Instalación de toma de tierra

Descargador de corriente de rayo para 230/400 V, 50 Hz

Cuadro de acometida del edificio

Descargador de corriente de rayo para líneas telefónicas

Compensación de potencial para protección contra rayos

Compensación de potencial para calefacción, aire acondicionado, equipos sanitarios

Toma de tierra de cimientos

Sistema de protección contra rayos (SPCR).

# PROTECCION EXTERNA CONTRA RAYOS

**INSTALACION CAPTADORA:** La instalación captadora de un sistema de protección contra rayos tiene la misión de impedir las descargas directas de rayo en el volumen a proteger. Debe diseñarse para prevenir descargas incontroladas de rayo en la estructura objeto de protección. Mediante una instalación captadora correctamente seleccionada y dimensionada se reducen, de manera controlada, las consecuencias de una descarga de rayo en el edificio. La instalación captadora puede conformarse en base a los elementos siguientes, que pueden combinarse discrecionalmente entre si: método del **ANGULO DE PROTECCION**, método de la **ESFERA RODANTE** y método de la **MALLA**

La norma no da ningún criterio para la elección del sistema de captación por considerarlos equivalentes, y pueden ocuparse independientes o bien combinados.



PUNTAS CAPTORAS

PARARRAYOS ACTIVO

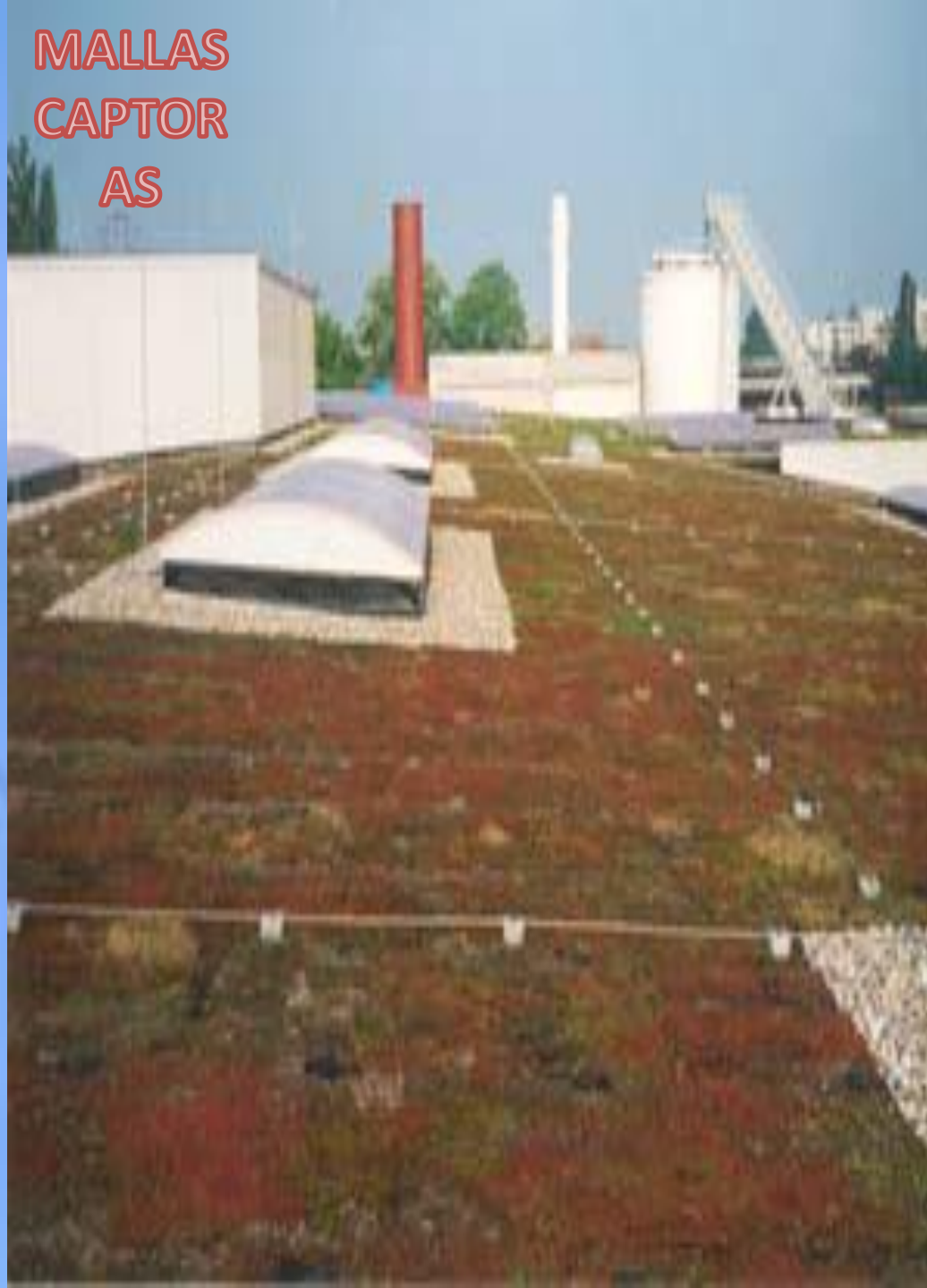


PUNTA FRANKLIN

CABLES  
CAPTORES



MALLAS  
CAPTORAS





Al fijar el emplazamiento y posición de los dispositivos captadores del sistema de protección contra rayos, hay que prestar especial atención y cuidado a la protección de las esquinas de la instalación que se desea proteger. Los dispositivos captadores deben instalarse, sobre todo, en las esquinas.

1. METODO DEL ANGULO DE PROTECCION
2. METODO DE LA ESFERA ROLAND
3. METODO DE LA MALLA

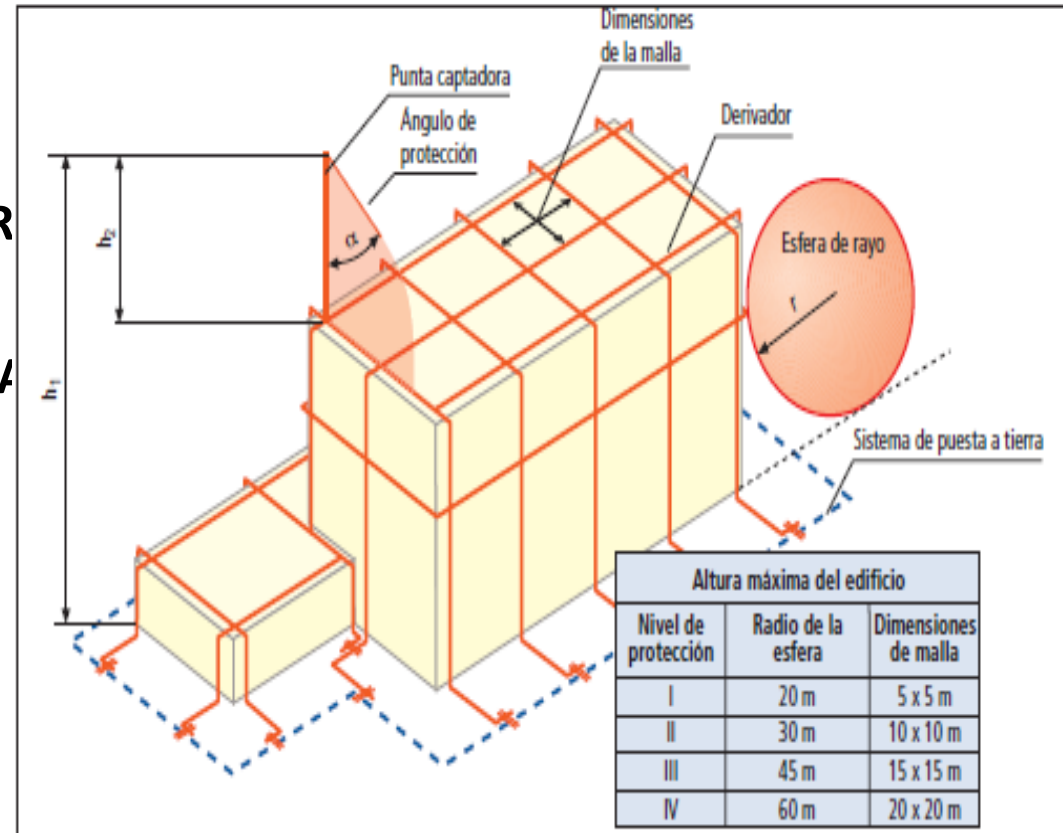


Fig. 5.1.1: Procedimientos para el diseño de la instalación captadora en edificios de gran altura.

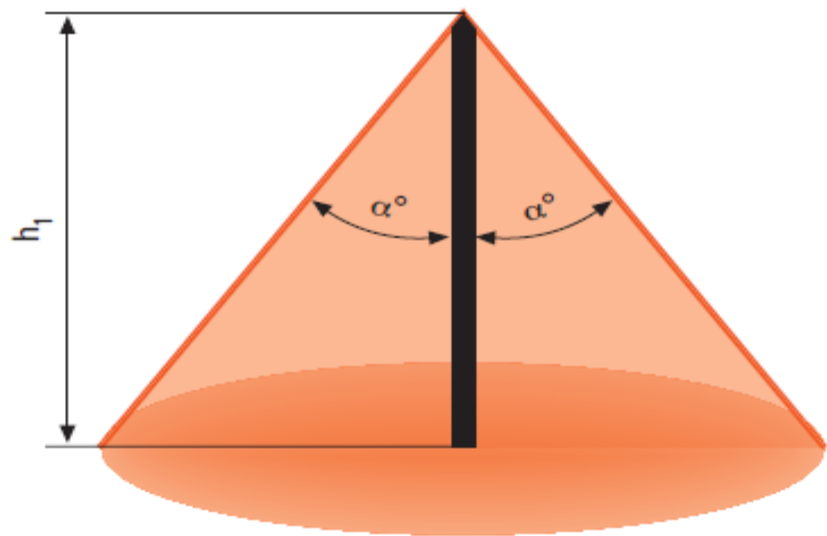


Fig. 5.1.1.13: Zona protegida cónica.

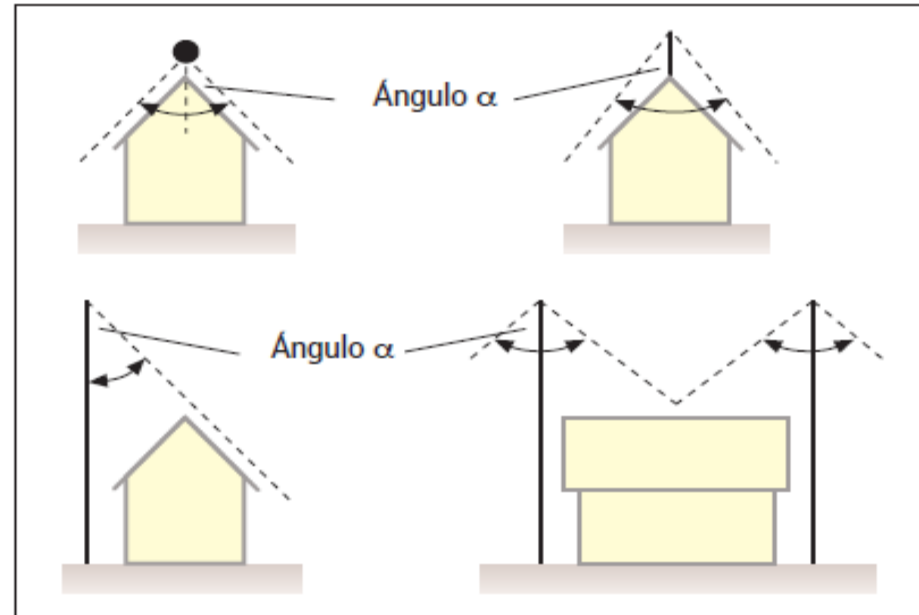


Fig. 5.1.1.14: Ejemplos de sistemas de protección con ángulo de protección  $\alpha$ .

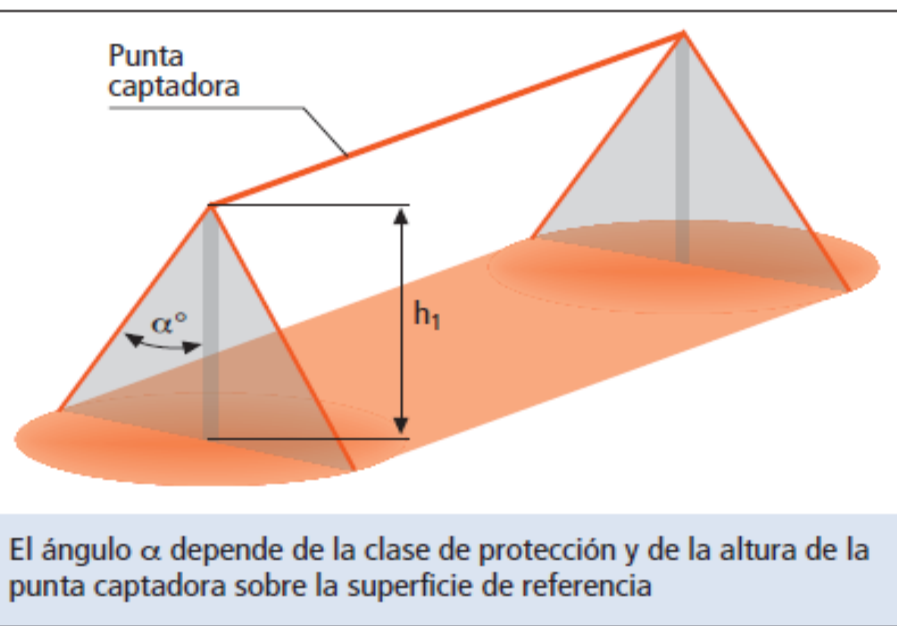


Fig. 5.1.1.15: Espacio protegido mediante un cable tendido.

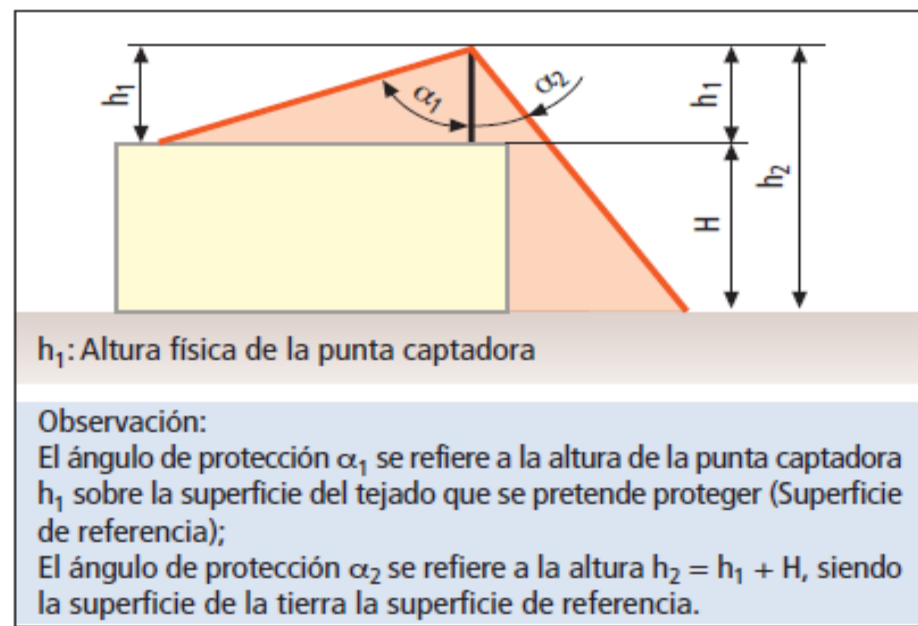


Fig. 5.1.1.16: Sistema de protección contra rayos, volumen protegido por una punta captadora vertical.

Este modelo está basado en la hipótesis de que la cabeza de la descarga descendente se aproxima a los objetos situados en tierra, sin verse afectada por nada, hasta que alcanza la distancia final de descarga. **El lugar o punto de descarga viene determinado por el objeto que esté a menor distancia de la cabeza de la descarga descendente.** La descarga

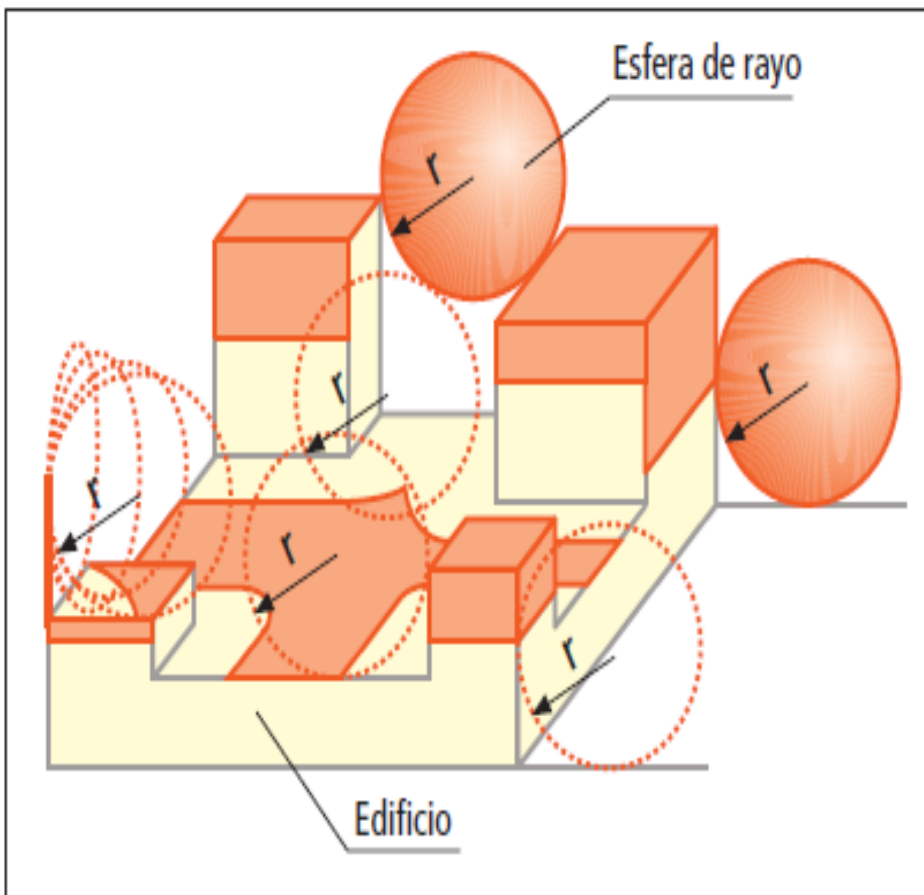
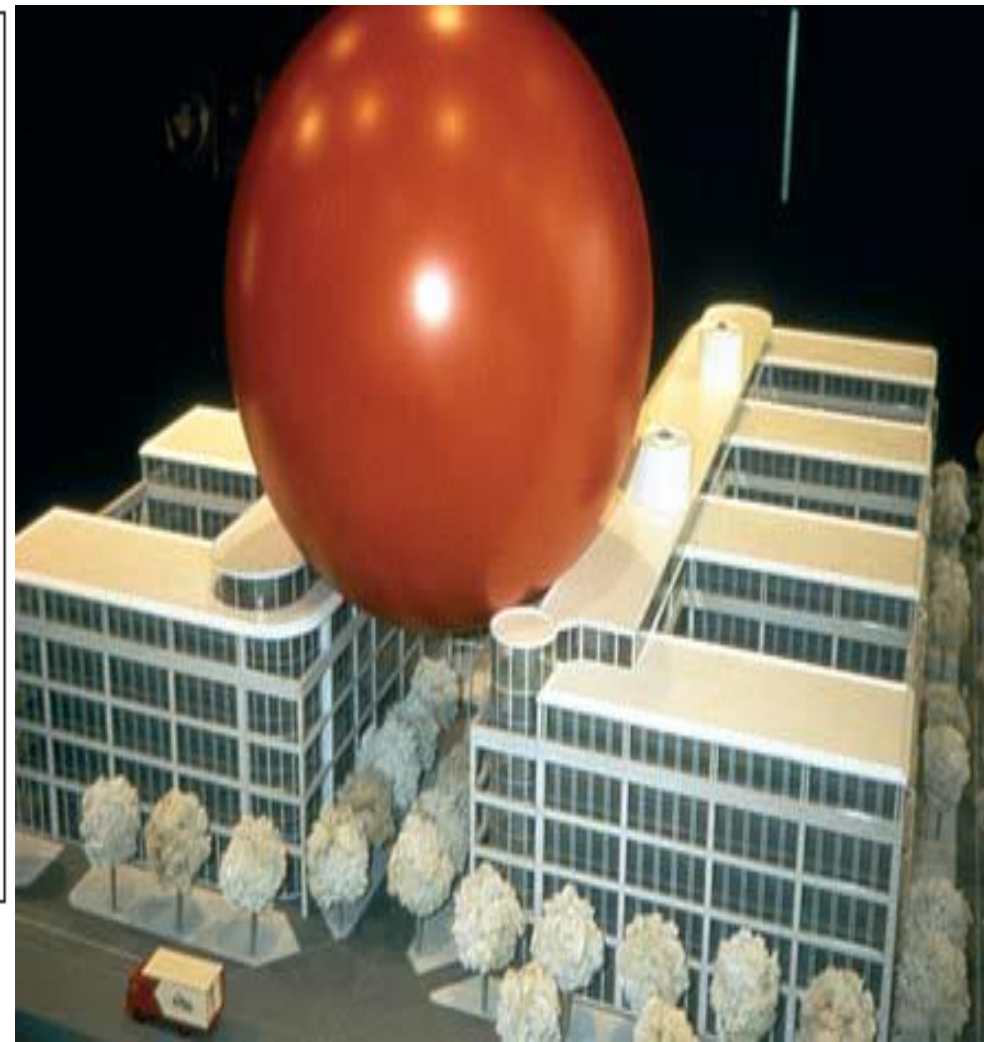


Fig.5.1.1.3: Aplicación esquemática del método de la "esfera rodante" en un edificio con superficie muy irregular.



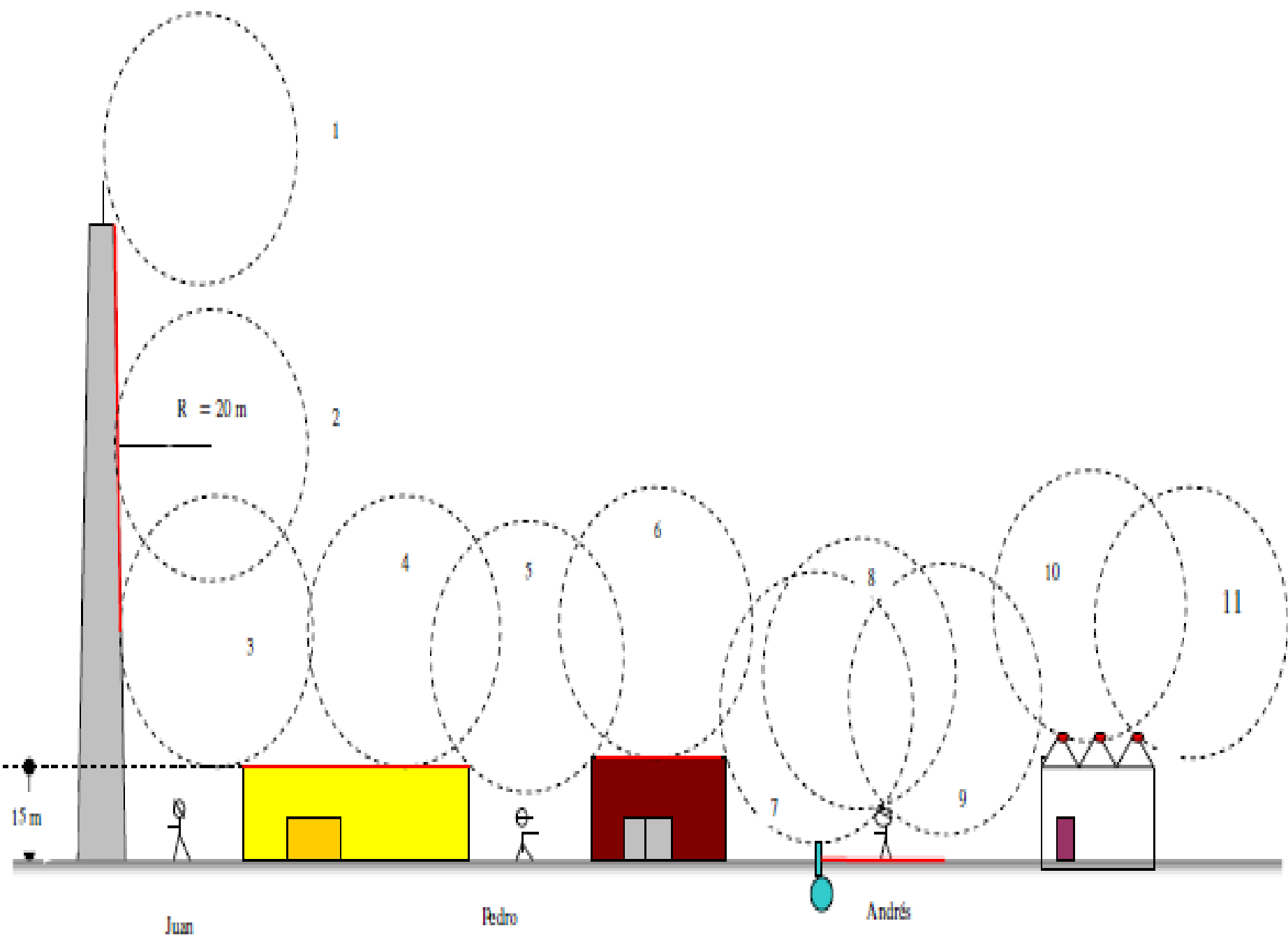
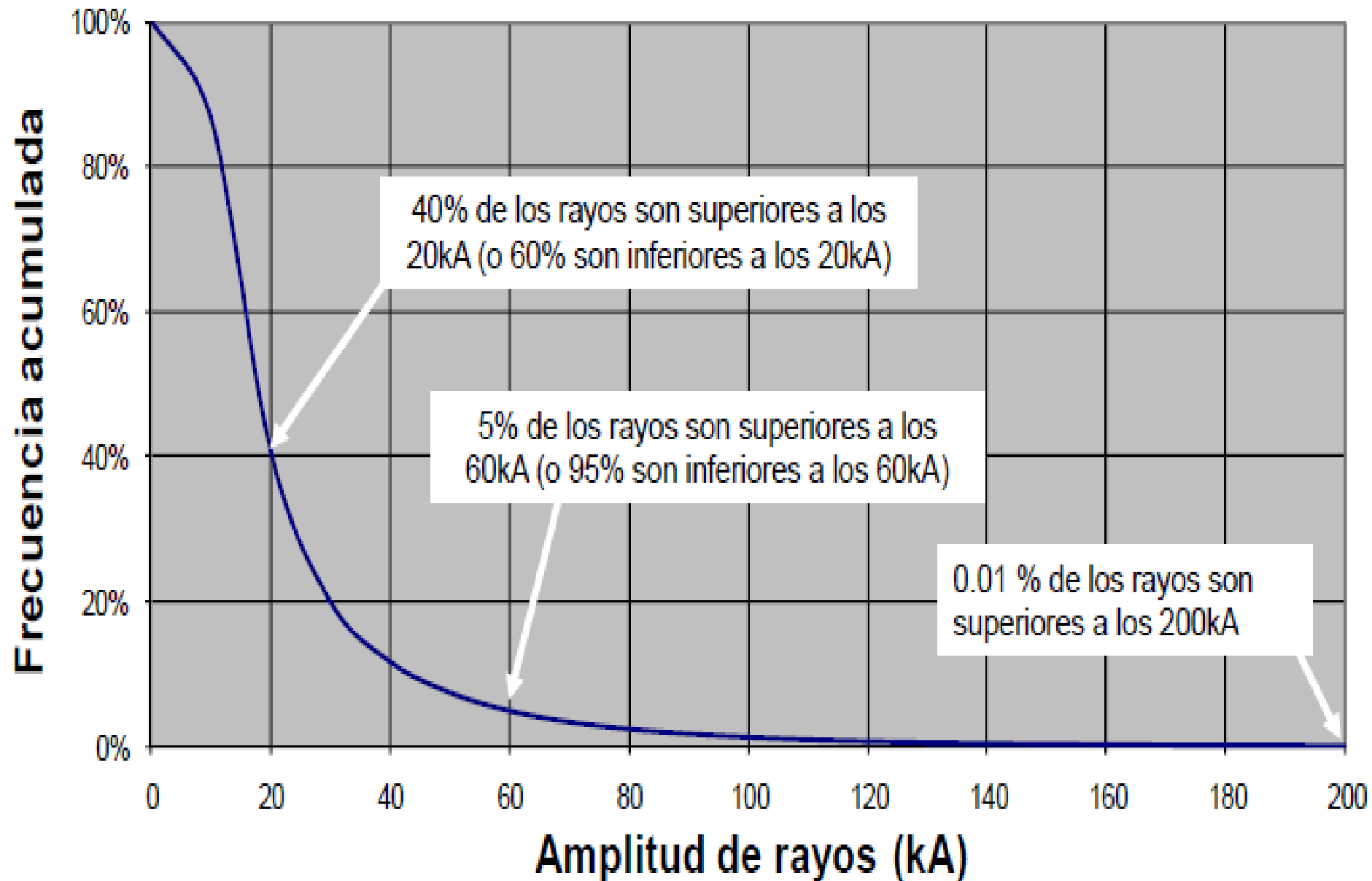


Fig. 2 - 10 (diez) rayos a tierra posibles, correspondientes a una misma corriente de descarga (R - Radio esfera - 20 m)

# Amplitud y frecuencia de los rayos



# MARCO NORMATIVO EN ARGENTINA

La **ASOCIACION ELECTROTECNICA ARGENTINA (A.E.A)** en conjunto con el **INSTITUTO ARGENTINO de NORMALIZACION y CERTIFICACION (IRAM)**, establecen la:

## REGLAMENTACIÓN PARA LA PROTECCIÓN CONTRA AEA 92305/IRAM 2184 EDICION 2015

- Parte 1: Principios Generales (AEA 92305-1/IRAM 2184-1).**
- Parte 2: Evaluación del Riesgo (AEA 92305-2/IRAM 2184-2).**
- Parte 3: Daño Físico a Estructuras y Riesgo Humano (AEA 92305-3/IRAM 2184-3).**
- Parte 4: Sistemas Eléctricos y Electrónicos en Estructuras (AEA 92305-4/IRAM 2184-4).**

Reglamentación  
para la Protección  
contra los Rayos

AEA 92305  
IRAM 2184

Edición 2015



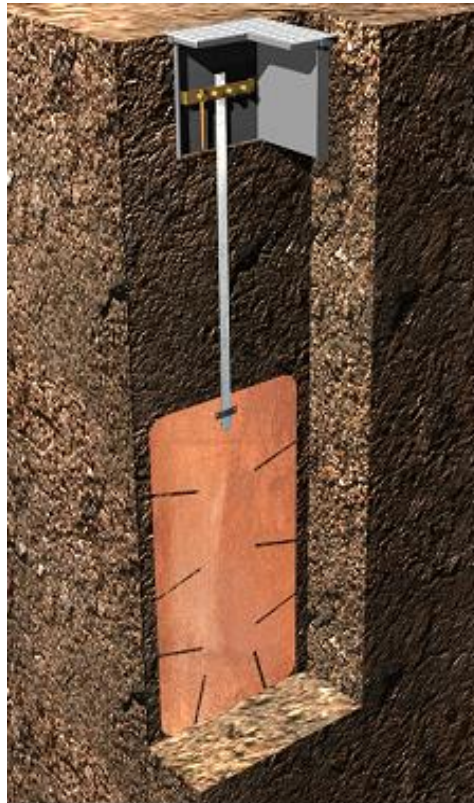
AEA | 100 AÑOS

# SISTEMAS DE DISPERSION: TIPOS DE ELECTRODOS

Los tres tipos de electrodos que se utilizan corrientemente son

- Jabalinas
- Placas
- Cables enterrados

Que se describen a continuación



- **JABALINAS:** son electrodos de hierro recubierto en cobre electrolítico y responden a la norma IRAM 2309, generalmente van dispuestos en el terreno de forma vertical, suelen ocuparse de:

- » Acero galvanizado de 25mm de diámetro exterior mínimo.
- » Perfiles de acero galvanizado, de 60mm de lado como mínimo.
- » Barras de cobre o acero recubierto de cobre, de 14mm de diámetro como mínimo.

Vienen de distintas longitudes de 1 - 1,5 - 2 y 3 metros.



Debe tenerse en cuenta que el valor de resistencia de puesta a tierra que nos ofrecen estos electrodos hincados en el terreno, esta en relación directa con la resistividad aparente del terreno y en relación inversa a la longitud del mismo.

$$R = \frac{\rho}{L}$$

También se pueden obtener buenos valores de resistencia de puesta a tierra al disponer las jabalinas a mayores profundidades, utilizando jabalinas acoplables, es decir se van insertando de a una las jabalinas y acoplándolas hasta obtener la profundidad deseada. El otro método



- **PLACAS DELGADAS ENTERRADAS:** son electrodos de forma rectangular o cuadrada que ofrecen una gran superficie de contacto con el terreno en relación a su espesor. Suelen ser de cobre, o de acero recubiertas de cobre, de al menos 2mm de espesor para garantizar un buen contacto y una buena conductividad, o de acero galvanizado de 2,5mm de espesor.



La resistencia R de una placa enterrada es aproximadamente igual a:

$$R = 0,8 \frac{\rho}{P} P = \text{perímetro}$$

- **CONDUCTORES ENTERRADOS:** son electrodos que consisten en enterrar horizontalmente, un cable, una pletina, unos flejes, desnudos en una zanja, debajo de la cimentación de los edificios o enterrados a una profundidad suficiente.

Los materiales mas utilizados son:

- Cables de cobre macizo o cableado con una sección mínima de 35mm<sup>2</sup>
- Pletinas de cobre con una sección de 35mm<sup>2</sup> y 2mm de espesor o de acero galvanizado de una sección ≥95mm<sup>2</sup>
- Alambre de acero 200mm<sup>2</sup> de sección recubierto con una capa de 6mm<sup>2</sup> de cobre.

La resistencia R de un conductor enterrado es aproximadamente igual a:

$$R = 2 \frac{\rho}{L} L = \text{longitud del cable}$$

# OTROS TIPOS DE ELECTRODOS

- **VIGAS METÁLICAS:** Las vigas metálicas introducidas en el terreno y en contacto con él, se comportan como jabalinas enterradas, y se puede llegar a valorar la resistencia de puesta a tierra de este tipo de electrodo, considerando que es una jabalina circular y de diámetro el del círculo inscripto a la viga

La resistencia R de una viga enterrada es aproximadamente igual a:

$$R = 0,366 \frac{\rho}{h} \log \frac{3h}{d}$$

h= profundidad de la viga enterrada

d: diámetro del cilindro inscripto

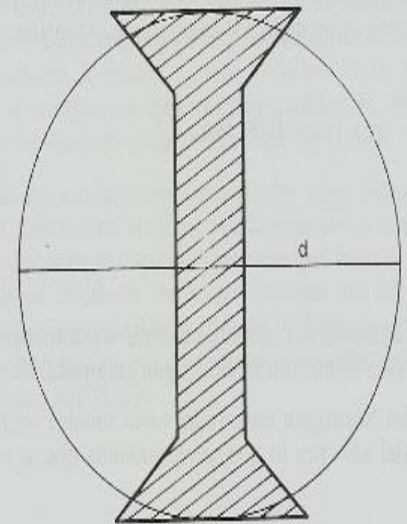


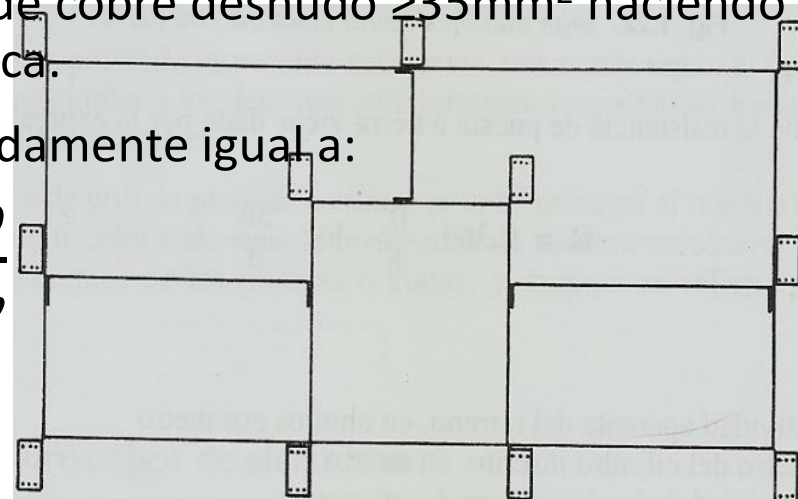
Fig. 1.22. Viga metálica como electrodo de tierra.

- **CIMENTACIONES DE HORMIGON ARMADO:** En edificios de cimentación de hormigón, la armadura de hormigón puede utilizarse como electrodo de puesta a tierra tipo jabalina de acero. Para obtener mejores valores se recomienda vincular entre si todas las bases mediante un conductor de cobre desnudo  $\geq 35\text{mm}^2$  haciendo los empalmes con soldadura cuproaluminotermica.

La resistencia R de una viga enterrada es aproximadamente igual a:

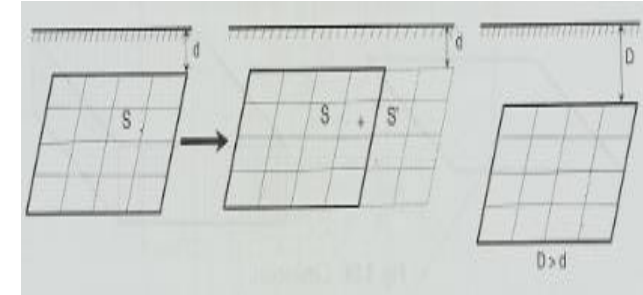
$$R = 0,2 \frac{\rho}{v}$$

v= volumen del hormigón de cimentación en  $\text{m}^3$

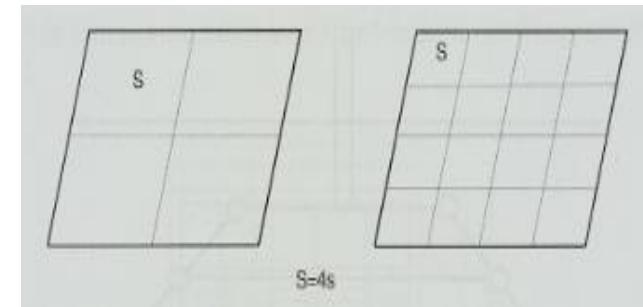


# POSIBLES SOLUCIONES PARA DISMINUIR LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA Y EVITAR APARICIONES DE DIFERENCIAS DE POTENCIAL PELIGROSAS.

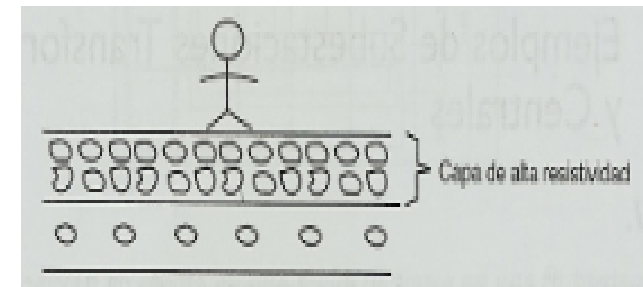
- se puede lograr aumentando la superficie de la red, o su profundidad.



- A una malla existente se le puede reducir la superficie de cada una de las retículas.



- Se puede establecer una capa superficial de alta resistividad, que aumente la resistencia en serie con el cuerpo humano.





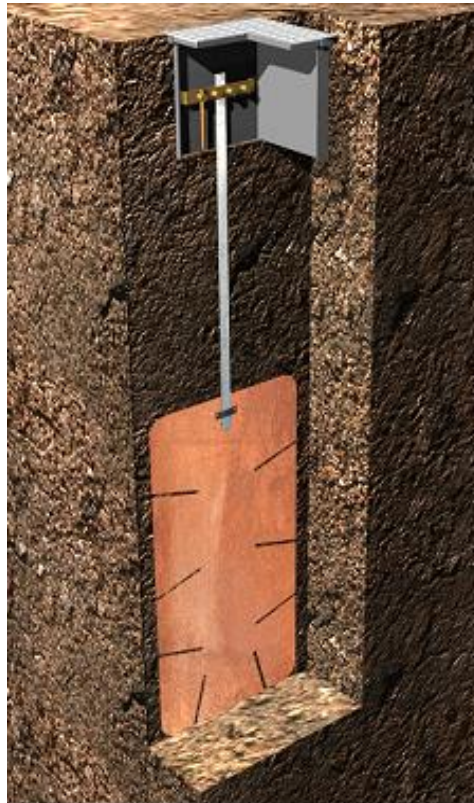


# SISTEMAS DE DISPERSION: TIPOS DE ELECTRODOS

Los tres tipos de electrodos que se utilizan corrientemente son

- Jabalinas
- Placas
- Cables enterrados

Que se describen a continuación





# JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



**Consejo Profesional de  
Arquitectura e Ingeniería de  
Misiones (CPAIM)**



**Comisión de Política  
Energética Planeamiento y  
Medio Ambiente (CPAIM)**

# MUCHAS GRACIAS