

# REGLAS QUE PUEDEN SALVAR VIDAS EN LA INDUSTRIA, FRENTE A LOS PELIGROSOS EFECTOS DIRECTOS Y COLATERALES DE LOS RAYOS DURANTE UNA TORMENTA:

---

Vista la actividad de rayos de los últimos años y su severidad en la descarga de la energía del rayo debido al CAMBIO CLIMATICO, hemos redactado unas recomendaciones básicas a tener en consideración como medio preventivo, con el objetivo de reducir riesgos de accidentes durante las tormentas con actividad de rayos.

Para relacionar el riesgo y aplicar medidas preventivas, es importante conocer el origen del riesgo, por ello resumimos las partes más significativas e importantes con que os podéis encontrar en un instante y acercaros a la realidad de los efectos ocultos de los rayos, efectos directos e indirectos que, conociéndolos pueden salvar una vida.

## LA DINÁMICA DEL RAYO.

---

### INTRODUCCIÓN

---

A continuación exponemos la dinámica de la evolución del campo eléctrico atmosférico en tierra, considerando que la fuente de energía está causada por la termodinámica de una célula de tormenta llamada Cumulonimbos (nube) y con una tensión progresiva de carga y una constante variable de transferir su energía en forma de descargas eléctricas

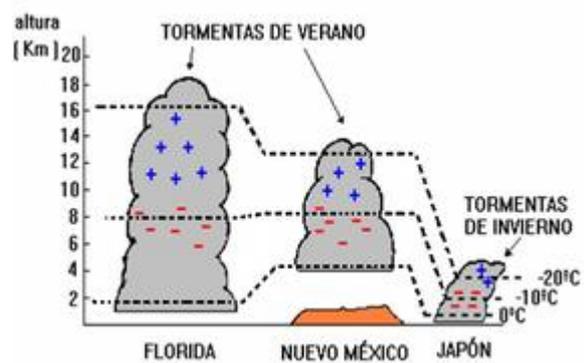


(RAYOS), pudiendo crear antes de cada descarga tensiones superiores a los 50.000 voltios a nivel de suelo y descargas a tierra con corrientes superiores a los 450.000 Amperios.

Para entender los efectos colaterales del rayo, hemos separado el proceso de su desarrollo en 4 fases llamadas "**INSTANTES**", pasando por la excitación del rayo a nivel eléctrico, hasta llegar a la descarga en tierra. En este trabajo, solo hablaremos de los rayos negativos, (nube tierra).

Puedes conocer más en nuestra web <https://www.pararrayos-pdce.com/>

Tenemos que remarcar que, la constante del patrón para todo el proceso de la formación de la carga y la descarga de energía durante las formaciones de las nubes de tormenta, es un "espacio tiempo" con una alta impredecibilidad, ya que interactúan demasiadas variables y elementos en su proceso, como puede ser la contaminación atmosférica, la temperatura del medio, el grado de humedad, los vientos predominantes, **la altura de las nubes** (como se ve en la imagen), la separación entre ellas, su desarrollo vertical, la radiación solar, el valor de la resistencia eléctrica de los elementos expuestos y el valor eléctrico de la resistencia del terreno de ese instante, entre otras cosas. Los rayos de invierno demuestran también que no solo la termodinámica del verano es causante de la generación de cargas.



Con ello queremos remarcar que los datos expuestos serán solo de referencia, y que cada instante durante el proceso del rayo, tendrá unos valores diferentes en cada situación y con resultados de rayos inesperados.



Parametrizar el fenómeno eléctrico del rayo para excitarlo, atraerlo y conducirlo a tierra como medio de protección, es y sigue siendo, **un paradigma** milenario y la utopía más grande en el mundo, llegando incluso a regular esta **Utopía con Normas**.

Por ello es importante, conocer el comportamiento de los rayos, efectuar seguimientos y prevenir su presencia con sistemas de teledetección de alarmas, incluso crear procedimientos de prevención para cubrir posibles riesgos, en función de la trayectoria de las nubes de tormenta, ya que estas son las generadoras de rayos.

La alternativa a la UTOPIA de los PARARRAYOS EN PUNTA, sería utilizar sistemas de condensadores con capacidad de carga suficiente, para rebajar la diferencia de potencial o tensión

de la zona que se desea proteger, y en el mismo instante conocer la polaridad de la tensión, si es en sentido tierra o sentido a la nube, para ionizar la zona con carga contraria.

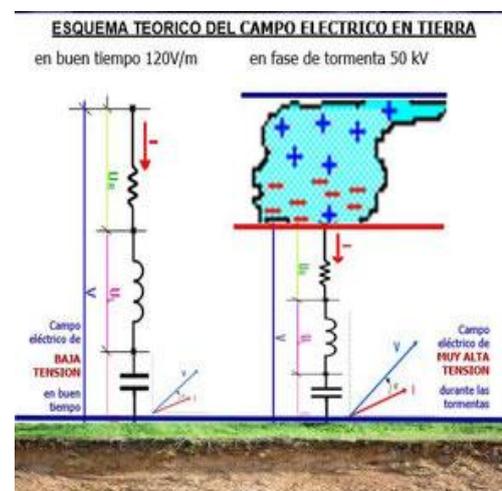
Nuestra filosofía no es precisamente llamar al rayo, nuestra filosofía es proteger las zonas de impactos de rayos para reducir los efectos directos e indirectos, sea con cualquier tecnología que sea, pero aplicando la técnica, el conocimiento y la experiencia.

Para nosotros, cada auditoria es una experiencia nueva, ya que ninguna instalación es un patrón para el rayo, estudiamos e investigamos sobre la nueva experiencia para dar las mejores soluciones de protección adecuadas en cada caso. En esta simulación no se contemplan los rayos positivos (tierra/nube), ya que tienen un comportamiento completamente distinto al rayo negativo (nube/tierra). Los rayos positivos los analizaremos también más adelante a igual que otros tipos de rayos no conocidos.

## PRIMER INSTANTE:

EL LIDER se representa en forma de chispa (descargas electrostáticas).

En función de la trayectoria de las nubes se forman las nubes de tormentas, estas trabajan su carga individualmente y según evoluciona la termodinámica de cada nube pueden llegar a fusionarse y formar una célula única, durante este proceso aparece en tierra, una diferencia de potencial importante, con el resultado de un campo eléctrico no homogéneo en todo aquello situado en el suelo. El valor de la tensión en tierra puede variar entre los 1.000 y 40.000 voltios durante la fase de formación de la carga y antes de que pueda aparecer el rayo.



EL campo eléctrico viaja por el suelo a la velocidad de desplazamiento de las nubes, se podría considerar este campo eléctrico como una especie de sombra que electrifica todo aquello a su paso, en algunos momentos del proceso de la carga de la nube, la intensidad del campo eléctrico en el suelo será tan grande que, podrás apreciar visualmente que desde el suelo sobresalen trazadores de luz en movimiento, con ruido de chisporroteos (llamados efluvios) cuando este

efecto esta predominando en los puntos más altos y en movimiento, reciben el nombre de efectos corona si es circular, o fuego de San Telmo cuando afecta en un elemento en movimiento ( Un mástil de un barco ).

Según viaja y evoluciona la carga dentro de la nube, el campo eléctrico natural en tierra, pasa rápidamente de valores de 120 V/m en tiempo estable, a valores de muy alta tensión, superando los 30.000 voltios.

A partir de los 1.500 V/m, aparece la ionización del aire desde cualquier elemento. Según aumenta la diferencia de potencial entre la nube y la zona afectada, el aire se electrifica apareciendo la ionización en los elementos en forma de diminutas descargas electrostáticas.



Visualmente son chispas que salen de cualquier elemento expuesto a esa sombra electrificada, sea o no un elemento con alta o baja resistencia. Si tienes suerte, con unos prismáticos lo podrás ver a distancia en alguna punta de pararrayos.

Para haceros una idea, si aplicamos la fórmula de la Ley de Ohm, podremos calcular la corriente que circulara en ese instante por un cable de tierra de cualquier pararrayos (a ser posible con un sistema de lectura a distancia por si cae un rayo en ese momento).

Por ejemplo: cuando aparece la ionización de la punta del pararrayos, el valor de la tensión en ese momento para vencer la resistencia del aire entre la punta y la nube será aproximadamente de 1500 V/m y si la resistencia de la toma de tierra del pararrayos en ese instante, es de 10 ohmios, la corriente que circula en sentido a la toma de tierra o viceversa será de 150 amperios, valores eléctricos que incluso se pueden medir con equipos electrónicos a distancia. Aquí en esos momentos, existe el riesgo de que aparezca o no el rayo , ya que el INSTANTE 1, puede suceder, mantenerse pero no evolucionar, sea por la velocidad de desplazamiento de la SOMBRA ELECTRICA, que no deja que se formen puntos de ionización fijos



para abrir los trazadores de interconexión entre la tierra y la nube, sea porque la zona tiene muchos elementos puestos a tierra y compensa la carga puntual presente, sea porque la nube ha cambiado de altura, sea porque el suelo mineralmente es rico y húmedo y reduce el potencial de ionización y carga del aire, sea porque ...

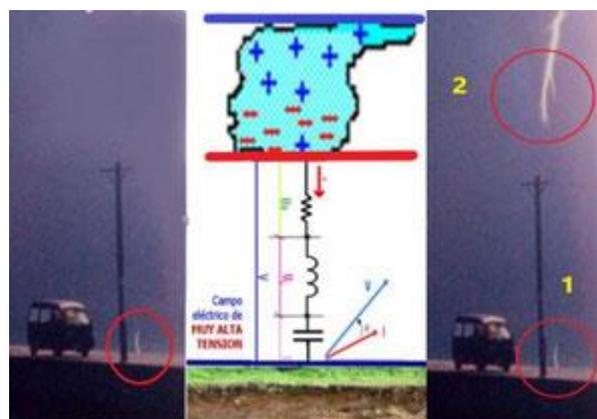
Los marineros, a este efecto de ionización del aire en los mástiles de los barcos, lo llaman "FUEGO DE SAN TELMO" dado que el movimiento del mástil con el vaivén de las olas crea la sensación visual de un fuego en el mástil.

La constante de la ionización en el aire.

Durante el proceso de la ionización del aire, entre la nube y el elemento ionizado en tierra, se empieza a crear una reducción de la resistencia en el aire, si esta constante de ionización aumenta, el proceso recalentara el aire y facilitara un camino trazador en el aire en dirección a la nube. En el caso del mar, el efecto térmico de la ionización, creara visualmente como afloran burbujas en la superficie del mar, incluso el aire enrarecido y de color azul violeta.



El aumento de la diferencia de potencial en el suelo, aumenta la ionización y cambia el efecto de la chispa pasando de un efecto lumínico corto, a un efecto luminoso o efluviio más largo (nº1), si la constante del campo eléctrico aumenta, este efecto luminoso para a transformarse en un trazador con ramificaciones (nº2), si la velocidad de desplazamiento de la nube es superior al aumento de la carga de la nube, el proceso desaparecerá, si la constante del campo eléctrico aumenta y el desplazamiento de la nube se reduce o para, el efecto del trazador se puede llegar a desplazar por el suelo y aparecer en otros elementos, si la carga de la nube es superior a la velocidad de desplazamiento de la nube, el trazador creara una interconexión entre el punto o elemento en el suelo o mar y la nube, por donde aparecerá la descarga y el punto de impacto ( 3 ).



En el instante del impacto del rayo, el dibujo creado de la trazada de la descarga muy vertical puede ser única o acompañada de diferentes ramificaciones laterales, ocurre normalmente cuando la base de la nube está en proceso de desarrollo y sin demasiado desplazamiento.

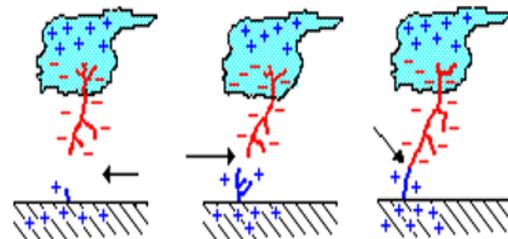


Durante el proceso de ionización del aire y antes del impacto del rayo, aparece el ruido eléctrico de la ionización que se acopla en los

cables de datos y energía más cercanos, en esos momentos se pueden incluso escuchar por la radio en la banda de frecuencia AM, el ruido de la ionización se escucha como una forma de interferencia o chisporroteo.

### SEGUNDO INSTANTE: La descarga del rayo y los Pulsos electromagnéticos (EMP).

En el apartado anterior, vimos como la diferencia de potencial aumenta en el suelo, creando un campo eléctrico con un poder potencial de **ionización** en forma de chispas, pasando de crear un **líder** o eflujo, a un precursor del **Trazador**, que es el responsable de abrir el camino ionizado de baja resistencia entre el elemento expuesto y la nube por donde circulara la descarga del rayo.



**Ionización**

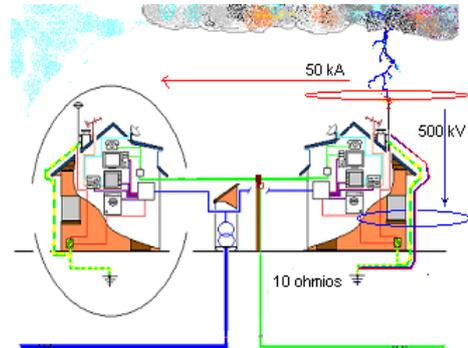
**Líder**

**Trazador**

En el “**Segundo instante**”, es cuando aparece el impacto del rayo, dejando su dibujo de forma luminosa que marca en el aire un impresionante camino predeterminado por su trazador, es cuando al instante aparece su identidad, un sonido llamado trueno que en función de la energía descargada en milisegundos, hará temblar los cristales de las ventanas.



**La intensidad de la descarga del rayo**, puede variar entre 5 y 450.000 amperios, estos valores conocidos dependen de muchas variables, entre ellas la carga de la nube, la distancia entre la base de la nube y el elemento ionizado, la carga consumida para crear uno o varios trazadores, la variabilidad de la resistencia del elemento o del terreno en el instante de la ionización, la simultaneidad del mismo proceso de ionización en la zona en otros elementos referente a la nube, la velocidad de desplazamiento de la nube o elemento afectado y la contaminación del aire entre otros.



**El trueno**, es el sonido creado por el aire al recuperar su espacio, un espacio vacío que fue creado por la alta temperatura de la energía del rayo en su trazado a tierra, el sonido resultante viaja 340 metros por segundo y marca una distancia entre el observador y el rayo.

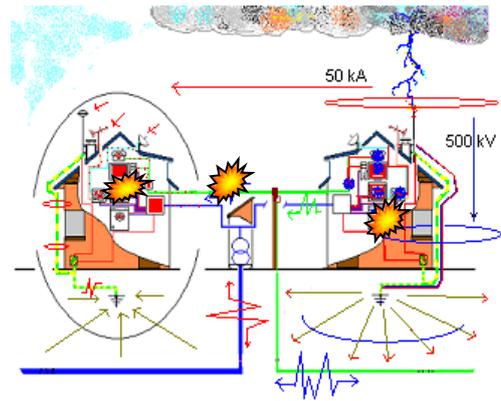
Para saber la distancia de la actividad de rayos, puedes contar los segundos, entre que ves la luz del rayo y escuchas el trueno, y multiplicar el tiempo por 340, eso te dará una idea de la distancia, en metros, de la actividad de rayos. Si aumenta, la tormenta se acerca, si se mantienen va lateralmente y si se reduce se aleja.



En el instante del contacto del rayo en el elemento escogido (un pararrayos por ejemplo), el chispazo y desconexión del rayo, crea la aparición del **pulso electromagnético** que viajara a una velocidad de 299.900 Km/s, siendo su intensidad proporcional a la descarga del rayo y la resistencia eléctrica del elemento impactado referente a tierra. En el punto de impacto la temperatura variara entre los 8.000 y 27.000 grados en microsegundos, pudiendo fundir en ese instante 40 cm de la punta de un pararrayos como el de la foto.

Si tenemos los datos del rayo y las coordenadas del impacto por una empresa de teledetección de rayos, podemos medir la resistencia de la tierra y aplicar la ley de Ohm para conocer más datos sobre los posibles efectos colaterales que creo, en este caso la simulación es de un impacto de rayo en el pararrayos, con un impacto de rayo conocido de **50.000 A x 10 Ω** de la resistencia de la toma de tierra, tendremos un chispazo de **500.000 Voltios** y una potencia de radiación de **25 Mega Watios**.

La **onda radiada** será perimetral por el aire y su frente de onda, pasará de **100 kA/μs** decreciendo con la distancia a unos **50 kA/μs**, creando a su paso sobretensiones por inducción y acoplamiento. En cuestión de segundos, los efectos inductivos crearán sobre tensiones y destruirán a su paso componentes electrónicos, aunque no estén referenciados a tierra ni conectados a la red, pudiendo sobrepasar la señal del rayo distancias de cientos de kilómetros.



La **trayectoria del rayo** no es caprichosa por si sola, como hemos hablado anteriormente hay un proceso previo que determinara el punto de impacto.

Si durante el proceso del trazador, la **SOMBRA ELECTRICA** tiene una constante de velocidad y durante su proceso sube por el lateral del monolito y llega el instante de la descarga, el impacto podrá ser lateral como se ve en la foto.

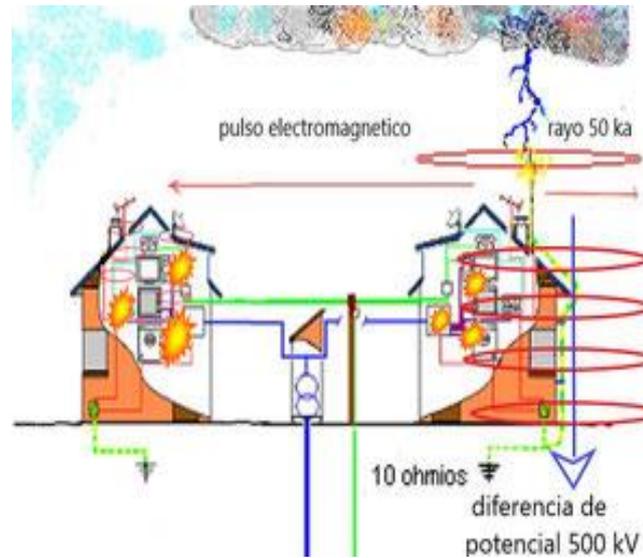


Los **rayos laterales**, son capaces de impactar en el lateral de un elemento como en el lateral de una torre, en la planta baja de un edificio o volver atrás en su desplazamiento para descargar en una zona previamente electrificada y trazada.

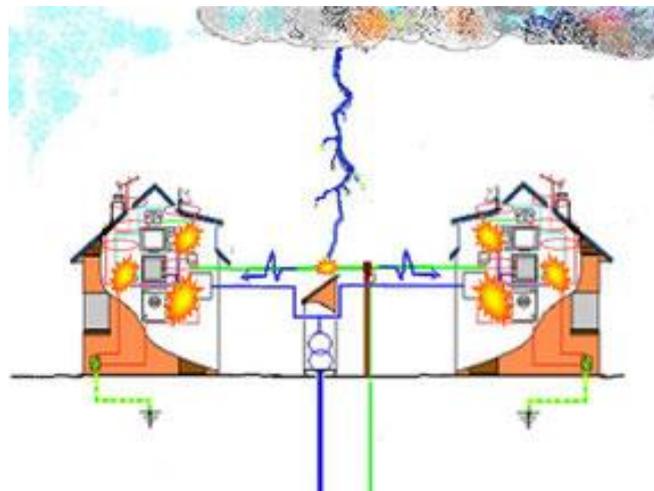
### TERCER INSTANTE: Sobretensiones inducidas y conducidas.

Mientras se desarrolla el pulso electromagnético por el aire en el instante 2, al mismo tiempo en el instante 3, el impacto del rayo en el pararrayos genera que fluya una corriente del rayo por los cables de tierra del pararrayos o por cualquier medio conductor en sentido a la toma de tierra.

Si consideramos que el rayo es de 50.000 amperios como en referencias anteriores y nuestra toma de tierra es de 10 ohmios, la corriente del rayo tendrá un freno en su descarga a la toma de tierra por la resistencia de los materiales o la resistencia de la propia toma de tierra, en este caso de 10 ohmios, creando durante el proceso de la descarga, una diferencia de potencial entre la punta del pararrayos y la toma de tierra de 500.000 voltios.



El paso de la corriente por el cable de tierra del pararrayos, generara un campo magnético que viaja desde la punta del pararrayos en sentido la toma de tierra a la velocidad de la corriente de paso del rayo, su valor será proporcional a la intensidad de la corriente del rayo, el desplazamiento brusco del campo magnético se acoplara a su paso en los cables y equipos electrónicos, en el caso leve pueden padecer una magnetización de los metales y electrónica sensible, en el caso grave se generara una sobretensión inducida en los componentes eléctricos que los achicharraran.



Si el rayo impacta directamente en la línea eléctrica de la compañía, los efectos de sobretensiones conducidas, procederán de la red exterior al interior de las instalaciones creando la averías directas de los equipos eléctricos y de potencia.

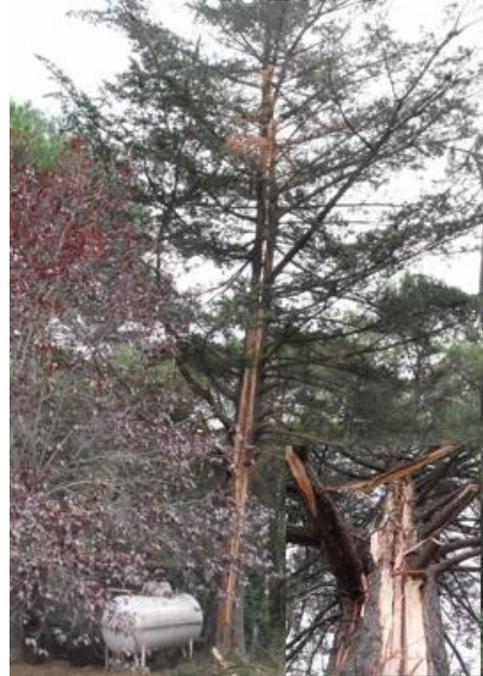
#### CUARTO INSTANTE: Aumento del potencial de tierra, Tensiones de paso y de contacto

Hemos visto que en el **instante 3**, que en función de la intensidad de la descarga del rayo en el pararrayos o en un elemento cualquiera, se generan diferentes efectos colaterales y resultados de

valores dependiendo de la resistencia de cada uno, en la simulación anterior, la descarga de un rayo de 50.000 amperios y con un conductor y una toma de tierra de 10 ohmios, aparecía una tensión de 500.000 voltios.

Este valor variara dependiendo de los conductores eléctrico del rayo, los minerales de la porción del terreno donde se aloja la puesta a tierra, su humedad, el estado de sulfatación y oxidación de los materiales que la forman. Estos y otros factores que componen la toma de tierra además de drenar los 50.000 amperios en la toma de tierra desde el pararrayos aumentan el tiempo de la disipación, aumentando el valor de la diferencia de potencial y también el aumento de la temperatura, recalentando los conductores eléctricos a su paso si estos no están calculados adecuadamente.

Si para la misma intensidad de descarga de rayo de 50.000 amperios, en el momento de la descarga del rayo, la toma de tierra por estar seca o mal estado tiene un valor 30 ohmios, los valores resultantes de tensiones pasaran a ser de 50.000 V a 1.500.000 voltios, sencillamente aplicando la ley de ohm para el mismo rayo.



Como podemos ver, este árbol, explosiono desde dentro hacia fuera por los efectos térmicos de un rayo, el rayo utilizo la savia como conductor al ser rica en minerales, trasformando a su paso en sentido a la tierra instantáneamente, el estado líquido en vapor. Fue tal la compensación de energía en vapor, que el árbol no llego a quemarse y el depósito de gas no fue afectado.

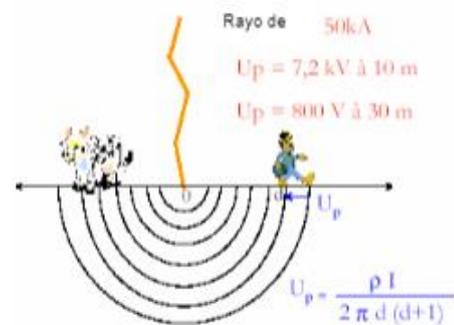
Aquí podemos ver como la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma, y en su proceso de transformación, pierde potencial.

Lo mismo pasa con los metales, el efecto del paso de la corriente de un rayo, por un metal ferromagnético como el hierro, dejara una memoria magnética en sentido de la corriente a su paso y un comienzo a la degradación por oxidación. En el caso de impactos de rayos en zona Atex, el detonante directo es el chispazo en el punto de impacto, el indirecto son posibles arcos eléctricos entre metales de diferente potencial.



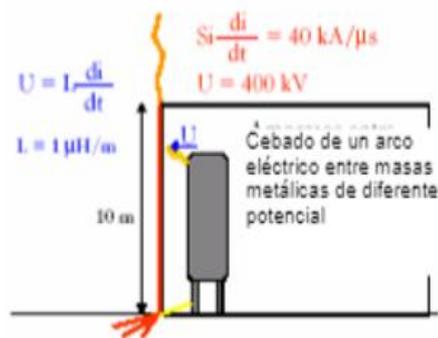
En el caso de impactos de rayos en un barco, el rayo buscara la descarga directa a tierra, perforando el casco a su paso.

**Durante el instante cuatro**, la suma de la resistencia de la toma de tierra y el conjunto del pararrayos, conexiones y cable de tierra, crearan un freno a la corriente entre el punto de impacto del rayo y la tierra física o porción de terreno, creando varios efectos eléctricos colaterales a causa de la diferencia de potencial.



**Tensiones de paso:** las personas que transiten cerca del radio de acción de la toma de tierra del pararrayos en el momento del impacto del rayo se encontraran expuestos a un alto riesgo de electrocución por tensiones de paso o arcos eléctricos, en función de la intensidad del rayo.

**Tensiones de contacto:** Las tensiones de contacto aparecerán en un radio perimetral a partir de la situación de la toma de tierra en tuberías, puertas, ventanas, escaleras, barandillas de accesos y cualquier metal referenciado a tierra.



**Chispas eléctricas:** Aparearán en metales no referenciados a tierra, en un radio perimetral a partir de la situación de la toma de tierra en tuberías, puertas, ventanas, escaleras, barandillas de accesos.



**Sobretensiones:** Se originarán por los cables de tierra y neutro en sentido hacia los equipos eléctricos y electrónicos cercanos.

<b>FICHA TÉCNICA DEL RAYO.</b>	<b>Valores</b>
<b>Valores de referencia del rayo.</b>	
Tensión que pueden aparecer en tierra antes de la descarga del rayo	1.000 a 45.000 V
Campo electrostático por metro de elevación sobre la superficie de la tierra	10 kV
Intensidades que pueden circular por los cables o elementos conductores entre	5.000 y 350.000 A
Tensiones que pueden aparecer en los cables de tierra y la toma de tierra	50.000 a 3.500.000 V
di/dt en función del tipo de rayo	7.500 A/s a 500.000 A/s
Potencia disipada de un rayo de 50.000 A	25.000.000 Kw
Frecuencia causada por cada impacto del rayo en un elemento (ELF)	1 Hz
Distancia de recorrido de la señal del rayo en función de su intensidad	299.000 km
Temperatura en el punto de impacto del rayo	8.000 a 27.000 Cº/μs
Propagación del sonido del rayo	340 m/s
Propagación del pulso electromagnético	299.0 /s

## REGLAS QUE PUEDEN SALVAR VIDAS, FRENTE A LOS PELIGROSOS RAYOS DURANTE LAS TORMENTAS, CON EL OBJETIVO DE CERO ACCIDENTES

---

Dado que el rayo es caprichoso en su aparición en el punto de impacto y resulta imposible determinar de cuanta intensidad en amperios será la descarga, ni tampoco en qué situación se encontrará la persona o las instalaciones en el instante de la descarga del rayo, nunca podremos garantizar con estas recomendaciones, una prevención contra el rayo ideal ni absoluta, pero conociendo el riesgo y aplicando las medidas preventivas, se podrán mejorar y reducir los riesgos de accidentes.

Por ello, si vuestros OBJETIVOS en la industria son “CERO ACCIDENTES”, os invitamos a contactar con nosotros para proponeros una “AUDITORIA DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA EL RAYO”.

Con la recogida de los datos de la auditoria, partiremos de un nivel “CERO “, conociendo donde estábamos y donde queremos ir. Es fundamental y esencial, conocer el estado y nivel actual de las protecciones contra el rayo de las instalaciones y poder analizar entonces, si las existentes cumplen las necesidades de prevención y protección contra el rayo a las personas e instalaciones frente a los llamados “RAYOS DE MEDIA Y ALTA INTENSIDAD”.

En los últimos 5 años, los estudios analizados de la actividad de rayos en diferentes zonas geográficas de España y el seguimiento de la actividad de los mismos en el mundo detectan una tendencia al aumento de la severidad en los impactos de rayos a tierra, con rayos de 450.000 amperios, a rayos con trayectoria de más de 700 km de distancia según el organismo mundial de meteorología (OMM).

PROPONEMOS REGLAS QUE PODRIAN SALVAR DE LOS EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE LOS RAYOS DURANTE LAS TORMENTAS. Nuestras recomendaciones están basadas, en nuestras experiencias de los últimos 20 años en un amplio abanico de instalaciones industriales y residenciales, en el conocimiento de la técnica de los múltiples sistemas de protección contra rayos del mercado, y de las experiencias de “CERO ACCIDENTES A CAUSA DEL RAYO” en dichas instalaciones.

## SEGUIMIENTO Y ALERTA EN TIEMPO REAL DE LA ACTIVIDAD DE RAYOS

### ALERTA AUTOMÁTICA:

La alerta temprana de la actividad de rayos se efectúa por empresas homologadas y de alta fiabilidad.

- ✓ **EL OBJETIVO** es adelantarse al riesgo, conociendo en tiempo real la dirección y severidad de la aparición de una tormenta con rayos y dar la alerta que corresponda.
- ✓ La **ALARMA TEMPRANA DE RAYOS**, determinará el poner en marcha las medidas preventivas para reducir los riesgos de accidentes a las personas, averías en las instalaciones y garantizar la continuidad del servicio.



- ✓ **EL AVISO DE LA ALARMA TEMPRANA DE RAYOS**, se envía por correo electrónico o SMS.
- ✓ **LA ZONA DE VIJILANCIA DE RAYOS**, se efectúa a partir de un estudio estadístico de 10 años y en un radio entre 30 y 40 km, donde se analiza el comportamiento de las tormentas y su severidad en tiempo real.
- ✓ **LA ALARMA TEMPRANA DE RAYOS SE ACTIVA Y DESACTIVA EN FASE DE TORMENTA EN TIEMPO REAL**, el umbral de activación se ajustará a cada necesidad del cliente, pudiendo partir de la aparición del primer o segundo impacto de rayo en la zona vigilada de 50 km, y la actividad de la ALARMA DE RAYOS dentro de los 5 km para mantener la alarma el tiempo de mantenimiento o su desconexión.
- ✓ **LAS NORMATIVAS**. Los sistemas de aviso de tormentas cumplen la norma internacional IEC 62793.

## ALERTA MANUAL:

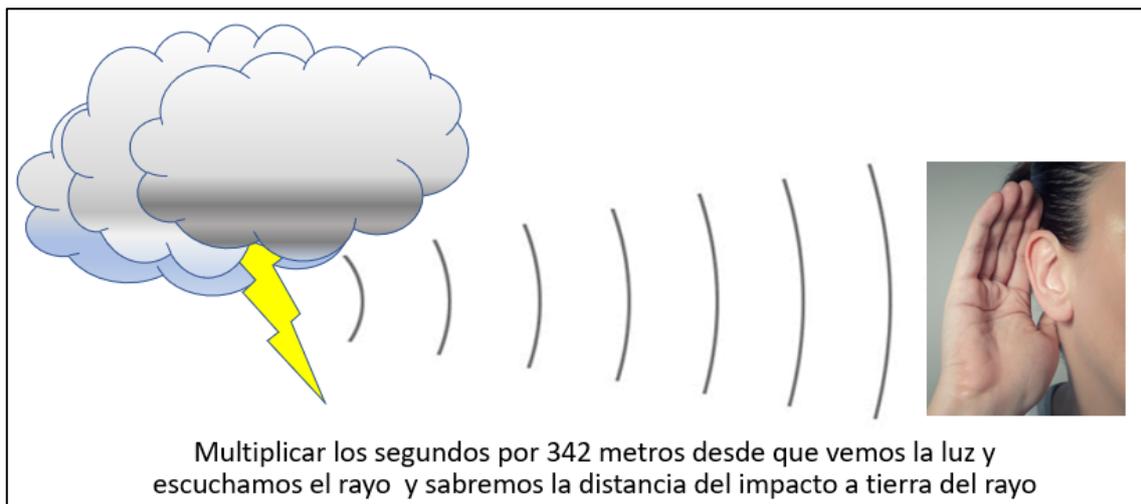
---

La alerta se activa por un supervisor asignado, que efectuará el seguimiento de la previsión del tiempo y estará atento a la evolución de las tormentas, efectuando un seguimiento de las mismas en los mapas de meteorología.

Los niveles de Alarma pueden ser de:

- ✓ ALERTA ACTIVIDAD DE RAYO
- ✓ ALARMA DE RAYOS.

El procedimiento de seguimiento de la actividad de rayo se efectúa a partir de escuchar un trueno, y efectuar el seguimiento de los demás truenos, comprobando el tiempo que pasa entre el flash luminoso y el sonido del trueno para determinar que la tormenta se acerca o se aleja.



- El cálculo para activar **ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS** o **ALARMA DE RAYOS**, se obtiene multiplicando el tiempo (s) x la velocidad del sonido que será cuando escuchamos el trueno, (segundos x 342 metros).
  - ✓ Si el resultado disminuye, quiere decir que la tormenta viene hacia nosotros.
  - ✓ Si el cálculo se mantiene, quiere decir que la tormenta pasa paralela a nosotros.
  - ✓ Si el resultado del cálculo aumenta quiere decir que se aleja.

## DISTANCIA DE SEGURIDAD DE LA TRAYECTORIA DE LAS TORMENTAS, PARA ACTIVAR Y DESACTIVAR LAS ALARMAS.

La distancia de seguridad del acercamiento de una tormenta con actividad de rayos sería de unos 10 km, y determinar si activar o no la señal de “**ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS**”, es decir 29 segundos desde que vemos el resplandor del rayo y escuchamos el trueno.

La distancia de seguridad de la misma tormenta, para activar la “**ALARMA DE RAYOS**” sería de unos 5 km, es decir 4 segundos desde que vemos el resplandor del rayo y escuchamos el trueno.

TABLA DE ACTIVACION DE ALARMAS

ACTIVAR ALARMA	Tiempo transcurrido en SEGUNDOS, entre el flash del rayo y el trueno.	DESACTIVA ALARMA
ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS	<b>29”</b>	Pasados 15 minutos sin actividad de rayos
ALARMA DE RAYOS	<b>14”</b>	Pasados 15 minutos sin actividad de rayos

Cuadro de seguimiento y observación para activar o desactivar Alarmas:

- **Equipo medida:** Cronometro
- **Activar observación:** al escuchar el primer trueno

FLAS	TRUENO	DISTANCIA EN KM	DIRECCION DE LA TORMENTA	ALARMAS
Al ver el destello luminoso, activar cronometro	Al escuchar el sonido del trueno parar cronometro	multiplicar los segundos por 342	SA: Se acerca SM: Se mantiene SR: Se retira	AAR: Alerta actividad rayos. AR: Alarma Rayos FAAR / FAR: Fin alarma.
00:00	00:85	$85 \times 342 = 29,7$	SA	-
00:00	00:85	$85 \times 342 = 29,7$	SM	-
00:00	00:65	$65 \times 342 = 22,2$	SA	-
00:00	00:29	$29 \times 342 = 9,9$	SA	AAR
00:00	00:29	$29 \times 342 = 9,9$	SM	AAR
00:00	00:29	$29 \times 342 = 9,9$	SM	AAR
00:00	00:26	$26 \times 342 = 8,8$	SM	AAR
00:00	00:14	$14 \times 342 = 4,7$	SA	AR
00:00	00:14	$14 \times 342 = 4,7$	SM	AR
00:00	00:29	$29 \times 342 = 9,9$	SR	FAR - AAR
00:00	00:98	$98 \times 342 = 33,5$	SR	FAAR
00:00	00:100	$100 \times 342 = 34,4$	SR	-

Este procedimiento es funcional siempre que estemos atentos a la presencia de tormentas y el observador este operativo, pero no es el más aconsejado.

## SEÑALIZACIONES DEL RIESGOS ELECTRICO EN CASO DE ALARMA DE RAYOS.

---

Es importante señalar el peligro, con carteles de señalización para delimitar las zonas de posibles riesgos eléctricos.

En caso de impacto de rayo, los efectos directos e indirectos generaran diferentes fenómenos relacionados todos con los riesgos eléctricos como hemos mencionado anteriormente, todos ellos relacionados con:

- Sobretensiones.
- Arcos eléctricos.
- Tensiones de paso

Por ese motivo es importante delimitar las zonas de “Posible riesgo de impactos de Rayos “para señalar la zona y marcar los procedimientos con distancia de seguridad en cada caso.

1. RIESGO ELECTRICO EN CASO DE ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS
2. RIESGO DE DESCARGA ELECTRICA EN CASO DE ALARMA DE RAYOS
3. RIESGO DE EXPLOSION EN CASO DE ALARMA DE RAYOS

Los carteles de señalización pueden ser estos.



## ZONAS DE RIESGOS ELECTRICO EN CASO DE IMPACTO DE RAYO.

---

Se recomienda crea un mapa de zonas, para señalar los niveles de riesgos directos, indirectos y ATEX para reseñar los procedimientos y distancias de seguridad en cada caso.

### ZONAS DE RIESGOS ELECTRICOS INDIRECTOS A CASA DE UN RAYO

- Serán los puntos de trabajo, donde se manipulen cuadros eléctricos, en que algún cable pase o esté a menos de 50 metros del pararrayos y las tomas de tierra de los pararrayos o del posible punto de impacto señalado.

### ZONAS DE RIESGOS ELECTRICO DIRECTOS A CAUSA DE UN RAYO:

- Serán todas las Instalaciones en altura, donde estén instalados los pararrayos captadores o ionizantes.
- Serán todo el trazado por donde el cable de cobre del pararrayos este instalado, comprendiendo en este caso, cualquier estructura de metal que este al mismo potencial del mismo cable de tierra.
- Serán todas las Tomas de tierra del pararrayos y en su caso aquellas que esten al mismo potencial que la tierra del pararrayos
- Serán en caso de no tener una instalación de Pararrayos, aquellos puntos que por su forma constructiva sobresalgan en altura de la industria y se consideren pararrayos naturales.

### ZONA DE RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION A CAUSA DE UN RAYO:

- Serán aquellos depósitos de hidrocarburos, gases, químicos, etc, todo aquel esté o no clasificado como ZONA ATEX, incluyendo incluso por rigor, los depósitos antes nombrados que estén protegidos con pararrayos y este esté en la misma estructura del depósito o a menos de 30 metros de la zona ATEX.

### **Nota:**

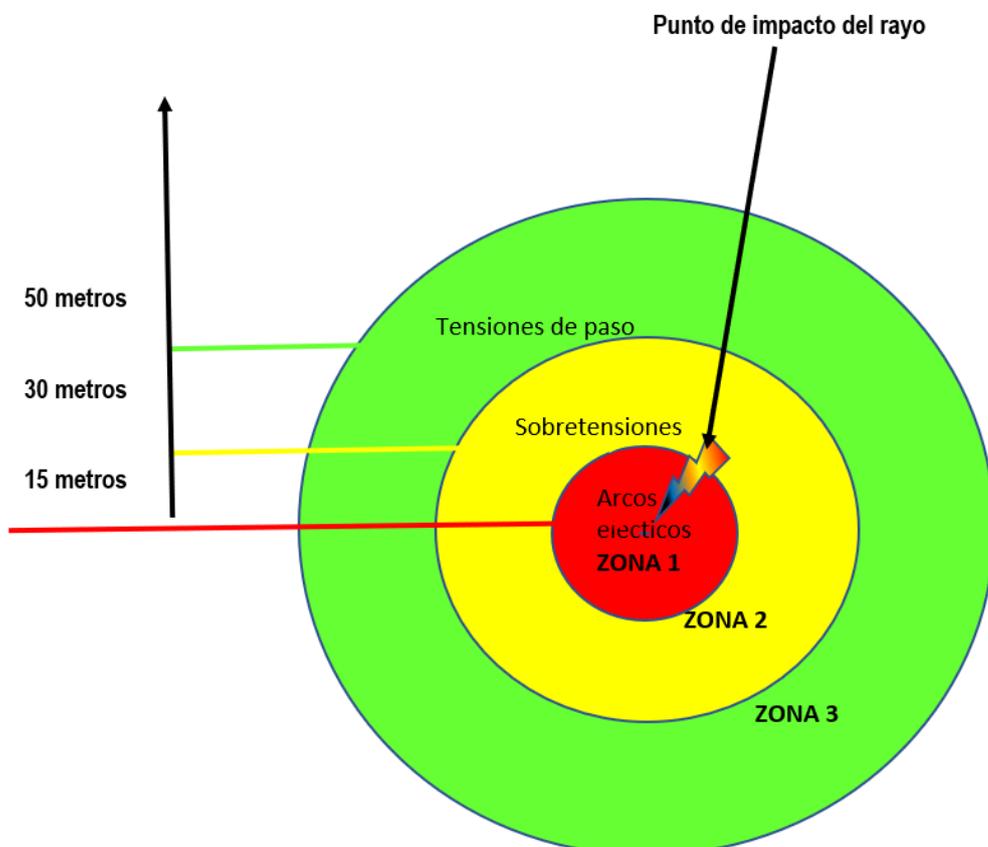
En el Anexo A, podrán ver las zonas señalizadas de riesgo de su industria.

## DISTANCIAS DE SEGURIDAD ELECTRICA EN LAS ZONAS DELIMITADAS COMO ZONAS DE RIESGO

Tabla de distancias de seguridad

Nivel de riesgo eléctrico en el momento de un impacto de rayo de 100.000 amperios	SEVERO	ALTO	MODERADO
Distancias a tener en cuenta a <b>partir</b> de los metros definidos y reduciéndose el riesgo hasta la próxima zona para los fenómenos de:	A partir de	A partir de	A partir de
<b>ARCOS ELECTRICOS</b>	<b>0-15</b>	<b>25</b>	<b>50</b>
<b>SOBRETENSIONES</b>	<b>0-30</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>TENSIONES DE PASO</b>	<b>0-50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>

Ejemplo de las zonas de riesgos 1- 2 y 3, delimitadas en el terreno según los efectos directos e indirectos a partir del epicentro de un impacto de rayo de 100.000 Amperios.



Valores de referencia en función de la intensidad del rayo

<b>CAMPO MAGNETICO GENERADO POR UN IMPACTO DE UN RAYO NEGATIVO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>ALTO</b>	<b>SEVERO</b>
Valores de la intensidad de la Corriente de los rayos	5 a 30 kA	30 a 60kA	60 a 150 kA
Velocidad de ascenso de la corriente del rayo (di/dt).	2 kA/ $\mu$ s	8 kA/ $\mu$ s	50 kA/ $\mu$ s
Tiempo hasta el valor de pico	0,3 a 2 $\mu$ s	1 a 4 $\mu$ s	10 $\mu$ s
Duración de una descarga	0,1 a 0,6 ms	0,5 a 3 ms	400 ms
Campo Magnético orientativo en A/m generado por el rayo medido a 100 metros del impacto.	16	32	1,12x10 <sup>2</sup> a 3,2x10 <sup>2</sup>

## PROCEDIMIENTOS DE ACTUACIONES EN CADA CASO

---

En fase de “ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS”

<b>ZONA</b>	<b>ALERTA DE ACTIVIDAD DE RAYOS</b>
<b>1</b>	Reducir la actividad de trabajos de los puntos altos. Reducir el tránsito de personas en la zona. Parar trabajos en cuadros eléctricos y tomas de tierra
<b>2</b>	Reducir la actividad de trabajos en cuadros eléctricos y tomas de tierra
<b>3</b>	Actividad laboral normal

En fase de “ALARMA DE RAYOS”

<b>ZONA</b>	<b>ALARMA DE RAYOS</b>
<b>1</b>	Parar toda actividad en puntos altos señalizados Parar toda actividad en cuadros eléctricos y tomas de tierras de la zona Prohibir el tránsito de personas en las zonas señalizadas
<b>2</b>	Parar toda actividad en cuadros eléctricos y tomas de tierras de la zona Reducir el tránsito de personas en las zonas señalizadas
<b>3</b>	Reducir toda actividad en cuadros eléctricos y tomas de tierras de la zona

ARM, SLU.

Email: [arm@andorra.ad](mailto:arm@andorra.ad)

Web: [www.pararrayos-pdce.com](http://www.pararrayos-pdce.com)