



Invenió Noves Technologies A.R., S.L.
(INT AR, S.L.)

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL RAYO EN LA MONTAÑA, EN UN LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN Y EN TORRES DE TELECOMUNICACIONES



ESTUDIO EFECTUADO POR:

<p>Ingeniero de Telecomunicaciones</p>	<p>Ingeniero Industrial</p>	<p>Experto en el Fenómeno del Rayo</p>
<p><i>Colegiado n° CPBA 3979</i></p>  <p>Roberto Rene Leal <i>Responsable de Sistemas de Prevención de Riesgos</i></p>	<p><i>Colegiado n° 15211</i></p>  <p>Javier Maldonado <i>Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales</i></p>	 <p>Ángel Rodríguez <i>Director General empresa de Investigación</i></p>

Preámbulo

El estudio está orientado a definir la configuración técnica de una instalación de pararrayos PDCE para la protección directa del rayo durante una tormenta eléctrica, la aplicación está diseñada para las estructuras metálicas altas, y en concreto torres de telecomunicaciones.

A partir de las experiencias obtenidas en el curso de auditorías y visitas de instalaciones, se efectúa un estudio de protección del rayo en el cual priorizamos la protección directa del rayo para evitar la formación e impacto directo en la estructura de la instalación y proponemos mejoras para optimizar el sistema de prevención y alerta de rayos, las tomas de tierra para reducir retornos de corriente y reducir el mantenimiento, unir equipotenciales de masas y protecciones de sobretensión indirectas. En definitiva lo que se busca es mejorar la seguridad de riesgos eléctricos en las instalaciones para los trabajadores, reducir costes de reparaciones cada año en las instalaciones y minimizar los paros técnicos de comunicaciones a causa del rayo.

Resumen del fenómeno rayo:

Casi todas las descargas naturales de rayos se inician en el interior de las nubes y progresan en forma de árbol de diferentes ramas a tierra. Unas se compensan con cargas negativas y las otras con cargas positivas; en su trayectoria transportan corrientes eléctricas que pueden llegar como término medio de 30.000 Amperios a valores máximos superiores a los 300.000 Amperios durante millonésimas de segundo, con potenciales que se han llegado a estimar en valores que sobrepasaban los 15 millones de voltios y desprendiendo una energía térmica superior a los 8.000 grados.



Los rayos causan en todo el mundo daños valorados en miles de millones de euros en la industria y numerosas muertes. En España, entre 1941 y 1979, los rayos acabaron con la vida de más de 2.000 personas. El Instituto Nacional de Meteorología de España dispone desde 1992 de una moderna red que permite detectar los rayos que caen en todo el territorio nacional. (<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/rayos>).

No hay duda del gran peligro asociado al fenómeno rayo junto con sus efectos destructivos por el impacto directo o indirecto; por ese motivo estamos sensibilizando a la población a revisar las necesidades de protección del impacto directo del rayo, la efectividad de las instalaciones de pararrayos y las normativas actuales que los protege.

La prevención. Es una responsabilidad de todos, la necesidad de una protección eficaz del rayo es evidente en muchas actividades humanas. Quien se tiene que proteger de la naturaleza somos nosotros, la idea de excitar y atraer la descarga brutal del rayo a una zona de protección no es la más ideal y a demostrado ser un peligro más que una protección, incumpliendo muchas, normas, leyes y decretos.

Algunos sistemas tradicionales de protección del rayo (pararrayos tipo Franklin o de cebado), no están adaptados a las repercusiones del cambio climático, el aumento de la actividad eléctrica en la atmósfera, comporta el aumento de la generación de nubes de tormentas y de actividad de rayos a tierra de gran intensidad, siendo cada vez más destructivos. Por ello, la idea de excitar y atraer la descarga del rayo con pararrayos acabados en punta ha pasado a ser un paradigma centenario debido a los efectos directos e indirectos de destrucción que generan. En lo posible se deben adaptar nuevas tecnologías de pararrayos para la protección del rayo, hacia una política de protección completamente distinta, donde la prioridad sea reducir el campo eléctrico de alta tensión en las estructuras, para anular la excitación y formación del rayo en la zona, y reducir la posibilidad de que aparezca en el entorno, aumentando así el nivel de seguridad eléctrico de las personas e instalaciones.

El Rayo como fenómeno meteorológico y eléctrico.

La influencia eléctrica presente en la tierra mantiene el ecosistema y procede de la distribución de cargas del campo eléctrico natural entre ionosfera y tierra en tiempo estable gracias a la radiación solar.

Las isotermas diferencian con exactitud la base de la nube, ésta mantiene la nube a una altura determinada referente al suelo dependiendo de la depresión atmosférica del lugar. El viento con sus diferentes influencias térmicas, eléctricas y de humedad, desplazará en medida todo el sistema.

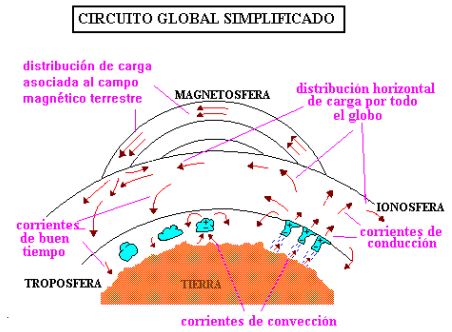
Durante la formación de las tormentas, las tensiones eléctricas en tierra aumentan proporcionalmente a la generación de cargas que se produce en el interior de la nube (cúmulo-nimbus). Durante la formación de tormentas, aparece una constante de generación de cargas dentro de la nube; el proceso de generación de cargas en el espacio tiempo, depende de la termodinámica del lugar y la saturación del vapor de agua. Las corrientes internas en la nube, genera la ascensión y transformación del estado del vapor de agua existente, pasando de ser gaseoso (vapor de agua) a líquido al bajar las temperaturas (micro gotas de agua), después a sólido (cristales de hielo); en su transformación física en sólido, los cristales de hielo empiezan a reagruparse y aumentar de volumen y peso venciendo la fuerza de gravedad e invirtiendo la trayectoria ascendente en descendente, a partir de entonces el proceso de cambio de estado se invierte, pasando de sólido a líquido y a vapor. En cada cambio de estado se cede o adquiere cargas, este proceso se repite una y otra vez mientras exista termodinámica en la zona.

La generación y separación constante de cargas dentro de la nube, polarizará la nube induciendo a su alrededor y en tierra un campo eléctrico opuesto, los valores eléctricos resultantes creados por la diferencia de potencial entre la ionosfera y la tierra arrancan en 120V/m a nivel de mar en tiempo estable, aumentando progresivamente durante la aparición y formación de la típica nube cúmulo-nimbus a valores críticos de 45.000 Voltios/m (entre base de nube y tierra). Durante el proceso de la tormenta, estos valores modifican las propiedades del aire que lo transforman en un dieléctrico.

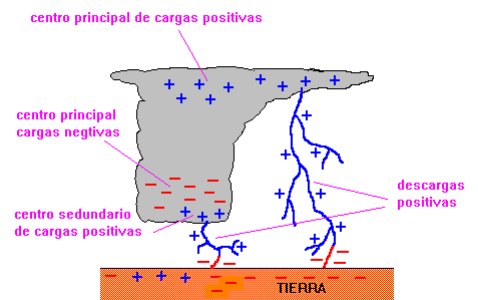
El rayo es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electrostáticas que han sido generadas y acumuladas progresivamente en la nube durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta. Durante unas fracciones de segundos, la energía electrostática acumulada en la nube se convierte en una descarga de energía electromagnética (el relámpago visible y la interferencia de ruido), energía acústica (trueno) y, finalmente, calor. El fenómeno rayo se representa aleatoriamente entre nube-nube, nube-tierra o tierra-nube a partir de un potencial eléctrico (10/45 kV), entre dos puntos o zonas de influencias de diferente polaridad e igual potencial, para compensar las cargas.

La densidad de carga del rayo es proporcional al tiempo de exposición de la saturación de carga electrostática de la zona expuesta por la nube (sombra eléctrica). A mayor densidad de carga de la nube, mayor inducción electrostática en tierra, y mayor probabilidad de generar un líder en las estructuras. La diferencia de potencial entre la nube y la tierra facilita una transferencia de cargas en las zonas afectadas en tierra, y en función de la resistencia del aire o materiales expuestos, se representa en tierra en una sombra cargada eléctricamente.

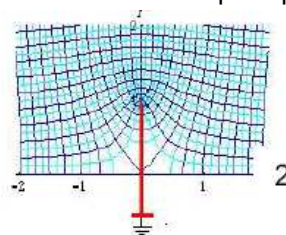
La sombra eléctrica viaja según la trayectoria de la nube, es la zona donde los impactos de rayo se pueden representar. Su frente de actuación se sitúa normalmente, por delante de la nube y en sus frentes laterales, donde predomina un fuerte intercambio de partículas cargadas desde la base de la nube al suelo y viceversa, causado por las corrientes de convección. Dentro de la influencia de la sombra eléctrica y por donde ésta viaja, se genera el efecto punta.



DESCARGAS POSITIVAS EN UNA NUBE CONVECTIVA

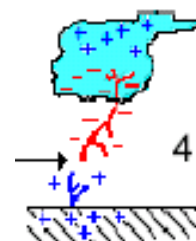


El efecto punta puede ser estático en un punto, en movimiento en el mismo punto o viajar por el suelo y estructuras, en función de la dirección y velocidad de la nube, se representa en forma de chispas que salen de los elementos expuestos, las formas redondeadas expuestas a un campo eléctrico de alta tensión, generan el efecto visual de muchas chispas en su corona inferior o superior llamado entonces "efecto corona", son diminutas chispas eléctricas que aparecen en la parte superior de los materiales, generalmente es de color verde-azul y con fuerte olor a ozono (ionización del aire), el efecto punta aparece siempre dentro de la sombra eléctrica. Los marineros llaman también al efecto punta, fuego de San Telmo, el motivo es que el efecto punta se representa durante la tormenta en lo más alto del mástil de madera, el movimiento constante de la nave a causa del temporal genera un movimiento aleatorio del mástil referente al aire dentro de un campo eléctrico natural de alta tensión. Este efecto de movimiento lateral y el desplazamiento del mástil, transforma visualmente las chispas del efecto punta en un efecto óptico de fuego llegando a formar incluso una corona. Cuando se visualiza este fenómeno (el campo eléctrico-atmosférico de alta tensión supera los 1.500 voltios), se puede apreciar y sentir peligrosamente en nuestro cuerpo el campo de alta tensión. El efecto que produce en nuestro cuerpo es un cosquilleo, que nos puede poner, literalmente, los pelos de punta. El efecto punta puede aparecer pero no siempre transformarse en una descarga de rayo, este fenómeno avisa de la presencia de un campo eléctrico de alta tensión y si persiste en tiempo e intensidad, creará entonces un Líder o trazador y un posible rayo.



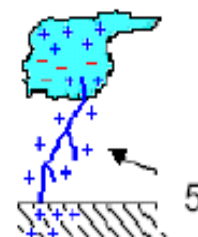
Guía escalonada es la formación de un camino en el aire que guiará la descarga del rayo desde la nube cerca de la zona en tierra, este fenómeno aparece por la inducción del campo eléctrico de alta tensión. Desde tierra aparecerá otro trazador para buscar la interconexión de ambos y crear un camino definido por donde se compensarán las cargas. El rayo tiende a seguir un camino preparado previamente, donde la concentración de transferencia de electrones superará los 10.000 Culombios por segundos en un punto concreto, para compensar las cargas electrostáticas de signos opuestos.

Cómo se crea el camino por donde pasará el rayo: A partir del campo de alta tensión presente, un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón y éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente en función de la carga (guía escalonada, figura 4) Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (canal ionizado, figura 5).



El fenómeno del líder, no es constante ni estable, puede viajar y moverse en función del desplazamiento de la sombra eléctrica, afectando a todo aquello que se encuentre a su paso. Nosotros nos podemos cruzar temporalmente en nuestro desplazamiento con este fenómeno, sea a pie, en coche o en barco.

La intensidad de la descarga del rayo es variable y dependerá del momento crítico de la ruptura dieléctrica del aire entre los dos puntos de transferencia de la carga así como la facilidad de transporte de la energía del medio y de la capacidad de absorción o disipación de la zona de impacto en tierra. Como media, se utiliza el valor de 30.000 Amperios de intensidad del rayo, pero podemos afirmar que los valores actuales de media son más altos llegando a superar los 50.000 Amperios, llegando a valores conocidos de rayos superiores a 350.000 Amperios.



El aire no es un aislante perfecto su resistencia dieléctrica es de 3kV /cm. y varía proporcionalmente con la altura y sus condiciones de ruptura dieléctrica, también variará según el grado de contaminación atmosférica, temperatura, humedad, presión y radiación electromagnética natural o no.

La tensión eléctrica que genera el rayo, aparece durante el proceso de la descarga del rayo y su valor es proporcional a la resistencia de los conductores que transportan la corriente de la descarga del rayo a tierra, es decir: en función de la resistencia de los conductores eléctricos y de la toma de tierra, estos se encargarán de llevar la corriente a tierra en más o menos tiempo, la corriente tendrá un freno o una aceleración a su paso a tierra (resistencia) y por ello aparecerá una tensión temporal que afectará en más o menos medida a los elementos expuestos a una alta tensión, como por ejemplo: La tierra, roca, madera, hierro, árbol, barco, depósito de gas, instalaciones de pararrayos, las puestas a tierra, las personas etc.

El sentido de la descarga del rayo es, generalmente descendente en un 80%, su trayectoria es de la nube a la tierra (llamado popularmente rayos negativos), el 10 % son descargas ascendentes de tierra a nube (llamados popularmente rayos positivos) y el resto entre nube y nube o dentro de la misma nube. Las descargas descendentes de los rayos, suelen ser los de más intensidad y más destructivos que los rayos ascendentes, estos efectúan la transferencia de energía en el punto de contacto en el suelo, creando efectos destructores durante la cesión y transformación de la energía en los elementos afectados más cercanos y efectos electromagnéticos en grandes radios de acción por la propagación del pulso electromagnético, los rayos entre nubes generan ruidos y pequeñas averías en componentes electrónicos por acoplamiento, los rayos Ascendentes generan pocos efectos electromagnéticos ya que el contacto se efectúa en la nube, en cambio se ha observado que este fenómeno revienta paredes, techos y todo aquello que encuentre a su paso durante su generación y trayectoria ascendente, los diferentes accidentes observados han demostrado que en el entorno del accidente, los equipos electrónicos, radios, televisión y teléfonos no han sido afectados aun estando conectados.

No se puede garantizar la zona del impacto del rayo una vez que éste se ha formado eléctricamente. La trayectoria del rayo puede ser caótica, siempre predominarán los ambientes eléctricos cargados, aunque los estudios del campo eléctrico atmosférico en tierra determinan que la distribución de cargas en tierra no es estática, sino dinámica, al formarse y generar aleatoriamente chispas en diferentes puntos geográficos dentro de la trayectoria de la sombra eléctrica, la intensidad y situación del campo eléctrico cambia radicalmente pudiendo generar impactos de rayos laterales, con trayectorias laterales de más de 17 Km. entre los dos puntos de contacto.



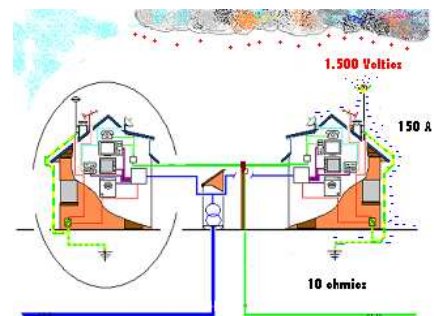
Sus efectos térmicos, químicos y electromagnéticos son destructores.

Durante la descarga del rayo se generan inducciones y acoplamientos en las líneas de transporte eléctrico y de telecomunicaciones. Como referencia, en cada impacto de rayo en un pararrayos tipo FRANKLIN, antes, durante y después de su descarga a tierra, se generan otros fenómenos eléctricos indirectos que repercuten destruyendo nuestras instalaciones y a las instalaciones de nuestros vecinos en un radio de acción proporcional a la intensidad de la descarga, que puede alcanzar los 1.500 metros. Actualmente el rayo aparece repetidamente durante cada tormenta en cualquier período del año.

Primer instante: Cargas electrostáticas durante la formación del líder.

En el momento de la presencia de la sombra eléctrica en tierra generada por la nube, el campo eléctrico presente en las estructuras pasa de valores de baja tensión a valores de muy alta tensión, en ese momento puede aparecer el efecto punta en cualquier parte, predominando los puntos más altos de la instalación. Este efecto se transforma visualmente en chispas que salen de los materiales expuestos a la sombra eléctrica. En el caso de una punta de pararrayos, las cargas electrostáticas generan interferencias y ruidos que se pueden acoplar en las líneas de datos o señales de TV y radio. Durante la aparición de este fenómeno eléctrico, por el cable de tierra del pararrayos circularán corrientes superiores a los 150 Amperios, ¿Por qué?

Pues, porque las chispas del efecto punta aparecen a partir de la ionización del aire, y para ionizar el aire, necesitamos como mínimo 1.500 voltios en la punta de un electrodo (dependiendo de la calidad del aire), si aplicamos la Ley de Ohm y tomamos los 1.500 Voltios como referencia de tensión (E) y los 10 Ohmios de la resistencia de la toma de tierra como referencia de resistencia (R), tendremos una intensidad de corriente (I) que circulará por el cable de tierra de : $I = E / R$ (150Amperios).



Segundo instante: Pulsos electrostáticos (ESP).

Los pulsos electrostáticos son transitorios atmosféricos y aparecen en los equipos por la variación brusca del campo electrostático presente en la zona durante la tormenta, la causa de este fenómeno la genera la diferencia de potencial entre la nube y la tierra. Sus efectos se transforman en descargas eléctricas que aparecen en los equipos puestos a tierra a partir de impactos de rayos cercanos. También tenemos que destacar que todo aquello que se encuentre suspendido en el aire referente a tierra dentro de la sombra eléctrica, se cargará eléctricamente con una tensión proporcional a su altura y el campo electrostático presente, como si de un condensador se tratara. Como referencia a 10 metros de altura, las líneas de datos o telecomunicaciones aisladas de tierra, pueden padecer tensiones de 100 a

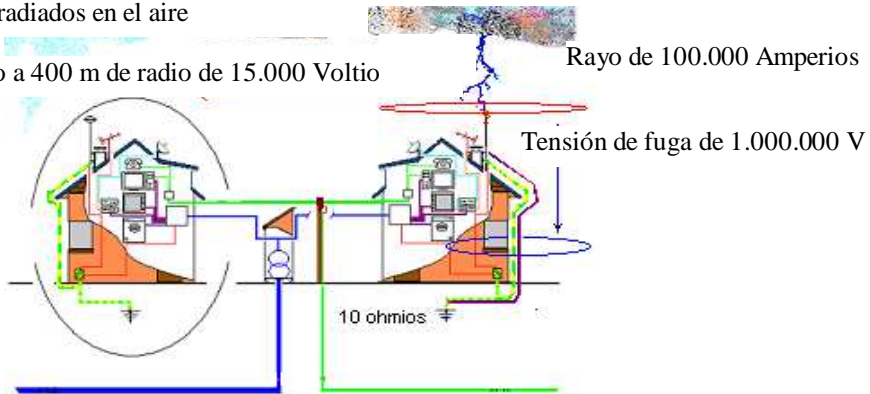
300.000 voltios con respecto a tierra, dentro de un campo electrostático medio, y aparecer tensiones o arcos eléctricos en las mallas de tierra que apantallan los cables referentes a tierra.

Tercer instante: Pulsos electromagnéticos (EMP).

En el instante mismo del impacto de rayo en un pararrayos o en un elemento cualquiera, el contacto físico de la energía del rayo en el punto de contacto, genera una chispa que se transforma en un pulso electromagnético que viaja por el aire, en el mismo instante el flujo de la corriente que circula por los conductores eléctricos de tierra a la toma de tierra, genera un campo magnético proporcional a la intensidad de la corriente de descarga del rayo.

100.000.000 Kilowatios radiados en el aire

Pulso electromagnético a 400 m de radio de 15.000 Voltio



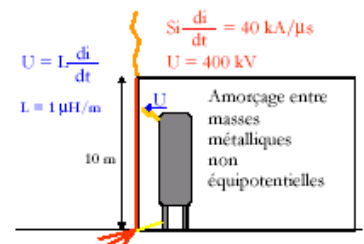
La energía radiada por el pulso electromagnético en el aire viaja a la velocidad de la luz, induciendo por acoplamiento todo aquello que se encuentre a su paso referente a tierra, destruyendo nuestros componentes electrónicos y los de nuestro vecino en un radio de 1.500 metros y llegando la señal radiada a más de 300 Km. de distancia. La intensidad del pulso electromagnético es variable en función de la intensidad de descarga del rayo y del punto de contacto físico con el elemento impactado, el tiempo de la transferencia de la corriente a tierra y el nivel de absorción de la tierra física, determinarán los valores eléctricos de acoplamiento y destrucción en los equipos cercanos.

Cuarto instante: Sobretensión y tensiones de paso durante el impacto de rayo

El impacto de rayo directo sobre los cables aéreos, genera una onda de corriente, de amplitud fuerte, que se propaga sobre la red aguas abajo y aguas arriba creando una sobretensión de alta energía. Las consecuencias: Destrucción de material, envejecimiento prematuro de los componentes electrónicos sensibles y disfunción de los equipos conectados a la red con peligro de incendio.



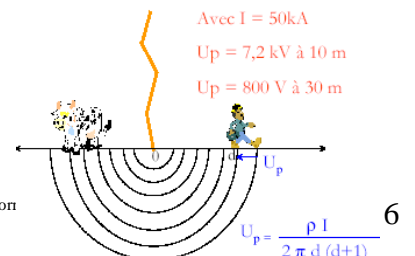
En caso de rayos de media intensidad (40.000 A), el acoplamiento en los equipos que no estén conectados a la misma toma de tierra, o flotantes tendrán el riesgo de que les aparezcan arcos eléctricos que saltarán entre masas de diferente potencial durante el instante de la descarga del rayo cercano, los valores de tensión que pueden aparecer serán superiores a 400.000 Voltios.



Quinto instante: Corrientes de tierra.

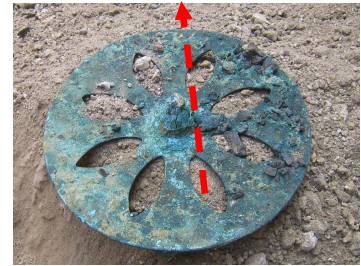
En función de la intensidad de descarga del rayo en el pararrayos, las tomas de tierra no llegan a adsorber la totalidad de la energía potencial descargada en menos de 1 segundo, generando retornos eléctricos por la toma de tierra al interior de la instalación eléctrica. Este fenómeno puede generar tensiones de paso peligrosas.

Otro fenómeno que repercute a tensiones de tierra, es la diferencia de potencial entre masas o electrodos de tierra cercanos al impacto de rayo, al producirse la descarga del rayo todos los fenómenos antes descritos interactúan entre ellos y tienden a descargar a tierra, en función de la distancia entre electrodos se generará una resistencia

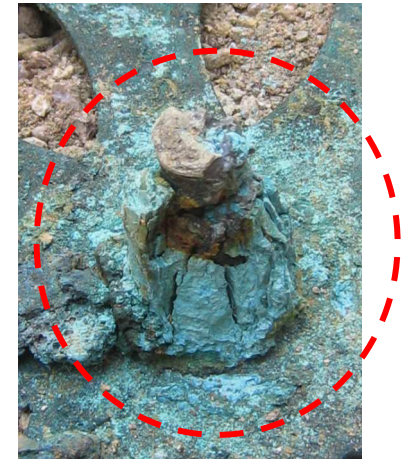


propia del semiconductor (el compuesto químico de la tierra física), y aparecerán tensiones de paso peligrosas entre electrodos.

La vida útil de los electrodos de tierra y cables de tierra se acorta con cada descarga de rayos en un pararrayos y sufren una pérdida de material a causa del brusco intercambio de iones en cada proceso de transferencia de energía. (Foto, electrodo de cobre en forma de estrella que se utiliza para la construcción de una toma de tierra de pararrayos en punta o electrónico después de 4 años).



Cada impacto de rayo en un pararrayos, genera una fuga brutal de corriente que pasa a tierra por medio del cable de cobre al electrodo de tierra para disiparse en la tierra física, en ese momento de descarga de la corriente del rayo, se crea un intercambio de iones o electrólisis natural entre el material del electrodo y la tierra física, el intercambio iónico brutal e instantáneo reacciona con el entorno, creando una cristalización de la tierra física, degradación y oxidación de los electrodos metálicos.



Cada descarga de rayo, evapora el agua que contiene la tierra a su alrededor, modificando la resistencia propia de la toma de tierra y aumentando el riesgo de aparición de tensiones en la próxima descarga.

Con el tiempo los electrodos que se utilizan como puesta a tierra, llegan a desaparecer, ya en su primer año de vida, pierden contacto físico con la tierra y su capacidad de transferencia disminuye peligrosamente a causa de la oxidación.

Se tiene que tener en consideración que todos los materiales o puntos de contacto a tierra tiene diferente valores de comportamiento eléctrico, su propia resistencia como conductor eléctrico puede variar considerablemente en función de las condiciones que lo rodean (humedad, temperatura, contaminación química, etc.).

El Mantenimiento y la revisión anual de las tomas de tierra eléctricas es obligatorio para garantizar una buena disipación de las fugas de corriente y garantizar la seguridad eléctrica de los trabajadores y equipos.



Fusión en microsegundos (pararrayos)

Valores orientativos relacionados con el fenómeno rayo:

- Tensión que pueden aparecer en tierra antes de la descarga del rayo1000 a 45.000 V
- Campo electrostático por metro de elevación sobre la superficie de la tierra.....10 kV
- Intensidades de de corriente que circulan por los cables de tierra.....5.000 a 350.000 A
- Tensiones que pueden aparecer en los cables de tierra y la tierra50.000 a 3.500.000 V
- di/dt en función del tipo de rayo.....7.500 A/s a 500.000 A/s
- Energía de radiación del pulso electromagnético de un rayo de 50.000 A25.000.000 kW
- Frecuencia causada por cada impacto del rayo (ELF)1 Hz
- Distancia de recorrido de la señal del rayo en función de su intensidad 10.000 km
- Temperatura de contacto en función de tipo de rayo.....8.000 a valores superiores a 27.000 C^o/μs
- Propagación del sonido del rayo340 m/s
- Propagación del pulso electromagnético299.900 Km/s

Los efectos del rayo en la industria y sobre el cuerpo humano.

El cuerpo humano es una máquina bioeléctrica, polarizada eléctricamente y toda la actividad electromagnética del entorno nos afecta. Cada impacto de rayo genera una radiación o pulso electromagnético peligroso para las personas. Los campos electromagnéticos artificiales perturban el magnetismo natural terrestre y el cuerpo humano sufre cambios de sus ritmos biológicos normales pudiendo sucumbir a diferentes enfermedades.

Estos fenómenos están en estudio, pues pueden afectar la membrana celular a partir de una gran exposición en corto tiempo; en función de la radiación absorbida nuestro sistema nervioso y cardiovascular pueden estar afectados. Hoy en día está comprobado que las corrientes eléctricas de baja frecuencia con densidades superiores a 10 mA/m² afectan al ser humano, no sólo al sistema nervioso sino también pueden producir extrasístoles. Toda radiación superior a 0.4W/kg no podrá ser adsorbida correctamente por el cuerpo. El aumento repentino de 1 grado en el cuerpo puede producir efectos biológicos adversos, éste fenómeno puede ser representado por radiaciones de gigaherzios o microondas. Los rayos causan muchas muertes en el mundo, sólo en Brasil mueren cien personas por año. Es uno de los países más afectados por la muerte directa de personas causada por los rayos, según investigadores brasileños equivale al 10 % del total mundial.

Algunas estadísticas de daños en Francia causados por el rayo.
Hemos tomados los datos del portal de Météorage que a continuación citamos:
http://www.meteorage.fr/meteorage.fr/foudre_phenomene_physique6.html

- Una media de 1.000.000 de impactos de rayo por año.
- El coste anual de los daños causados por el rayo se cifra en millones de Euros.
- Mueren cada vez más personas, entre 8 y 15 muertos por año.
- Más de 20.000 animales muertos.
- 20.000 siniestros causados por rayos de los cuales 15.000 ocasionaron incendios.
- 50.000 contadores eléctricos destruidos.
- 250 campanarios afectados.

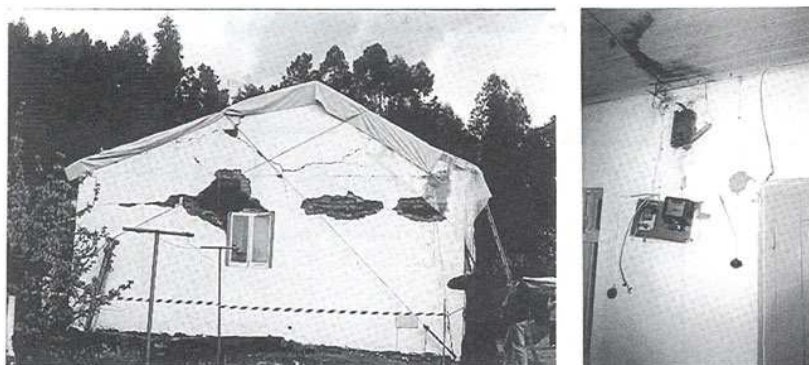


Fig. 2: Daños causados por un rayo que impactó en la antena TV
(Marzo de 2002, Limeiras, Portugal)



Rayos descendente

Rayo ascendente

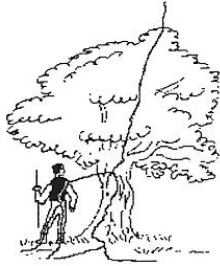
Rayo lateral (2 piso)

Rayo lateral (5 muertos)

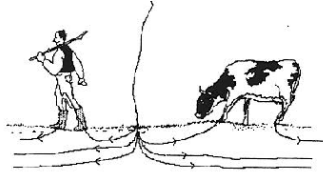
Los impactos de rayo pueden ser mortales para el ser humano. Cuando el rayo impacta en un punto, genera varios efectos debido a la desproporcionada y devastadora energía transferida y radiada. Los fenómenos repercutidos serán de diferente gravedad en función de la intensidad de la descarga del rayo.

Impacto de rayo directo: Muerte instantánea por electrocución, paro cardíaco, paro respiratorio, lesiones cerebrales.

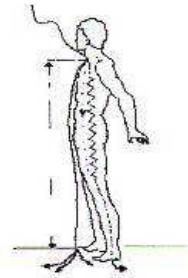
En función de la distancia referente a la descarga del rayo, los efectos electromagnéticos y térmicos afectarán directamente al cuerpo humano y en función de nuestra orientación a la descarga los efectos pueden ser diferentes a los de nuestro acompañante.



Diferencia de potencial



Tensiones de paso



Impacto directo



Efectos indirectos, resumimos los diferentes efectos físicos que pueden ocasionar a las personas, si nos encontramos dentro de un radio de acción inferior a 120 metros del impacto de rayo.

Efectos físicos por:

- Quemaduras en la piel.
- Rotura del tímpano.
- Lesiones en la retina.
- Caída al suelo por onda expansiva.
- Caída al suelo por agarrotamiento muscular debido a una tensión de paso ligera.
- Lesiones pulmonares y lesiones óseas.
- Estrés post-traumático

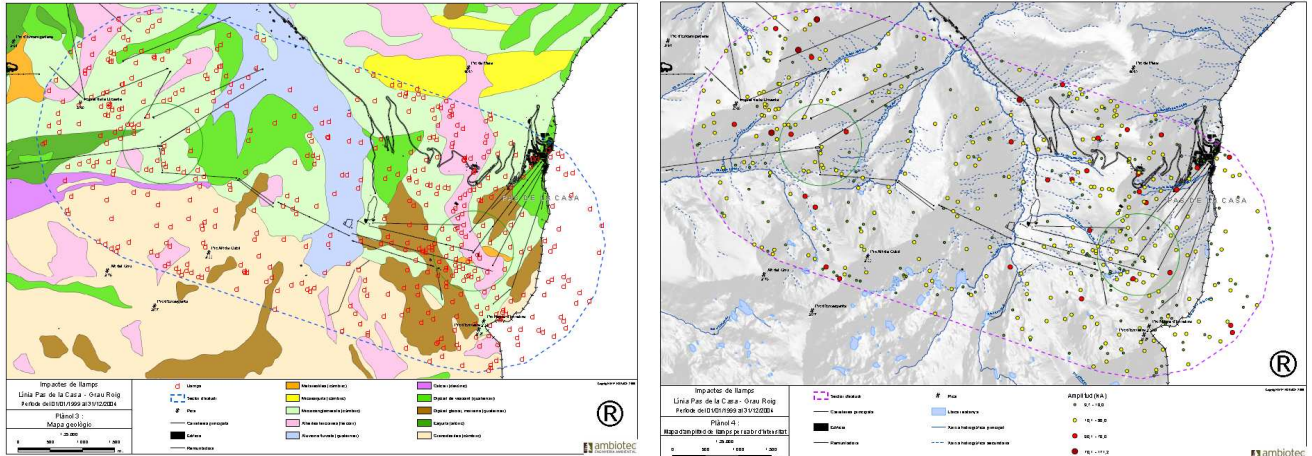
Algunas estadísticas de muertes a causa del rayo en el año 2005.

Casos	Muertos	Situación
1	1	En la playa
1	1	Montando a caballo
1	1	Pescando
1	10	Estando dentro de la iglesia
1	3	Asistiendo a un entierro de un familiar
1	110	Viajando en un avión
2	2	De acampada en la montaña
2	4	Paseando por el campo
3	9	Cumpliendo por la patria
3	18	Trabajando
4	11	Estando dentro de casa
10	23	Mientras jugaban a fútbol
11	24	Protegiéndose de la lluvia debajo de un árbol
13	20	No especificada

Estudio del comportamiento del rayo sobre el terreno

La zona de estudio es Pas de la Casa - Grau Roig, en el Principado de Andorra, supera los 32 km² y está situado entre los 2.000 y 2.400 metros sobre el nivel de mar en plena montaña, el período de estudio fue de 5 años, entre 1.999 y 2.004 incluidos.

De los 473 rayos registrados y analizados, 21 impactos fueron positivos (Tierra-nube) y 452 impactos negativos (nube-tierra) es decir, un 5 % de las descargas fueron positivas.



Los estudios de la densidad de impactos de rayos, determinan que el rayo puede incidir en cualquier lugar del suelo independientemente de su resistencia dieléctrica.

En la zona de estudio, podemos encontrar terrenos de diferente compuesto mineral, la resistencia dieléctrica del terreno, en un mismo punto, varía enormemente según la estación del año, pasando de valores de 10 Ohmios a valores de 100 Ohmios en invierno a causa del hielo y en pleno verano a causa de la evaporación del agua.

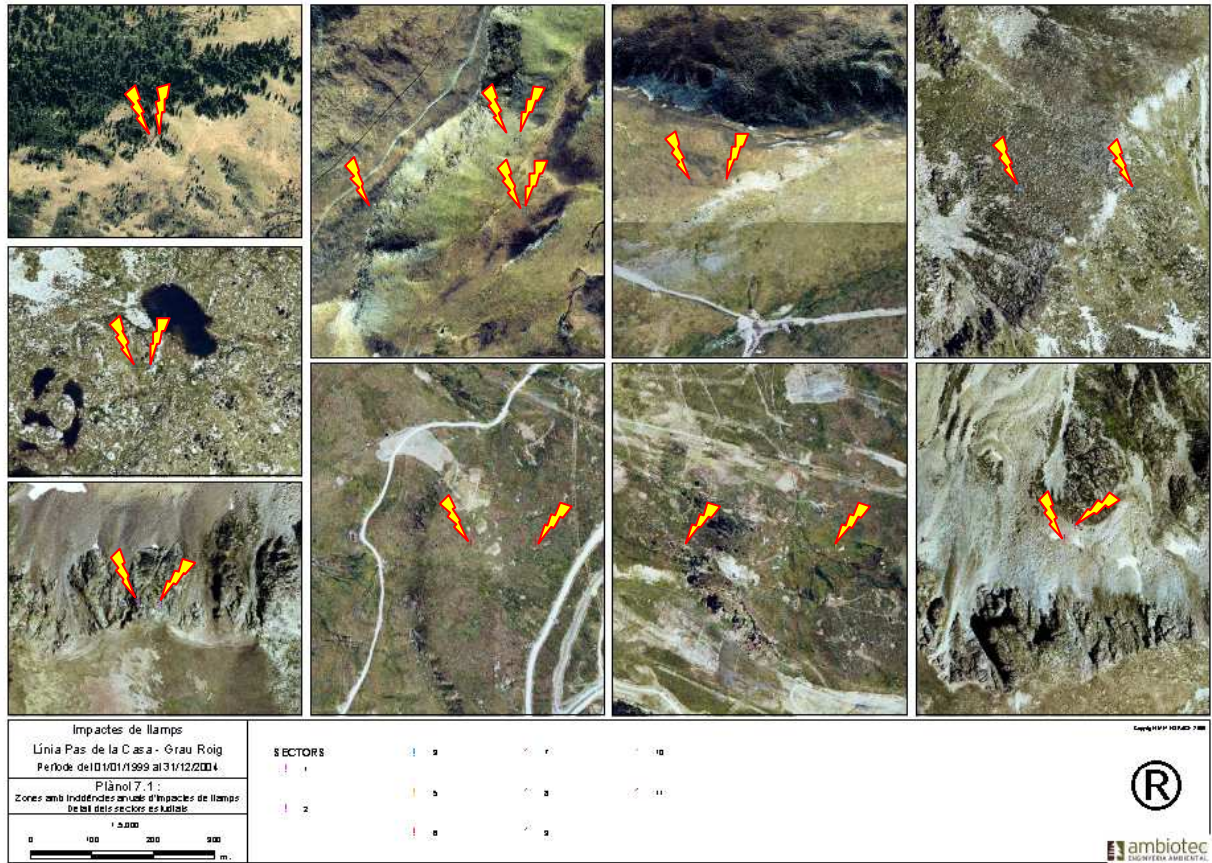
Valores de referencia en Ω en función del tipo de terreno

- | | |
|---|-------|
| • Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50 |
| • Terrenos cultivables poco fértiles, terraplenes compactos y secos | 500 |
| • Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables | 3.000 |

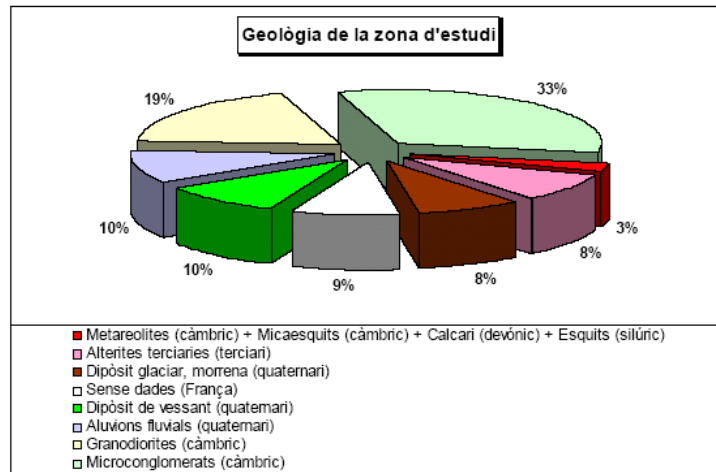
Valores en Ω según su composición

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| • Limo | 20 a 100 |
| • Humus | 10 a 150 |
| • Turba húmeda. | 5 a 100 |
| • Arcilla plástica | 50 |
| • Margas y arcilla compacta | 100 a 200 |
| • Margas del jurasico | 30 a 40 |
| • Arena arcillosa | 50 a 500 |
| • Arena silíceas | 200 a 300 |
| • Caliza compacta | 1.000 a 5.000 |
| • Suelo pedregoso desnudo | 1.500 a 3.000 |
| • Pizarra | 50 a 300 |
| • Granito, gres y alterados | 100 a 600 |

El estudio del terreno, determina que las zonas de impactos de rayos son aleatorias, aparecen registros de impacto en las piedras, en tierra seca o húmeda, en las cumbres de las montañas, en las laderas y valles, en el suelo cerca de una torre de alta tensión. Las descargas de rayo de este estudio varían de intensidad, entre 9.000 a 171.000 Amperios y la intensidad de descarga del rayo no está relacionada con la resistencia eléctrica del terreno en el punto de impacto ni su altura.



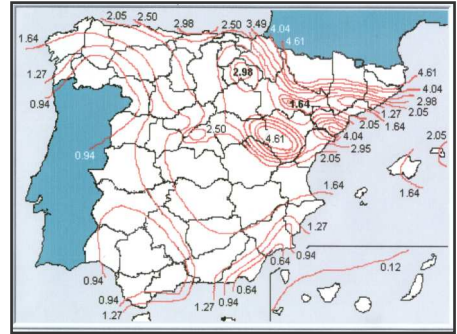
Después de analizar los datos y efectuar un análisis sobre el terreno a nivel geológico, podemos determinar que una vez formada la carga del rayo, su impacto en tierra no depende del tipo de terreno ni de la resistencia eléctrica del compuesto de tierra, en cambio cuando el rayo impacta en un lugar, o elemento, los efectos electromagnéticos y térmicos que aparecerán dependerán de la disipación y absorción de la energía transferida en el punto de impacto, cuanto más alta es la resistencia del terreno o elemento afectado, mas destrucción directa y repercusiones indirectas aparecerán en el propio elemento y en el entorno.



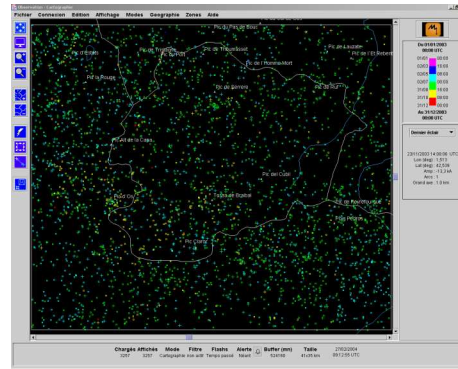
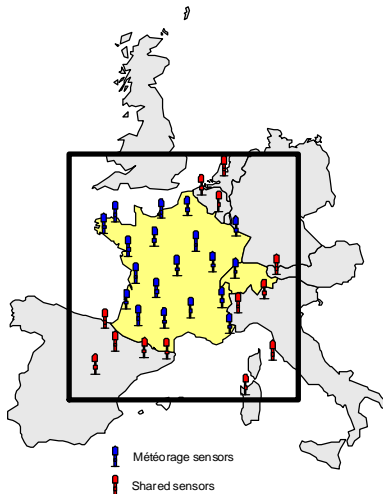
Mapas keráunicos y mapas de densidad de rayos

El nivel keráunico, se valora por el número de días de tormentas con la actividad de al menos un rayo (tormenta / año / km²); estos niveles de riesgo de rayos sólo son de referencia, pues suelen ser muy variables durante el mismo año, algunos niveles se mantienen durante más tiempo por las características del contexto ambiental y telúrico, la media tiene que ser valorada como mínimo cada 5 años, en griego “Keraunos” significa rayo, por ese motivo utilizamos erróneamente la palabra Keráunico, cuando a este mapa se le tendría que llamar nivel de tormentas.

Las líneas Isokeráunicas son indicadores de medición de una área concreta que determinan diferentes zonas por donde aparecen las tormentas eléctricas, (ver líneas del mapa), el valor de estas líneas no se pueden utilizar como valor cálculo para determinar un nivel de riesgo de rayos y determinar o no el utilizar un medio u otro de protección a las personas.



Densidad de rayos, no se tiene que confundir el nivel de riesgo de rayos reflejado en un mapa Keráunico (días de tormenta + 1 rayo), con una zona de riesgos de rayos (densidad de rayos), el nivel Keráunico no determina si una zona geográfica tiene más o menos actividad de impactos en el suelo en un día o en un año, para conocer el nivel de riesgo de rayos de una zona se tiene que efectuar un estudio particular a partir de los valores estadísticos de los centros de teledetección de rayos oficiales o estatales y analizar el comportamiento del rayo en la onda. Los estudios de los datos tienen que ser de por lo menos 5 años de actividad. Los datos tienen que proceder de fuentes de información que garanticen su fiabilidad, como por ejemplo Institutos Nacionales de Meteorología y que los equipos de registro de cada impacto de rayo sean lo suficiente para triangular perfectamente las zonas geográficas de un País.



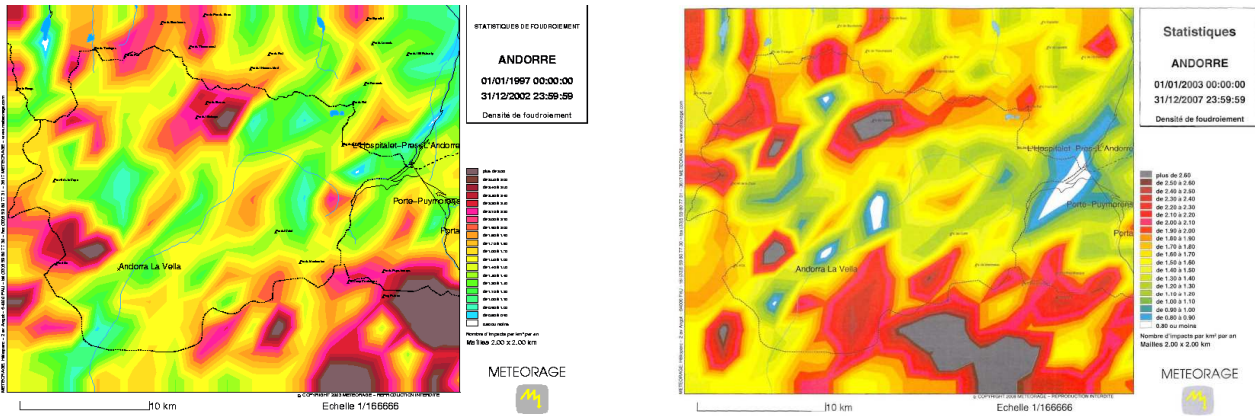
Distribución de sondas para la teledetección de rayos

Actividad de rayos en tiempo real

En el caso de MÉTÉORAGE (FRANCIA), las sondas cubren perfectamente todo el territorio y se comparten las zonas de los países frontereros para cubrir todo el territorio, de no ser así los datos no tendrán una fiabilidad. Los mapas de densidades de rayos, se confeccionan a partir de los valores estadísticos de impactos de rayos que proporcionan las diferentes empresas de teledetección de rayos de cada país, los datos que han suministrado son:

- Número de impactos de rayos en un radio de 2 km.
- Fecha.
- Hora (GTM).
- Latitud y longitud.
- Intensidad en kA.
- Distancia en Km. del impacto referente a la instalación.
- Dirección del impacto referente al norte.

Mapas de densidad de rayos, los mapas siguientes, definen el nivel de riesgo de rayos del Principado de Andorra, los diferentes colores determinan la densidad de impactos de rayos, el mapa de la izquierda corresponde al período de estudio de 5 años, desde 01/01/1997 al 30/12/2002 incluidos, y el de la derecha a partir del 2002 al 2007. Se puede comprobar que en cada ciclo de 5 años, la actividad de rayos ha variado, es por ese motivo que la protección del rayo es más bien una prevención para reducir los riesgos de averías o muertes.



El cambio climático

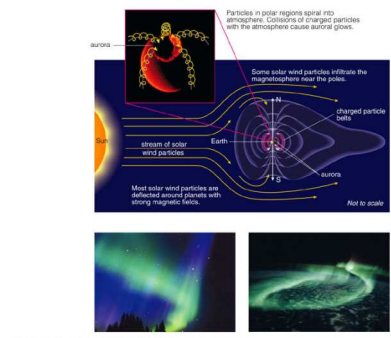
El aumento de la actividad de tormentas, está relacionado con el cambio climático, las tormentas eléctricas empiezan a aparecer fuera de sus temporadas habituales y con una actividad de rayos más intensa de lo normal, la tendencia para los próximos años es al incremento.

Una actividad eléctrica anormal en la atmósfera: El cambio climático, a día de hoy es una gran incógnita, los científicos buscan desesperadamente los parámetros que podrían determinar la evolución real de a dónde vamos y por qué. La realidad es que estamos en un cambio, o más bien en un proceso natural de adaptación, de la naturaleza referente a su entorno perturbado, para encontrar su equilibrio.

Lo que podemos afirmar hoy, es que esta adaptación de la naturaleza está modificando el clima, sea por la variación acelerada del campo magnético “desplazamiento del polo Norte magnético” o por la actividad frenética de las tormentas solares “Erupciones solares “. Los dos efectos, pueden repercutir en una saturación eléctrica del aire que respiramos, y acelerar caóticamente la actividad electroquímica natural de la atmósfera. La reacción, repercutiría en grandes desplazamientos de masas de átomos cargados “aniones y cationes”.

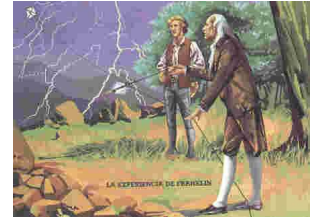
El efecto / causa, podría repercutir en fuertes intercambios electroquímicos atmosféricos, generando vientos y cambios térmicos a causa del incremento de la ionización del aire. Las zonas de la atmósfera más afectadas por el movimiento y concentración de cargas, induciría a otras al intercambio para su compensación, incluyendo variaciones instantáneas de las temperaturas del aire de las zonas. Estos intercambios termodinámicos perturbarían las corrientes térmicas naturales, y se transformarían en grandes tormentas con alto nivel de actividad eléctrica “rayos”. El potencial de energía del rayo durante la descargas, es aleatorio en todo el planeta, pero cada vez, se aprecia una tendencia al incremento y las erupciones solares, son alguna de las causantes del aumento de la saturación de la carga en la atmósfera

Durante las tormentas solares nuestro planeta está golpeado implacablemente por radiaciones ultravioletas, rayos X y torrentes de partículas cargadas, lo cual distorsiona el campo magnético e induce poderosas corrientes eléctricas a la atmósfera, este fenómeno se representa en tormentas eléctricas y mucha actividad de rayos positivos (tormentas secas) y en peligrosas auroras, como la del 20 de noviembre del 2003, una pequeña explosión solar provocó la aparición de auroras en lugares inesperados. Las erupciones solares afectan al funcionamiento normal de las telecomunicaciones y es una de las causas de averías inesperadas y no justificadas en los centros de telecomunicaciones. Según informes de la NASA, se espera una máxima actividad solar para el año 2012.



Análisis de una instalación de telecomunicaciones protegida con un pararrayos tradicional acabado en punta o con dispositivo de cebado.

Introducción a los pararrayos. En 1747 B. Franklin inició sus experimentos sobre la electricidad. Adelantó una posible teoría de la botella de Leyden, defendió la hipótesis de que las tormentas son un fenómeno eléctrico y propuso un método efectivo para demostrarlo. Su teoría se publicó en Londres y se ensayó en Inglaterra y Francia, antes incluso de que él mismo ejecutara su famoso experimento con una cometa en 1752. Inventó el pararrayos y presentó la llamada teoría del fluido único para explicar los dos tipos de electricidad atmosférica, la positiva y negativa. Desde entonces el pararrayos tipo Franklin no ha evolucionado.



Todos los pararrayos que acaban en una o varias puntas tienen como principio la excitación y captación del rayo. En mayor o menor grado generan efectos secundarios de contaminación electrostática y electromagnética que afectan con la posible destrucción a las instalaciones eléctricas y equipos, por ese motivo los fabricantes de pararrayos recomiendan protecciones suplementarias en las instalaciones internas para minimizar los efectos de la subida de tensión temporal (sobretensión) en los equipos eléctricos, de telecomunicaciones, audiovisual y cualquier otro que contengan electrónica sensible, durante la descarga del rayo en el pararrayos.

Durante la evolución industrial, no existían tecnologías electrónicas tan sensibles como las actuales. Si miramos a nuestro alrededor, pocos son los equipos eléctricos o electromecánicos que no llevan incorporado un sistema electrónico de control para facilitarnos los procesos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, todos ellos incorporan componentes electrónicos cada vez más reducidos y sensibles a las variaciones de tensión y frecuencia. Es evidente que les afecta la contaminación eléctrica ambiental y dependen de la continuidad y calidad en el suministro eléctrico o en la comunicación de la información, por ese motivo se tienen que evitar en lo posible las fuentes que generan perturbaciones electromagnéticas, como por ejemplo los impactos de rayos cercanos o las instalaciones de pararrayos.

Diferentes modelos de pararrayos tradicionales en punta, multipuntos y puntas con dispositivo de cebado que trabajan con Alta Tensión.



Pararrayos Franklin puntas simples (PF)



Pararrayos Franklin multipuntas, tipo erizo y tipo puntas invertidas (PFM)



Pararrayos Franklin con dispositivo de cebado (PFDC)

Principios de funcionamiento de los pararrayos tradicionales

Pararrayos Franklin puntas simple (PF)

Material de que se componen.

1. Son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados Punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en función del modelo de cada fabricante, algunos fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador pero sólo es un efecto decorativo. Existen cientos de modelos, su proceso de fabricación es simple, se trabaja el material a partir de una barra de metal y se tornea hasta llegar a conseguir el diseño adecuado, sus características de aguante térmico y eléctrico determinan los materiales con los que se fabrican.

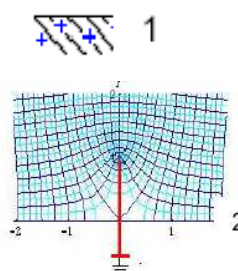


2. Su principio de funcionamiento.

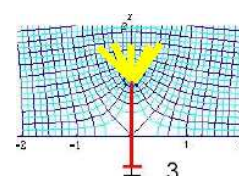
Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión entre nube y tierra (1). Las cargas se concentran en las puntas más predominantes a partir de una magnitud del campo eléctrico (2). Alrededor de la punta o electrodo aparece la ionización natural o efecto corona, resultado de la transferencia de energía. Este fenómeno es el principio de excitación para trazar un canal conductor que facilitará la descarga del fenómeno rayo (Leader).



En función de la transferencia o intercambio de cargas, se pueden apreciar, en la punta del pararrayos, chispas diminutas en forma de luz, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos (efecto corona 3).



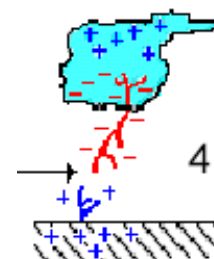
Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo, un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente. Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (Trazador o canal ionizado) (4).



El rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se encarga de transferir en un instante, parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias veces.

3. El objetivo de estos pararrayos atrae-rayos es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

Se conocen casos en instalaciones reales en los que parte del pararrayos ha desaparecido a causa del impacto, que superó los 350.000 Amperios. Algunos estudios demuestran que estos equipos no son eficaces.

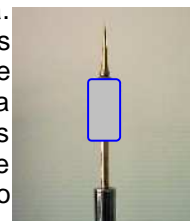


Los pararrayos que aportan otras puntas, generan un retraso en la descarga, a más puntas de transferencias de carga, más distribución de las cargas en menos tiempo y reducción por lo tanto de la distancia y constancia de ionización, en el caso de puntas invertidas, estos modelos conducen peligrosamente la trayectoria del rayo para que salga de la punta y busque otra vez el camino ascendente, en caso de rayo, el impacto puede aparecer al pie del mástil del pararrayos, para los multipuntos, si el principio del pararrayos Franklin de punta simple es bueno, el multipuntas es mejor porque aumenta la capacidad de transferencia de la punta por tantas puntas que tenga, reduciendo así la posibilidad de que el rayo aparezca pero no anulándola al 100%.

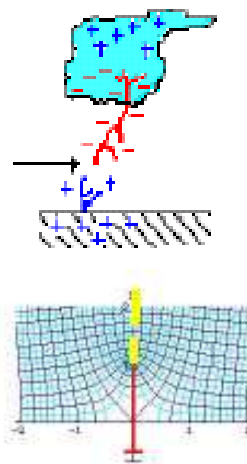
Se tiene que destacar, que los multipuntas son equipos ionizantes pero de más capacidad que una punta simple y no generan ninguna emisión complementaria de iones al aire, son pasivos y trabajan con el mismo principio físico de todos los captadores de rayos. Cualquier otra exposición científica no tiene cabida en la física de la electricidad atmosférica.

Pararrayos Franklin con dispositivo de cebado (PFDC)

Están formados por electrodos de acero o de materiales similares acabados en una punta. Incorporan un sistema electrónico que genera un avance teórico del trazador; otros incorporan un sistema piezoeléctrico que genera un efecto similar. Los dos sistemas se caracterizan por anticiparse en el tiempo en la captura del rayo, una vez que se produce la carga del dispositivo electrónico de excitación (cebador). Las medidas de los cabezales varían en función del modelo de cada fabricante. No incorporan ninguna fuente radioactiva. Cabe destacar que en España se llaman pararrayos con dispositivo de cebado y se define en "PDC", en Francia el mismo tipo se define por "PDA" y en USA "ESE".



El principio de funcionamiento del PFDC sigue siendo el mismo que los pararrayos tipo Franklin, la diferencia tecnológica de estos equipos está en el sistema electrónico, que aprovecha la influencia eléctrica del aumento de potencial entre la nube y la tierra para autoalimentar el cebador. Son componentes electrónicos que están alojados normalmente en el interior de un envase metálico y colocado en la parte más cercana de la punta del pararrayos y sirve para excitar la avalancha de electrones (ionización). La excitación del rayo se efectúa ionizando el aire por impulsos repetitivos. Según aumente gradualmente la diferencia de potencial entre el pararrayos y la nube, aparece la ionización natural o efecto corona. Son mini descargas que salen de la punta con más intensidad para ionizar el aire más lejos; este fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor intermitente que facilitará la descarga del fenómeno rayo.



El dispositivo electrónico de cebado del PFDC está conectado en serie entre el cabezal aéreo y la punta. Sólo funciona con rayos negativos. El sistema de cebado necesita un campo eléctrico de alta tensión polarizado y un tiempo de carga para activar su dispositivo electrónico. Una vez cargado el dispositivo cebador, generará un impulso de cebado intermitente mientras exista el aporte de energía natural. Este tiempo de carga del dispositivo electrónico de cebado no se contabiliza en los ensayos de laboratorio de alta tensión para la homologación de un PFDC. En el campo de aplicación, el dispositivo electrónico de cebado instalado en la punta del PFDC necesita un tiempo de trabajo y una polarización estable del campo eléctrico para efectuar la primera carga del sistema electrónico de cebado y generar impulsos. Durante ese proceso, el efecto de ionización se retrasa en la punta del PFDC referente a los sistemas tradicionales de pararrayos de una punta tipo Franklin. El dispositivo de cebado está formado por pequeños componentes electrónicos sensibles a los campos electromagnéticos, compuesto de: diodos, bobinas, resistencias y condensadores aislados entre sí por una resina.

El Cebador del PFDC está dentro de la influencia directa de los efectos térmicos, electrodinámicos y electromagnéticos que genera el impacto del rayo durante la descarga. En función de la intensidad de descarga del rayo, la destrucción del dispositivo electrónico es irreversible.

A partir de ese momento, la eficacia del PFDC no está garantizada. Algunos fabricantes de PFDC aconsejan en sus catálogos la revisión del dispositivo electrónico de cebado cada vez que reciba un impacto o descarga del rayo en el pararrayos para garantizar su eficacia y evitar peligros mayores. El objetivo de estos pararrayos es excitar la descarga y capturar el impacto del rayo negativo a tierra lo antes posible para conducir su potencial de energía y de alta tensión por un cable de tierra a la toma de tierra eléctrica (sólo rayos negativos). Según la norma UNE 21186, el conjunto de la instalación no garantiza la protección de las personas, animales e instalaciones.

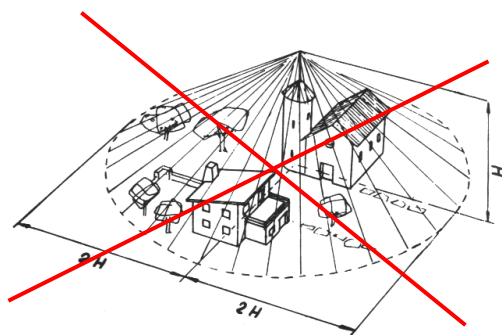


Existen otros ensayos de campo en tiempo real para demostrar la eficacia de los pararrayos, sean de un modelo u otro, pero a la realidad el ensayo no tiene un valor real, sólo de referencia, el motivo es que se excita la descarga del rayo por medio de un cohete unido a tierra con un cable conductor, al enviar el cohete por el cable baja una descarga provocada de poca intensidad (inferior a 15 kA), es una flámula que no se puede detectar su intensidad ni polaridad con los sistema de teledetección de rayos pues no genera pulso electromagnético, es decir el equipo puesto a experimentación recibe una pequeña corriente de rayo conducida como si inyectáramos corriente desde un transformador de alta tensión, tanto energía como trayectoria son provocadas y no naturales, por este motivo estos ensayos no tiene valor para justificar la eficacia de modelos del pararrayos.

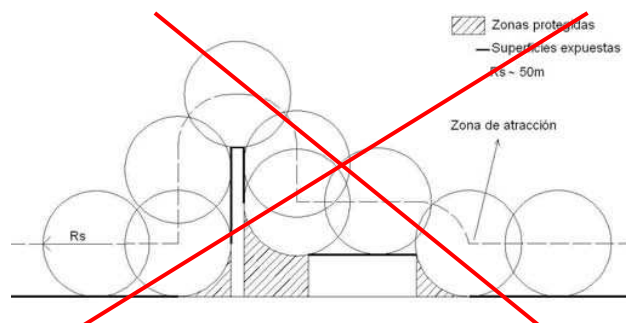


Cono de cobertura teórico, (una teoría insostenible)

Cada fabricante de pararrayos convencionales PF o PFDC, propone un cono de cobertura como medio de protección y dentro de este cono de protección se define la zona como una zona segura de no rayos. Pues bien, tanto en esta teoría del cono, como la de las esferas rodantes, no se define como se consigue evitar dentro de la zona protegida que aparezca un campo eléctrico de alta tensión sin efectuar un perimetral de cable de cobre. La ionización de los elementos y el cálculo de probabilidades de que aparezca un líder a causa del campo eléctrico de alta tensión en tierra, sigue siendo en cada caso el mismo, esté colocado un Pararrayos tradicional o no, en la parte más alta de la instalación, estas 2 teorías se derrumban delante de los estudios del comportamiento del rayo y de las referencias de accidentes de rayos dentro del cono teórico de protección según el informe Omega 3 del INERIS.



Cono de cobertura PF



Teoría de las esferas rodantes PFDC

Tensiones límites de trabajo de los pararrayos tradicionales y seguridad eléctrica al consumidor

Un valor importante que no comunican los fabricantes de pararrayos convencional al consumidor, es su límite de seguridad de trabajo que tiene el pararrayos y el resto de la instalación, que tensiones y amperajes puede soportar el pararrayos, los cables de tierra y la toma de tierra sin deteriorarse y sin que genere peligro a los consumidores. Es decir, en ningún catálogo se define el límite de amperaje que el equipo puede soportar, tampoco se contemplan las tensiones que soportará sin que se autodestruyan los elementos metálicos y se separen y caigan desde lo alto de la estructura al suelo, sin romper ni matar a alguien. Un tema muy importante, es que los fabricantes de pararrayos tradicionales no recomiendan señalar los bajantes de cobre ni tampoco comunican la necesidad de un protocolo a seguir de distancias de seguridad durante las tormentas para evitar riesgos eléctricos durante la circulación de corrientes de alta tensión en el momento de la descarga del rayo en la torre de telecomunicaciones.

Programas de cálculo de riesgo de rayos.

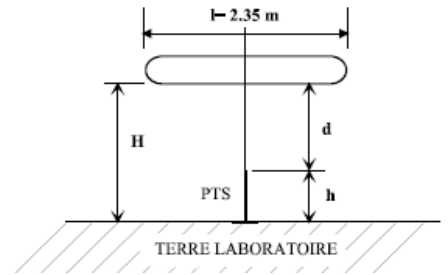
No recomendamos utilizar un programa de cálculo que identifique un nivel de riesgo de rayos y la necesidad o no de colocar un sistema de protección, utilizando variables fijas cuando éstas son variables distintas cada vez, como por ejemplo el determinar un nivel Keráunico o la densidad de rayos según un mapa. Estos programas no contemplan la probabilidad de riesgo eléctrico que el rayo generará en función del comportamiento meteorológico, cuando realmente existe una relación causa entre el comportamiento meteorológico del momento, las tormentas eléctricas y el riesgo eléctrico, son variables meteorológicas y de contaminación ambiental que existe en cada lugar del planeta y ninguna norma de pararrayos lo contempla.

Es muy temerario y de mucha responsabilidad legal y penal, el diseñar programas de cálculo y venderlo para que un usuario técnico lo utilice sin saber que el valor resultante de ese informe que se genera a un tercero es simplemente teórico y de referencia y que no tiene que ver para nada con la realidad de la protección del rayo y el nivel de riesgo eléctrico.

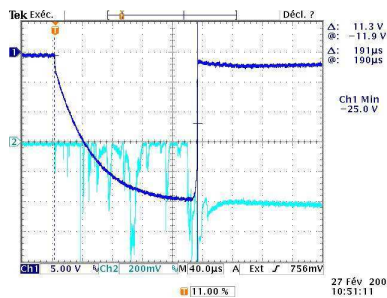
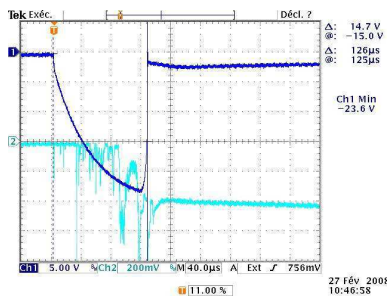
Tablas de selección de pararrayos según el avance de cebado.

Los fabricantes de pararrayos franklin con dispositivo de cebado, utilizan una tabla para la selección del mejor modelo de pararrayos según los resultados de mejoras de avance de los ensayos de laboratorios, según el avance del cebado se determina el cono de protección de la zona (cálculo todavía no identificado), este valor del avance en el tiempo de cebado del arco, se verifica efectuando unos ensayos de laboratorio de alta tensión según los protocolos de los propios fabricantes, curiosamente en los ensayos, sólo se contempla el avance de cebado entre el momento que aparece la ionización en la punta del pararrayos y el tiempo que tarda la descarga del arco en aparecer e impactar en el cabezal.

Configuration d'essais H=2,3m, h=1,1m et d=1,2m



Después de efectuar, nosotros, diferentes ensayos en laboratorios de alta tensión según los mismos protocolos de las normas UNE 21185 y NFC 17100 de pararrayos Franklin, pudimos verificar y afirmamos, que no existe tal avance ni diferencia en la captación del rayo en los equipos ensayados. En los ensayos de laboratorio según las normas UNE 21186 y NFC 17102 de los pararrayos franklin con dispositivo de cebado, se configura el laboratorio de tal manera que la configuración eléctrica y medioambiental no se parece ni en lo mínimo a un ambiente natural durante una tormenta, durante los ensayos de laboratorio no se ventilan los locales y el aire se enrarece ionizándose cada vez más y facilitando la aparición del arco en cada prueba nueva.



Gráficos de impulso de rayo y tiempos de respuesta de descarga en microsegundos

Después de un centenar de descargas de rayos en el laboratorio, el tiempo de cebado del último rayo es inferior al primero pero por condiciones ambientales del laboratorio (si se ventila no pasa eso o si se colocan ventiladores para generar corrientes de aire tampoco sale el valor deseado), con los centenares de ensayos, uno detrás de otro, se toma la media de todos los resultados y ese valor es el de avance en el cebado. Curiosamente no se refleja nunca la máxima y la mínima de la descarga o que tanto por ciento fue superior en tiempo a la punta y que tanto por ciento inferior (ESTAMOS HABLANDO DE DIFERENCIAS DE MICROSEGUNDOS EN UN METRO DE LABORATORIO PARA DETERMINAR UNA ZONA DE PROTECCIÓN DE 120 METROS), además en este tipo de ensayos, se simula paralelamente un campo de tensión polarizado constante para excitar el sistemas de cebado aparte de la descarga del rayo. A continuación una tabla de resultados de ensayos.

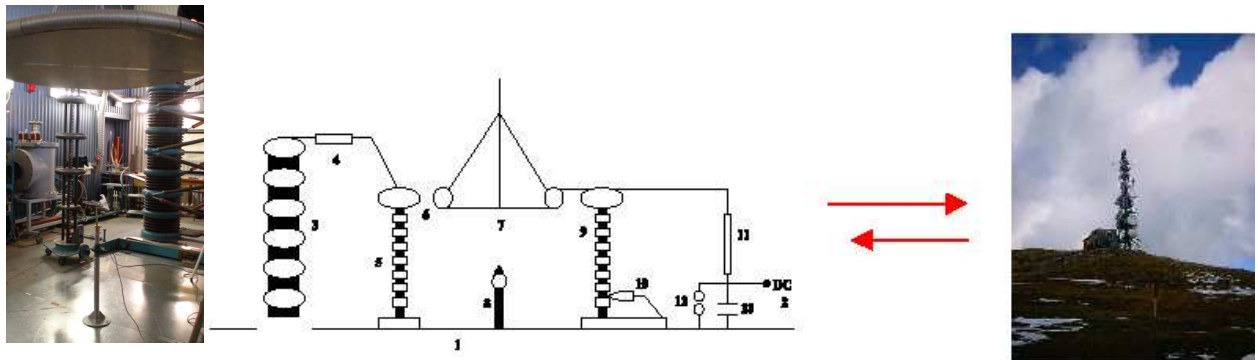
Choc nº	U _{mesure} (V)	Tb (μs)	Choc nº	U _{mesure} (V)	Tb (μs)
1	23	130	16	24,5	242
2	25,3	238	17	23,5	134
3	24,6	170	18	22,9	116
4	23,7	139	19	23,8	138
5	22,9	124	20	23,6	135
6	23,9	148	21	25,2	307
7	23,5	139	22	23,3	126

El valor V es el valor que marca el divisor de tensión y se multiplica por 23.500 para tener el valor real de tensión aplicada, a nivel de tiempos se contabiliza en microsegundos y a nivel de energía de rayo no se supera los 5 amperios.

Otro tema a considerar, es que el blindaje de la electrónica del circuito electrónico de cebado, no es suficientemente grande para que los efectos electromagnéticos del rayo no lo destruyan. Con certeza, cada impacto de rayo en un pararrayos con este dispositivo de cebado, dejará fuera de servicio el pararrayos, poniendo en peligro la zona de protección.

Parámetros de un laboratorio en Alta tensión

Los parámetros y procedimientos que se utilizan actualmente en un laboratorio técnico de alta tensión para realizar los ensayos, son fijos dentro de un protocolo y características técnicas. La configuración del ensayo no tiene que ver en absoluto con las tan diferentes configuraciones de las instalaciones de pararrayos. No se contempla el resto de los componentes de una instalación de un pararrayos, es decir, el mástil, los soportes, el conductor eléctrico, la toma de tierra, etc.



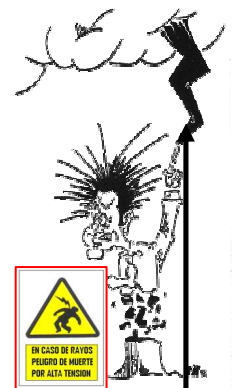
En el campo de aplicación de una instalación de pararrayos, intervienen muchos fenómenos medioambientales y diferentes contextos geográficos, formas arquitectónicas, materiales que pueden interferir positiva o negativamente en la transferencia, excitación y descarga de la energía del rayo. No se podrán representar jamás en un laboratorio técnico, todos los parámetros variables de los fenómenos naturales que están implicados estrechamente en la transferencia, excitación y descarga del rayo.

Valores comparativos entre el rayo generado en un laboratorio alta tensión y un rayo natural:

Valores	Instalación real	Instalación laboratorio
Medidas entre pararrayos y la nube	500 y 3.500 4.000 metros	1 a 2 metros
Medidas entre la punta del pararrayos y el suelo	De 12 a 443,2 metros	1 a 2 metros
Intensidad del rayo	5 a 350.000 amperios	0,5 a 5 amperios
Campo eléctrico entre nube y tierra	10.000 y 45.000 voltios/m	1 y 600.000 voltios/m

Los resultados de los ensayos experimentales en un laboratorio técnico de alta tensión, no se pueden utilizar como justificante que certifique la eficacia de funcionamiento de un pararrayos, y menos aun utilizar el valor de avance en el tiempo en la descarga para determinar un radio de cobertura de protección del rayo en una instalación real. Estos ensayos sólo se tendrían que utilizar a nivel técnico comparativo como referencia para que el fabricante pudiera conocer donde se forma la ionización y como se modifica el campo eléctrico del entorno.

Las pruebas de eficacia de un sistema de protección del rayo, tienen que ser efectuadas en el campo de aplicación cada 5 años y comprobar que cumplan con el objetivo para lo cual todo el conjunto de la instalación de un pararrayos ha estado diseñada, efectuando un seguimiento en tiempo real del fenómeno rayo y unas revisiones periódicas de mantenimiento. En los ensayos de campo, se tienen que verificar las perturbaciones electromagnéticas que genera cada instalación para poder evaluar, prevenir y señalar el riesgo que se pueda generar en el entorno en cada impacto de rayo y en función de su intensidad.



Normativas de los pararrayos tradicionales

Las normas actuales de pararrayos tipo Franklin PF o PFDC, dicen en su primer contenido que no ofrecen unas garantías de protección. El contenido de la norma define cómo efectuar una instalación de pararrayos y tiene como objetivo salvaguardar la vida de las personas y animales junto a sus propiedades. Remarcan que “en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el rayo, sino sólo una protección adecuada “pero cabe destacar que en ninguna de ellas hace referencia al riesgo eléctrico que aparecerá en función de cada tipo de rayo, datos esenciales para proteger las instalaciones y personas.

Resumimos algún contenido de las diferentes normativas de cada país de PF y PFDC:

BS 6651 “Esta guía es de naturaleza general... “Se hace énfasis en que, aun cuando se suministre protección, el riesgo de daños a las estructuras a proteger nunca puede ser completamente efectiva.

IEC 61024-1 Parte uno: Principios Generales “Un sistema de protección contra el rayo, diseñado e instalado conforme a esta norma, no puede garantizar una protección absoluta a estructuras, personas u objetos; sin embargo, el riesgo de daños causado por el rayo a estructuras protegidas será reducido significativamente mediante la aplicación de esta norma”.

API 2003. Capítulo 5. Sección cinco “Probablemente, la propiedad más importante del rayo es su complejidad, por lo que no existe una norma del rayo... No puede asegurarse, en forma absoluta, la prevención o disipación en forma segura de la corriente de rayo, aun cuando se tomen las precauciones conocidas”.

NFC-17102 (Francia) dicen en su introducción, “Una instalación de protección contra el rayo concebida y realizada conforme a la presente norma, no puede, como todo proceso en el que intervienen elementos naturales, asegurar la protección absoluta en las estructuras, de las personas o de los objetos...”.

UNE 21186. (España), es una traducción textual de la NFC-17102.

La norma Francesa que regula los pararrayos PFDA (pararrayos Franklin con dispositivo de cebado) fabricados en Francia, son las NFC-17102 y las normas Españolas las UNE-21186 que regulan el mismo tipo de pararrayos pero fabricados en España (Pararrayos Franklin con dispositivo de cebado (PFDC).

Curiosamente las normas UNE-21186 son una traducción textual completa de la norma Francesa NFC-17102 y en Francia y resto del mundo se cuestiona el cono de cobertura de los pararrayos PFDA, también se cuestiona los pararrayos PFDC de España. En nuestro estudio, descubrimos también que la norma UNE-21186 no fue reconocida por el Gobierno de España y por defecto se quedo en una guía experimental y no es de obligado cumplimiento, es decir que ningún instalador o fabricante de pararrayos la puede utilizar como argumento de venta ni obligar a colocar pararrayos porque no hay ninguna norma que lo obliga.

LAS CONTRADICCIONES E INCUMPLIMIENTOS NORMATIVOS DE LOS PARARRAYOS CONVENCIONALES EN ESPAÑA SEGÚN EL CTE.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) se divide en dos partes, ambas de carácter reglamentario.

En la primera contienen las disposiciones de carácter general (ámbito de aplicación, estructura, clasificación de usos, etc...) y las exigencias que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación.

Disposición Final Segunda. Normativa de Prevención de Riesgos Laborales.

Las exigencias del Código Técnico de la Edificación se aplicarán sin perjuicio de la obligatoriedad del cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales que resulte aplicable.

El Código Técnico de la Edificación da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente.

Efectivamente, la Ley 38/1999, en su Disposición final segunda, autoriza al Gobierno para que, mediante Real Decreto, apruebe un Código Técnico de la Edificación en el que se establezcan las exigencias básicas que deben cumplirse en los edificios, en relación con los requisitos básicos relativos a la seguridad y a la habitabilidad, enumerados en los apartados b) y c) del artículo 3.1. **SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN (B.3), DE TAL FORMA QUE EL USO NORMAL DEL EDIFICIO NO SUPONGA RIESGO DE ACCIDENTE PARA LAS PERSONAS.**

Según el criterio que nos marca el CTE, para aplicar el mismo tendríamos que basarnos en criterios sobre Prevención de Riesgos Laborales y Riesgos Medioambientales y económicos. De hecho, la exigencia básica SU8 del CTE nos dice: (EXIGENCIA BÁSICA SU 8: SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO: **SE LIMITARÁ EL RIESGO DE ELECTROCUCIÓN Y DE INCENDIO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO, MEDIANTE INSTALACIONES ADECUADAS DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO**).

No obstante, este anexo no cumple con los principios básicos de la acción preventiva reflejados en el artículo 5 de la ley 31/95 de prevención de Riesgos Laborales ni con las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico del RD 614/2001, ni con RD 485/1997 de 14 de abril sobre Señalización de Seguridad y salud en el trabajo, como ahora veremos en los siguientes puntos:

El CTE Promueve la innovación tecnológica y la seguridad a las personas

Los riesgos causados por el rayo son riesgos eléctricos y el CTE no tiene en cuenta este aspecto en su procedimiento de verificación (SU8. PUNTO 1). ¿Dónde se tiene en cuenta la intensidad que puede transportar el rayo?, ¿Es lo mismo que transporte 50.000 A que 350.000A? ¿Por qué la evaluación del riesgo eléctrico no se hace en función de la probabilidad y de su severidad también, cuando sería lo lógico?

El CTE no cumple con los principios de la acción preventiva descritos en el artículo 5 de la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales, como son: evitar los riesgos, evaluar los riesgos que no se puedan evitar, combatir los riesgos que no se puedan evitar, tener en cuenta la evolución de la técnica, sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro, etc....

El CTE (Anejo B.1) nos dice que el sistema externo de protección contra el rayo está formado por dispositivos captadores y en el B.1.1. nos dice que éstos podrán ser puntas Franklin, mallas conductoras y pararrayos con dispositivos de cebado. Éstas son instalaciones de alta tensión potenciales. En cumplimiento con la normativa de prevención ha de ser señalizada como tal, cosa que el CTE no dice nada. (RD 485/1997 sobre Señalización y Seguridad en el trabajo)

El RD 614/2001 nos dice en el punto 2.11 que con una tensión superior de 380 Kv la zona de peligro se tendrá que señalar y proteger de 3,9 metros de posibles contactos eléctricos cuando existe riesgo de sobretensión, si aplicamos la ley de ohm y tomamos como resistencia de la toma de tierra un valor de 10 ohmios y la tensión que no queremos que aparezca (380.000 voltios) los rayos que aparezcan no podrán ser de más de 38.000 amperios, por tanto, se ha de señalar y proteger todos los cables del bajante de los pararrayos que están expuestos a rayos, ya que la media de intensidad de los rayos en el mundo es de 30.000 amperios . El CTE y ninguna normativa tiene nada en cuenta al respecto de este aspecto.

El CTE tiene en cuenta en su procedimiento de verificación la eficiencia del sistema de protección, entendiendo por ésta la probabilidad de que un SPCR intercepte las descargas sin riesgo para las estructuras e instalaciones. Esta eficiencia depende de la intensidad del rayo básicamente. El CTE y ninguna normativa curiosamente no tiene en cuenta la Intensidad NUNCA.

Se cuestiona la eficacia de los pararrayos tipo punta

Un estudio efectuado en el año 2001 por el INERIS ([Instituto Nacional Francés del medioambiente industrial y los riesgos](#)), sobre los riesgos de los rayos en instalaciones de protección, determinan el nivel de satisfacción de los usuarios de instalaciones de pararrayos. Algunas de las conclusiones dicen que un 22 % está completamente insatisfecho por sufrir daños en sus instalaciones durante las descargas de rayos en el pararrayos. Durante la encuesta, se consultaron más de 483 industriales de diferentes sectores: Químicas, gas, pirotecnia, refinerías, etc.

Las zonas de estudio fueron diversas, tocando todas las zonas de bajo, medio y alto riesgo de descargas del rayo en Francia. El 78% tenían las instalaciones protegidas con pararrayos y equipos de sobretensiones, de las cuales el 40,7 % son puntas Franklin, el 30 % PFDA (pararrayos con dispositivo de cebado) y el resto son de diferentes sistemas de captación. En el estudio se recogen diferentes informes de los daños causados por el impacto del rayo en diferentes condiciones, las más significativas son durante la descarga del rayo en un pararrayos. Los accidentes ocurrieron entre 1994/1998.

Referencia Nº 6675-29/07/94.38 Centro de colonias.

Resumen de la traducción: Durante las vacaciones escolares, 124 niños tuvieron que ser evacuados por los bomberos a causa del incendio con riesgo de explosión de un depósito de gas. **El rayo impactó directamente en el pararrayos**, y generó un arco eléctrico durante la descarga entre la instalación del pararrayos y la tubería general del depósito de gas. La descarga perfora la tubería ocasionando una fuga de gas y un incendio; el riesgo de explosión, apareció al no funcionar las válvulas de cierre automático del gas.

Referencia Nº 9664-02/08/96.33 Construcción Aeronáutica y espacial

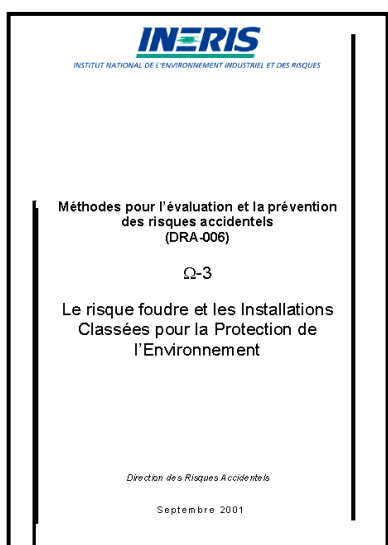
Resumen de la traducción: **El rayo hace impacto en el pararrayos** que protege un edificio de ensamble para la lanzadera e ingenios espaciales. Los equipos son dañados así como el sistema de protección de incendio.

Las conclusiones del estudio determinan que el **22 % de los usuarios de instalaciones de pararrayos, no está satisfecho en absoluto con el sistema**, a causa de los daños repercutidos con destrucción de material y daños eléctricos durante la descarga de rayo en el pararrayos.

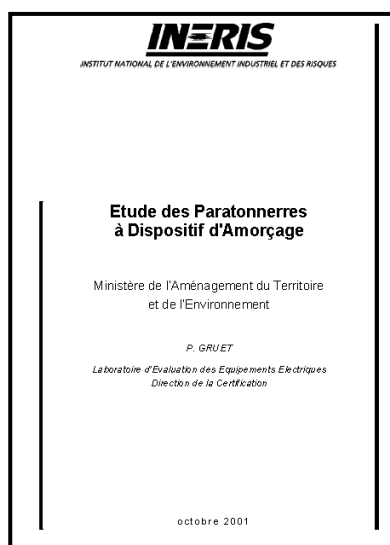
Daños ocasionados: 80 % Eléctricos - 69 % materiales.

- Valor económico: 48 % Entre 1.500 / 15.000 €. - 10 % Superior a 15.000 €
- Paro de la actividad industrial: 24 % parcial - 3,5 % Total.

Los dos documentos se pueden descargar en <http://www.int-si.ad/descargas.php>



[Riesgos de rayo en instalaciones](#)



[estudio de pararrayos de cebado](#)

Simulación de un impacto de rayo de 50.000 amperios en una torre de telecomunicaciones.

Durante la descarga del rayo, 50.000 amperios (amperios por segundos), la corriente utiliza todas las estructuras metálicas como conductor para circular por ellas y poder llegar a disiparse en la toma de tierra, durante la descarga del rayo (milisegundos) todos los elementos expuestos padecerán una circulación de electrones o ionización y un aumento de la temperatura con efectos indirectos electromagnéticos asociados, estos efectos serán proporcionales a la intensidad del rayo y el tiempo que tarde la corriente en disiparse en tierra, a más valor de resistencia eléctrica en la toma de tierra, más valor de retraso en la transferencia de la carga y más efectos secundarios aparecerán, por eso la importancia de valorar la política de protección y mantener un valor bajo de resistencia eléctrica en las tomas de tierra durante todo el año.

Al no estar calculado el cable de tierra para el valor de la corriente de paso real de un rayo, la corriente circulará por todos los conductores metálicos, sea la estructura de la propia torre o los blindajes de mallas y apantallamiento de los cables coaxiales o guías de onda puestos a tierra. La tensión que aparecerá será el resultado de aplicar la fórmula de la ley de ohm a esta simulación:

Formula $E = I \times R$, donde:

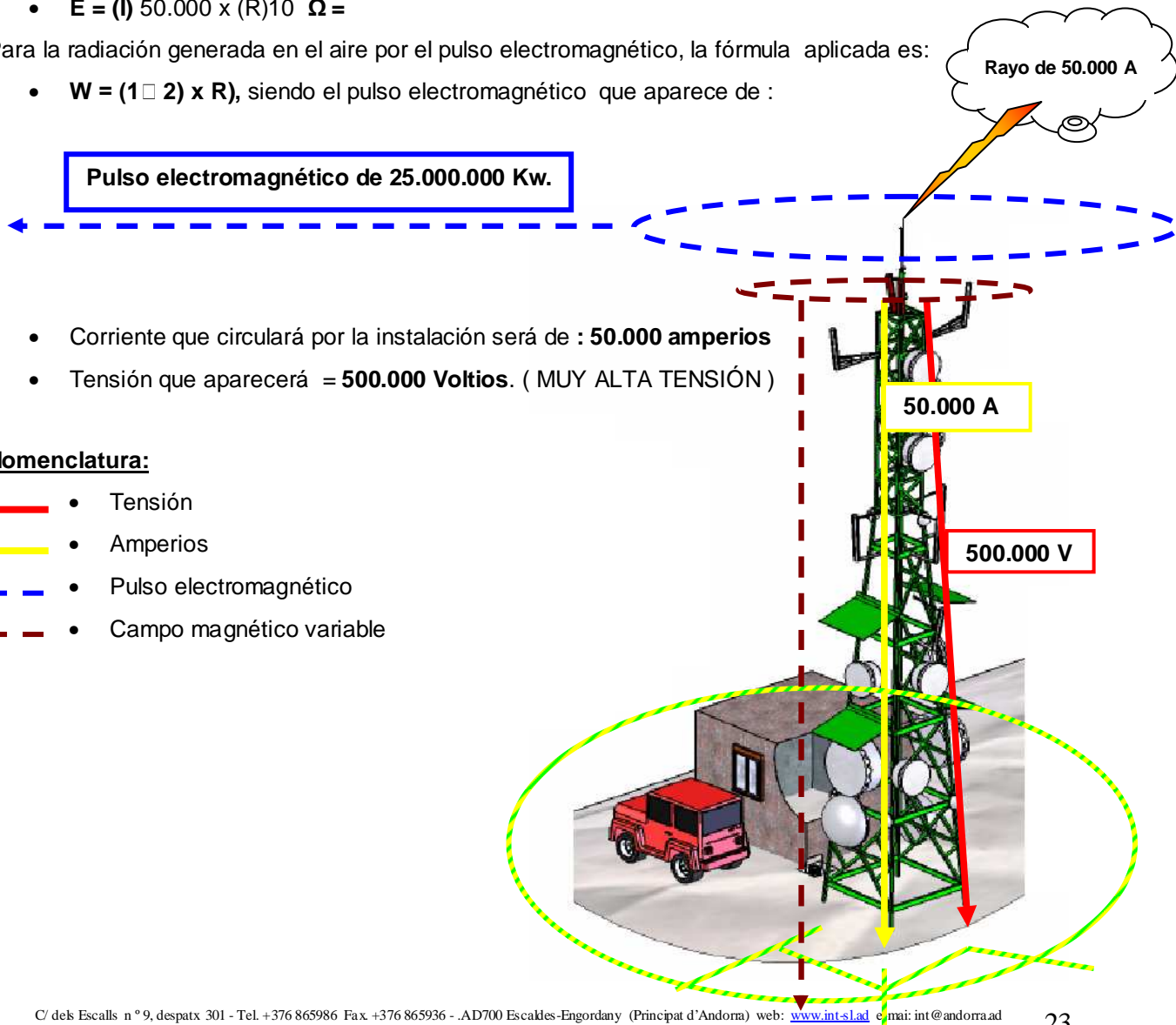
- I , será el impacto simulado del en el pararrayos tradicional en punta o en la propia estructura.
- R , será la resistencia eléctrica en ohmios entre el punto del impacto del rayo (elemento pararrayos o estructura) y la toma de tierra (conjunto de electrodos con un valor de 10 ohmios).

El valor de tensión que aparece es de:

- $E = (I) 50.000 \times (R)10 \Omega =$

Para la radiación generada en el aire por el pulso electromagnético, la fórmula aplicada es:

- $W = (1 \square 2) \times R$, siendo el pulso electromagnético que aparece de :



- Corriente que circulará por la instalación será de : **50.000 amperios**
- Tensión que aparecerá = **500.000 Voltios.** (MUY ALTA TENSION)

Nomenclatura:

- Tensión
- Amperios
- Pulso electromagnético
- Campo magnético variable

RIESGOS QUE APARECERÁN EN LA ESTRUCTURA EN CASO DE IMPACTO DE RAYO:

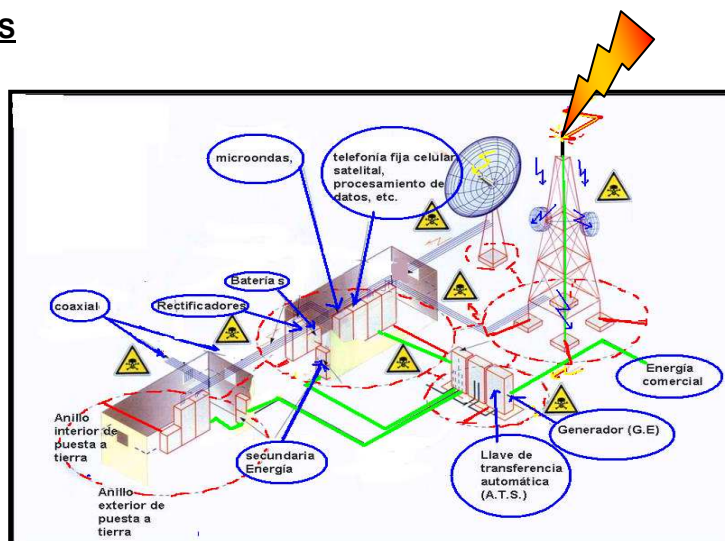
Los riesgos que las personas pueden padecer directamente o indirectamente serán:

- Electrocutación por choque eléctrico causado por contacto eléctrico con elementos metálicos.
- Quemaduras por choque eléctrico directo o por arco eléctrico indirecto.
- Traumatismos por caídas o golpes como consecuencia del agarrotamiento muscular del choque eléctrico leve o arco eléctrico.
- Muerte por Incendios o explosiones originados por diferentes efectos eléctricos directos o indirectos.

Los riesgos que pueden padecer las instalaciones directamente o indirectamente serán:

- Destrucción parcial de equipos electrónicos por arco eléctrico entre masas metálicas.
- Destrucción parcial o total de equipos electrónicos por alta tensión en el suministro.
- Destrucción parcial o total de equipos electrónicos por campos magnéticos variables.
- Destrucción parcial o total de equipos eléctricos y electrónicos por radiación de alta frecuencia.
- Incendio o explosión por destrucción de equipos electrónicos.
- Incendio o explosión de depósitos de combustibles por chispas entre diferentes metales.

ZONAS DE RIESGOS



Trayectoria del impacto del rayo

Dado que existe una gran variedad de tipos de instalaciones de telefonía móvil y otras estructuras cercanas a ella, su gran altura y sus diferentes emplazamientos, no se puede garantizar la trayectoria del impacto del rayo una vez formado, ni determinar la intensidad de descarga o de los daños que aparecerán; por ello es importante utilizar sistemas de protección alternativos como éste que proponemos a continuación, para evitar en lo posible el impacto directo del rayo en la estructura que se tiene que proteger, reduciendo así la circulación de corrientes peligrosas en las estructuras y eliminar la posibilidad de generar pulsos electromagnéticos en el ambiente que nos rodea y por ende no destruir equipos electrónicos propios o ajenos cercanos.

La eficacia de un sistema de protección contra el rayo es aquella cuyo principio de funcionamiento sea minimizar o evitar en lo posible las descargas directas de rayos en la instalación que queremos proteger, evitando así todo riesgo de muertes de personas, accidentes o incendio por tensiones de paso o diferencia de potencial durante el impacto del rayo.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS.

Este estudio de riesgo se basa en las Ley 31/1995, del 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales. BOE nº 269, del 10 de noviembre y el real Decreto RD 614/2001 del 8 de junio. BOE del 21 de junio sobre Disposiciones mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al riesgo eléctrico.

El nivel de riesgo se estima en función de la **PROBABILIDAD** y de las **CONSECUENCIAS** esperadas de accidentes, en este caso de accidentes causados por los rayos en la instalación que queremos proteger, a partir del análisis de los datos recibidos, se simula el impacto de rayo y sus probables consecuencias.

ESTUDIO DE PROBABILIDAD DE ACCIDENTE

El nivel de probabilidad de que ocurra un accidente por causa de un rayo, se determina según los daños que éste puede ocasionar a las personas e instalaciones cuando aparezca:

Probabilidad	Accidente
- Alta (15)	el daño tendrá lugar siempre o casi siempre.
- Medio (10)	el daño tendrá lugar en algunas ocasiones.
- Baja (5)	el daño tendrá lugar raras veces.

ESTUDIO DE CONSECUENCIAS

La consecuencia del accidente dependerá de las partes del cuerpo afectadas y de la naturaleza del daño causada por el rayo en las personas, y del paro de la actividad laboral en la industria, siendo:

Ligeramente perjudicial (LP-5): se consideran daños superficiales (cortes, pequeños golpes,...), molestias e irritación. Puede dar lugar a una baja por accidente o enfermedad no superior a 3 días.

En el caso de la instalación, destrucción de componentes o equipos que no significan el paro de la actividad laboral ocasional.

Perjudicial (P-10): incluye laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos y enfermedades que lleven a una incapacidad menor. Puede dar lugar a una baja por accidente o enfermedad con una duración de entre 3 y 30 días.

En el caso de la instalación, paro parcial o total de la industria que puede afectar a la actividad laboral temporal.

Extremadamente perjudicial (EP-15): incluye amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida. Puede dar lugar a una baja por accidente o enfermedad con una duración superior a 30 días.

En el caso de la instalación, incendio y explosión que puede afectar al paro definitivo de la actividad laboral.

DATOS ANALIZADOS

VALOR DE RIESGO

- A. NIVEL KERÁUNICO E IMPACTOS DE RAYOS.
- B. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE LA INSTALACIÓN.
- C. HAY UN PARARRAYOS INSTALADO EN LA ACTUALIDAD.
- D. DATOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

NIVEL DE RIESGO.

Según el estudio de riesgos que pudiese causar un rayo en las instalaciones analizadas y aplicadas a la prevención de riesgos laborales y disposiciones mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al riesgo eléctrico de rayo, determinamos que la instalación, tiene un nivel de riesgo de rayos:

Probabilidad de impacto de rayo; medio

Consecuencias: En caso de impacto directo del rayo en la estructura, las consecuencias serán Extremadamente perjudiciales, con una posibilidad alta de electrocución y destrucción de componentes eléctricos, incendio y explosión.

ACCIONES A REALIZAR

Una vez estimado el nivel de riesgo, se le deben asignar unas acciones correctivas de mejoras y de prevención contra el rayo, realizando una instalación de protección directa e indirecta del rayo, para reducir los riesgos eléctricos a personas e instalaciones.

A continuación resumimos una memoria tipo de necesidades de protección del rayo para tal efecto.

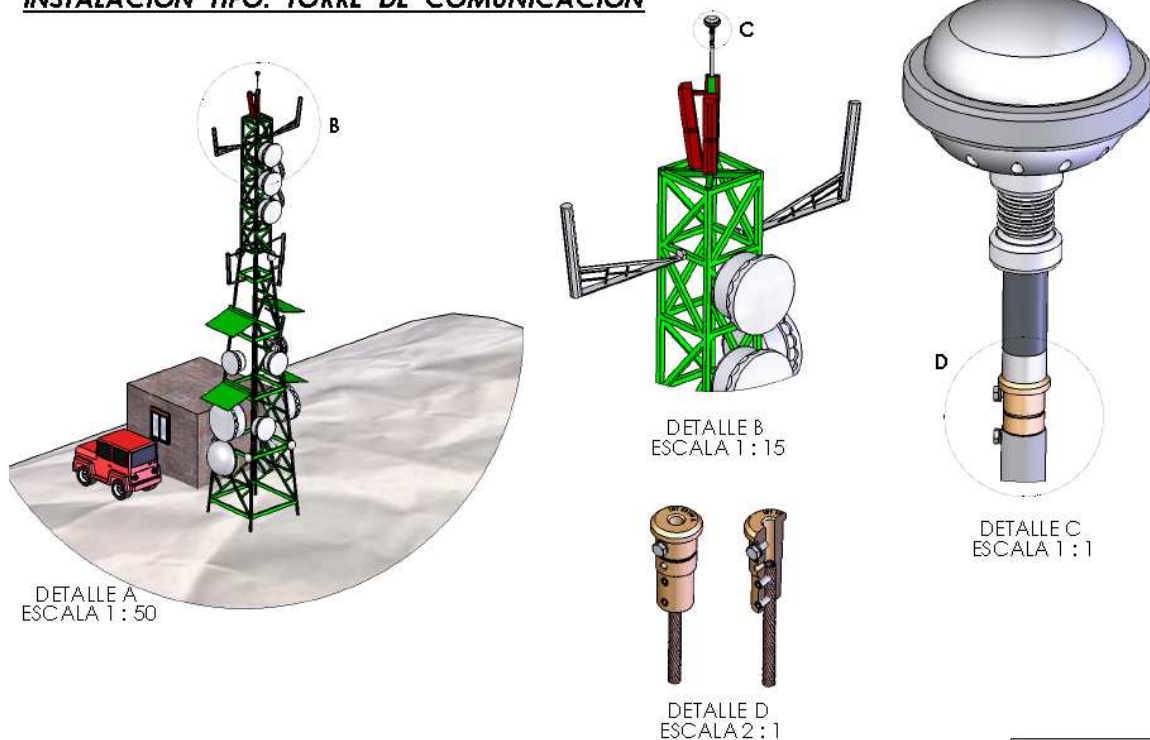
MEMORIA TÉCNICA

QUÉ PROPONEMOS: Después de efectuar un análisis de sus datos, determinamos que podemos garantizar una protección directa del rayo en la estructura del 99% con nuestros pararrayos PDCE. El sistema de protección directa del rayo, está compuesto por un PDCE (pararrayos desionizador de carga electrostática), unido a la red de masas y conectados a los electrodos y red equipotencial de masas por medio de cable de cobre. Para garantizar una unión equipotencial de tierras, masas metálicas y tierras eléctricas, se conectarán todos los armarios eléctricos y estructuras de hierro a la misma estructura metálica o cable de tierra perimetral existente o nuevo, para garantizar la NO corrosión de las conexiones eléctricas, se cubrirán las conexiones con grasa dieléctrica o vaselinas especiales al uso eléctrico.

INSTALACIÓN TIPO:

Situación del pararrayos PDCE Se preparará un soporte para adaptar el cabezal del pararrayos e instalarlo en el punto más alto de cada estructura a proteger, sobresaliendo de 2 metros por encima de cualquier equipo o antena existente (Ver simulación en fotos.). Para ello se adaptarán las antenas y otros elementos.

INSTALACIÓN TIPO: TORRE DE COMUNICACIÓN



Para su efecto se efectuarán los anclajes necesarios que garanticen el soporte mecánico de las antenas y del mástil del pararrayos, en la unión mástil/pararrayos se utilizarán adaptadores que garanticen la conexión eléctrica y mecánica del cabezal de pararrayos con el mástil y la toma de tierra. El conjunto mecánico de mástil y soportes, será calculado para el peso del pararrayos desionizador de carga (7,3 Kg.), vientos superiores a los 250 Km. /h.

El conductor eléctrico:

Para mejorar la conductividad eléctrica de todas las masas y estructura metálicas, se recomienda instalar 1 bajante de cable de tierra desde el pararrayos hasta el punto más cercano al electrodo de tierra y de una sección de como mínimo de 35mm en el bajante principal.

Se unirán todas las masas metálicas para garantizar la continuidad eléctrica al plano de tierra, se efectuará un perimetral de cobre en todo el perimetral de la instalación para evitar retornos de tierra indirectos y se unirá el perimetral a la instalación de tierra eléctrica de baja tensión, se instalarán conexiones de malla o de cable de cobre con funda entre el bajante principal del pararrayo, en su trayectoria se unirá a las masas metálicas y tierras eléctricas cercanas pasando lo más verticalmente posible sin remotes.

Se puede eliminar el bajante de cable de cobre desde el pararrayos hasta el pie de la torre de telecomunicaciones, siempre y cuando la torre metálica haga las funciones de conductor eléctrico y su resistencia en ohmios desde el cabezal del pararrayos al pie de la torre sea inferior de valor que el cable de cobre que se quiere colocar.

Toma de tierra:

Se conectarán todos los cables de tierra del pararrayos a la toma de tierra nueva o existente para garantizar un valor igual o inferior a 10 ohmios constante todo el año.

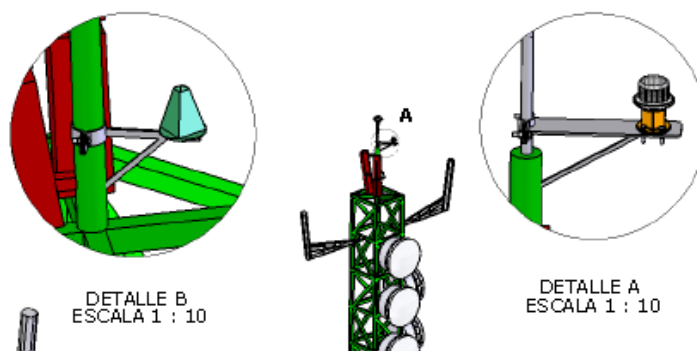
Para reducir daños a los equipos eléctricos conectados a la red eléctrica o de telecomunicaciones, se instalarán protectores de sobretensión en cada cuadro eléctrico, la derivación de tierra de los equipos de protección eléctrica se conectarán a tierra externa perimetral.

Protectores de sobretensión:

Dada la situación geográfica en alta montaña de los centros, las redes de alimentación aéreas son propensas a recibir efectos de acoplamiento indirecto por rayos lejanos, por este motivo se recomienda reforzar los niveles de protección de sobretensión indirecta, creando 3 barreras de descargadores, 1 nivel alto de 100kA, un nivel bajo de 60kA y un nivel sensible de 20kA. Los protectores serán unipolares, es decir uno por cada fase a proteger y cada uno tendrá su propia derivación de cable de tierra con funda y la toma de tierra independiente compuesta de uno o dos electrodos, entre los electrodos enterrados en tierra, se dejará una separación de 50cm entre cada electrodo.

Prevención y señalización:

Para mejorar la seguridad del personal en el centro, se propone un detector de rayos como medio de preaviso de la actividad de rayos y una baliza de señalización nocturna para navegación aérea.



RECOMENDACIONES Y MEJORAS

Para reducir riesgos de compatibilidad electromagnética se aconseja seguir diferentes actuaciones:

- Unir las mallas metálicas de los apantallamientos o blindajes de los cables de comunicaciones a tierra por los dos extremos.
- Adaptar los protectores de sobretensión de baja tensión para cada necesidad, sin mezclar datos con tensión.
- Retirar de los cuadros eléctricos, los protectores de sobretensión, e instalarlos detrás del cuadro de fusibles general, que está situado en la entrada de la valla, por medio de un cuadro y por la parte de dentro del centro y derivarlos por medio de cables con funda aislante independientes y electrodos de tierra independientes, estos electrodos no se unirán a las tierras generales, son electrodos pasivos y sólo sirven para descargar las sobretensiones de origen atmosférico.
- Retirar la electrónica sensible de influencias electromagnéticas generada por equipos de alta o media tensión y colocarla en otro cuadro eléctrico metálico.
- Unir la tierra eléctrica del secundario procedente del transformador, a la tierra eléctrica del centro, incluyendo la valla metálica (en función de su régimen de trabajo).
- Anular la conexión eléctrica de tierra u otros cables o tubos metálicos entre la torre de alta tensión y otros centros de telecomunicaciones, para evitar influencias electromagnéticas o efectos de retornos eléctricos indirectos.

MANTENIMIENTO PARARRAYOS PDCE Y PUESTA A TIERRA.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Las instalaciones de pararrayos están diseñadas para un objetivo concreto, la protección de las personas, animales e instalaciones. Las necesidades técnicas y de funcionamiento de cada instalación, obligan a situar todos los equipos y parte de la instalación en el exterior de la estructura o edificio a proteger y colocar la puesta a tierra en diferentes lugares en cada proyecto. La situación geográfica de cada instalación es aleatoria e implica estar expuesta a diferentes fenómenos meteorológicos y cambios climáticos permanentes durante cada año. Los materiales expuestos pueden sufrir deterioro involuntario por parte del fabricante, instalador o usuario.

Por ese motivo es de obligado cumplimiento efectuar una revisión periódica del conjunto de la instalación, para verificar su estado y la continuidad del buen funcionamiento de la protección de rayos y garantizar su eficacia de funcionamiento. El protocolo de mantenimiento será cumplido en su totalidad y rigurosamente en cada revisión anual; se efectuará un informe de su procedimiento por el instalador oficial, según los documentos del fabricante. Cada informe de revisión será avalado con la firma del cliente, donde constarán las incidencias o averías si las hubiese.

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO.

El período de revisión: ANUAL

Procedimientos de mantenimiento:

Puesta a tierra:

- Se procederán a efectuar diferentes medidas de la resistencia del conjunto puesta a tierra de la instalación, para tomar las medidas oportunas de mejora.
- Se procederá a verificar la continuidad de las conexiones eléctricas y su nivel de corrosión para tomar las medidas oportunas de corrección.
- Se procederá cada 4 años a desenterrar los electrodos para la revisión de la pérdida de material, corrosión o cambio si fuera necesario.

Conductores eléctricos:

- Se verificarán el nivel de corrosión o roturas de los soportes o grapas de los cables eléctricos, en caso de necesidad se cambiará por uno nuevo.
- Se verificará la continuidad y resistencia eléctrica entre la toma de tierra y el pararrayos y se tomarán medidas de corrección o cambio.

Mástil:

- Se revisará el estado de aguante mecánico de los soportes o fijaciones del mástil que soporta el pararrayos y se procederá a cambiar o mejorar en caso necesario.
- Se verificará la corrosión de los soportes o fijaciones para su limpieza y pintura.

Pararrayos:

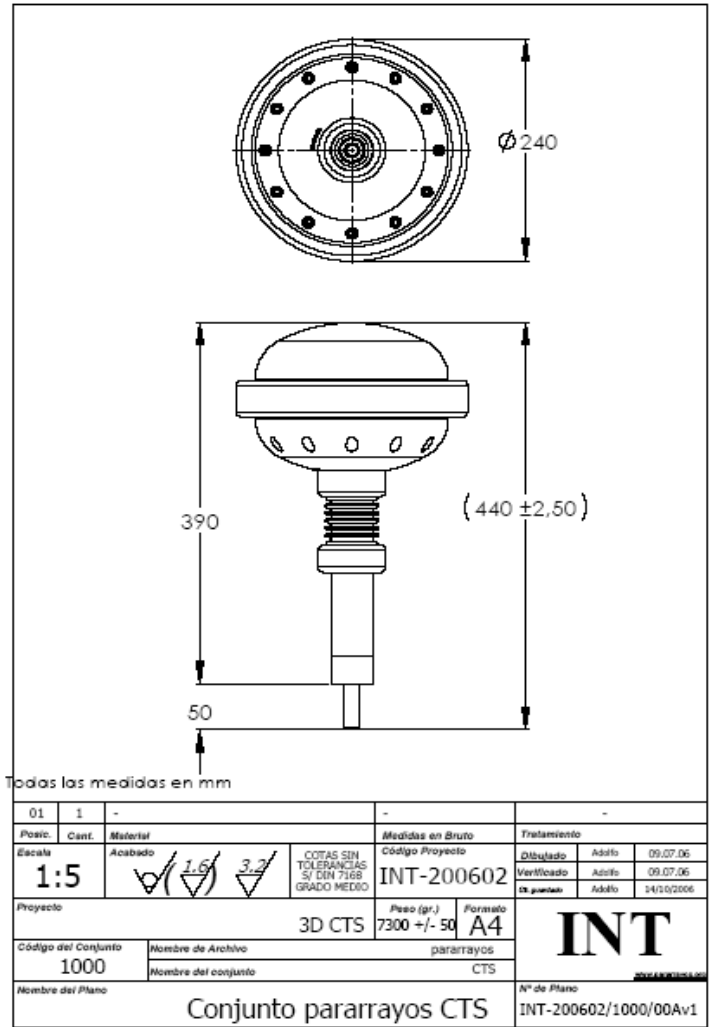
- Se verificará el estado de corrosión de las conexiones eléctricas del cable de tierra y del conjunto del pararrayos y se procederá a efectuar las mejoras necesarias.
- Se verificará el estado mecánico del pararrayos. En caso de rotura se comunicará al fabricante para la previsión de cambio estándar en garantía.

FICHA TÉCNICA PRODUCTO: PARARRAYOS PDCE SENIOR

- **DEFINICIÓN:** Pararrayos Desionizador de Carga Electroestática (PDCE), definido también como Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR), que utiliza como principio el de la transferencia de carga "CTS", (siglas en inglés Charge Transfer System),
- **MODELO:** PDCE SENIOR
- **RADIO DE COBERTURA:** 100 metros de radio, según el estudio de cada estructura y de la actividad de rayos.
- **TENSIÓN MÁXIMA DE TRABAJO SIN RAYOS:** 595.000 voltios a un metro.
- **EFICACIA DE PROTECCIÓN:** 99 % de reducción de impactos de rayos, directos en las estructuras protegidas. En caso de impacto de rayos (1%), el PDCE SENIOR se comporta como un fusible térmico, absorbiendo parte de la energía del rayo en calor por fusión de sus componentes, reduciendo al mínimo los efectos electromagnéticos, en este caso INT AR SL, cubre sólo la reposición del pararrayos en garantía, (no la mano de obra)
- **APLICACIONES:** Todo tipo de construcción o estructuras, incluyendo ambientes con riesgo de incendio o explosión, como sistema de protección colectiva contra el rayo a personas, animales e instalaciones
- **MATERIALES QUE SE COMPONE:** Aluminio, Inoxidable, Metacrilato y Nylon. No contiene componentes electrónicos ni metales pesados ni radioactivos. Cumple las normativas RoHS.
- **PESO/MEDIDAS DEL PARARRAYOS:**
Peso: Pararrayos 7,339 Kg., Caja 3,374 Kg., Peso total embalaje + pararrayos 10,713 Kg.
Medidas: Pararrayos 240 x 440 mm., Embalaje 458 x 260 mm., fabricado en chapa de acero
- **MARCAJE CE:**
Directivas 2001/95/CE (Seguridad de producto)
Directivas 92/31/CEE (Compatibilidad Electromagnética)
Directivas 73/23/CEE (Equipo de Baja Tensión)
- **CERTIFICACIONES Y NORMATIVAS:**
Sistema de Gestión Integrado de calidad y medioambiental según las normas internacionales ISO 9001 e ISO 14001, aplicado a: diseño, comercialización, gestión, montaje y ensamblaje de pararrayos desionizantes y tomas de tierra inteligentes. Estudios de necesidades técnicas de acuerdo con la normativa de prevención de riesgos laborales.
Producto certificado para la prevención y protección colectiva del rayo a personas e instalaciones con nº de certificado ES011889 por BUREAU VERITAS Certificación.
Prevención de Riesgos laborales de acuerdo a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, BOE nº 269, de 10 de noviembre y el Real Decreto RD 614/2001 de 8 junio, BOE del 21 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
Compatibilidad Electromagnética de acuerdo a EN 61000-6-(1,2,3,4):2002, y desde EN 61000-4-2 a EN 61000-4-9, EN 55011 a EN 55015 y EN 55022. (Homologas a las normativas IEC)
Ensayos Comparativos Alta Tensión de acuerdo a NFC-17102/UNE-21.186, donde la diferencia comparativa es que no aparecen descargas de rayos.
Normas de aplicación UNE/EN 62305 parte 1-2-3, con correspondencia a la normativa internacional IEC 62305/2006 parte 1-2-3.
- **FABRICADO Y PATENTADO POR:** INT, A.R., S.L.
- **MANTENIMIENTO:** Anual obligatorio, efectuado y certificado por el instalador oficial.

- **PRODUCTO ASEGURADO EN: AXA-WINTERTHUR** “Defecto de fabricación”
Con la póliza nº RC-051-00928416. Valor de daños cubiertos hasta un valor máximo de 600.000,00 Euros.
- **GARANTÍA DE PRODUCTO:**
10 AÑOS de garantía por defecto de fabricación, justificando el mantenimiento anual.

PLANO EQUIPO E INSTALACIÓN TIPO.



El comité de selección del XXVIII TROFEO INTERNACIONAL A LA TECNOLOGÍA Y CALIDAD, ha concedido a INVENCIO NOVES TECHNOLOGIES, AR, S.L. (INT) el galardón 2007, por su capacidad de innovación, que le permite estar en la vanguardia y en la calidad de sus productos y servicios.

INT AR SL, queda a su entera disposición para cualquier aclaración complementaria, gracias.

Ángel Rodríguez Montes
Director Gerente

