

## El fenómeno del rayo

por **Hernán C. Berón** (Fuente: [www.ingelectricista.com.ar](http://www.ingelectricista.com.ar))

En la antigüedad los rayos eran considerados como castigo de los dioses, hasta que en 1752 el norteamericano Benjamín Franklin descubrió que el rayo no es ni más ni menos que una descarga eléctrica. Franklin lo explicó mediante fenómenos eléctricos basados en las leyes que se tenían en ese entonces con lo que se vislumbró la posibilidad de diseñar "sistemas de defensa" que aunque no logren "riesgo cero", disminuyen el mismo considerablemente.

Hoy día, por diferentes estudios y pruebas de campo realizadas tanto en Europa como en E.E.U.U., nos permiten conocer algunos datos acerca del rayo. Así, por ejemplo, se sabe que la temperatura máxima de un rayo puede alcanzar valores superiores a 30.000 °C, con una duración de aproximadamente una millonésima de segundo. Esta temperatura supera más de cua-

de pocos centímetros. La longitud de descarga vertical es normalmente de 5 a 7 Km., mientras que en el caso de una descarga horizontal va de 8 a 16 Km. La velocidad del rayo oscila entre 1/10 a 1/3 la velocidad de la luz. En cuanto a los parámetros eléctricos, el valor de la corriente puede llegar a 350 kA y la tensión entre nube y tierra antes del inicio de la descarga llega a valores de centenas de millones de volts.

### Desarrollo.

Se sabe que una tormenta es una perturbación de la atmósfera con fenómenos eléctricos y lluvias. Los meteorólogos definen a una nube como una masa densa de partículas de agua o de hielo de un diámetro de 20 a 50 micrones, conformándose c/u de ellas sobre un núcleo de materia sólida. La elevada cantidad de polvo que transporta el aire sobre las ciudades ayuda a la formación

nece en estado líquido a temperaturas muy inferiores de su punto de solidificación (agua subenfriada)

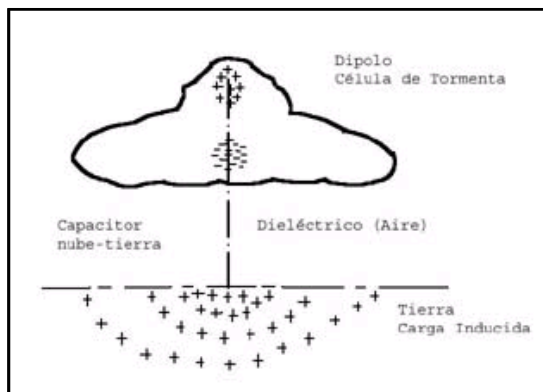
Se distinguen en sí varios tipos básicos de nubes, de los cuales sólo uno se carga de electricidad: el **CUMULONIMBUS**.

Una única tormenta está constituida por células individuales, por las que asciende el aire en una sucesión de porciones de aire, a modo de burbujas. En el momento en que cada una asciende, transporta aire de las regiones subyacentes en una fase denominada *etapa cumuliforme*. El aire levantado por una célula tormentosa puede alcanzar velocidades verticales superiores a los 60 km/h. La precipitación se realiza en forma de lluvia en los niveles inferiores, mezcla de agua y nieve en los medios, y nieve en los altos.

Las partículas de hielo en su caída desde lo alto de la nube actúan como núcleos de condensación en los niveles bajos, en un proceso denominado *inseminación de la nube*. La rápida caída de las gotas de agua, procedentes de las burbujas ascendentes, ejercen una fricción sobre el aire, lo cual genera una corriente descendente. Se pone de manifiesto en el suelo cuando la precipitación adquiere matices de intensidad.

### Célula de tormenta.

Al comienzo el viento vertical es producido por el aire caliente cargado de vapor de agua en el proceso convectivo y por la energía cinética con la que se desplazan las dos masas de aire que chocan en el proceso frontal. En ambos casos el aire caliente, cargado de vapor de agua, se desplaza hacia arriba encontran-



tro veces la de la superficie del sol.

Se supone, a través de fotografías, que el diámetro de la descarga visible del rayo es del orden

de nubosidad y niebla. Es costumbre ver que el agua líquida pase a estado sólido cuando la temperatura es igual o menor a 0°C. En las nubes el agua perma-

do en su camino aire cada vez más frío con lo que llega el momento en que éste vapor se condensa dejando en libertad su calor latente de vaporización, imprimiéndole mayor poder ascensional. Al ir encontrando capas aún más frías, las gotitas se congelan liberando nuevas cuotas de calor latente. Llega un momento en que todo el vapor de agua esta en forma de diminutos granitos de hielo. Al no haber mas fuentes de calor el viento vertical cesa y los granitos, sin soporte, comienzan a caer en caída libre. El cumulonimbus ha alcanzado el máximo de altura que es capaz.

Los granitos de hielo, microscópicos al principio, en su caída van encontrando otros granitos y más abajo, también gotitas de agua que los hacen aumentar de tamaño y peso. Pero también van encontrando vientos cada vez más fuertes al acercarse a la base de la nube, vientos cuyo empuje, al superar su energía cinética, los impulsan nuevamente hacia arriba, siempre aumentando de tamaño por las partículas líquidas y sólidas que van encontrando en un proceso que se repite muchas veces.

Las gotitas contenidas en la nube de tormenta no solo aumentan de tamaño y peso sino que, debido a fenómenos vinculados con la congelación, campo eléctrico terrestre y captación de iones, van adquiriendo carga eléctrica; que va variando de signo a través de su viaje. Generalmente las gotitas en la base de la nube están cargadas negativamente y las de la parte superior positivamente. La célula de tormenta adquiere así, desde el punto de vista eléctrico el aspecto de un dipolo.

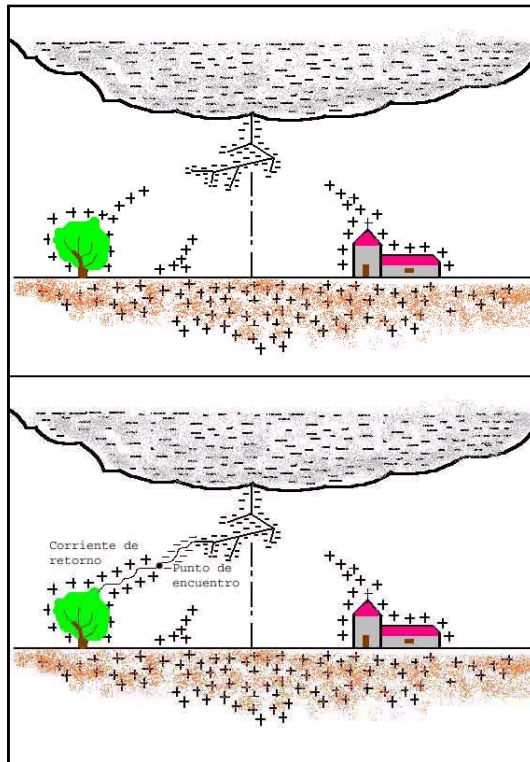
### La generación del rayo.

La célula de tormenta no es un fenómeno aislado. Se produce en un entorno físico en el que los

elementos más destacados son la tierra directamente debajo de la misma y la capa de aire entre las dos que hace de elemento aislante.

La carga inducida bajo la nube es la resultante de las producidas dentro de la misma prevaleciendo el signo de las de la base por

Si bien el aire tiene menor rigidez dieléctrica a medida que se avanza desde tierra hacia la nube (de modo que la mayoría de los rayos se inician en la nube), sobre la tierra misma el mayor porcentaje de resistencia esta dado por la capa de polución ambiental a unos 100 ó 120 me-



su menor cercanía al suelo. La presencia de esta carga se suma al proceso de generación de electricidad dentro de la nube, ya que por inducción, genera en esta una carga igual, cuyo signo contrario coincide con el de la ya existente sumándose.

Este proceso va haciendo aumentar la tensión de la base de la nube con respecto a tierra hasta valores increíbles (100 a 1000 millones de volts) llegando un momento en que la rigidez dieléctrica del aire no soporta más la tensión y se inicia una chispa en uno de los extremos (nube o tierra) hacia el otro.

tros de altura. Por lo tanto para cualquier estructura que supere estas alturas comienza a adquirir relevancia la concentración del gradiente eléctrico en las puntas y las chispas se inician sobre ellas, con mas frecuencia cuanto más elevada y más en forma de punta es.

Una vez iniciada la chispa su camino hacia el otro polo no es continuo, sino que avanza por tramos y a una velocidad aproximada de un tercio de la velocidad de la luz. En cada tramo buscará el camino más fácil, es decir que va cambiando de dirección debido a la distinta ioniza-

## El fenómeno del rayo

ción y por ende resistencia del aire (ya que no es homogénea). La chispa en ésta etapa, recibe el nombre de **líder de pasos**.

El líder de pasos se acerca al polo opuesto al potencial del cual proviene, ya que su corazón es un canal de no más de centímetro y medio de diámetro formado por aire totalmente ionizado (plasma), con lo que el gradiente, o sea el resultado de dividir este potencial por la distancia, va aumentando grandemente al disminuir ésta.

Esta marcha prosigue hasta que el líder se acerca tanto que en algunos puntos, donde el gradiente es mayor, la rigidez dieléctrica del aire no lo soporta y del suelo salta una chispa a su encuentro.

El punto en que ambas corrientes se conectan recibe el nombre de **punto de encuentro** y en el momento en que esto ocurre se produce un cortocircuito franco entre los 100; 200 ó 300 millones de volts de la nube con lo que se genera una intensa corriente en sentido inverso al del líder de paso que recibe el nombre de **líder de flecha** o **dardo** o **líder positivo ascendente**.

Cuando el líder positivo ascendente llega a la nube con su carga de iones positivos se encuentra en una situación muy especial: se encuentra frente a un sistema eléctrico formado por una acumulación de gotitas de hielo separados entre sí por una capa de aire muy seco dado que el vapor de agua se ha condensado por efectos de la baja temperatura. Sabemos que el aire en estas condiciones es muy buen aislante por lo que la carga de la nube no se neutraliza completamente sino que se produce un chisporroteo hasta las gotitas que se hallan a una determinada distancia, digamos trescientos o quinientos metros, cuyas cargas eléctricas son neutralizadas. Esta

neutralización hace decrecer la corriente hasta su extinción.

### Guía de seguridad personal durante las tormentas.

A menos que sea absolutamente necesario, no debe salirse al exterior o permanecer a la intemperie durante las tormentas. Búscase refugio en el interior de edificios, vehículos u otras estructuras o lugares que ofrezcan protección contra el rayo. Los siguientes lugares constituyen una protección adecuada contra el rayo para las personas:

- 1) Viviendas u otros edificios protegidos de los rayos.
- 2) Refugios subterráneos tales como ferrocarriles suburbanos, túneles y cuevas.
- 3) Grandes edificios metálicos o de estructuras metálicas.
- 4) Automóviles, colectivos y otros vehículos cerrados con carrocería metálica.
- 5) Trenes o tranvías cerrados.
- 6) Lanchas o barcos cubiertos.
- 7) Embarcaciones con pararrayos.
- 8) Calles protegidas por edificios cercanos.

De ser posible, deben evitarse los siguientes lugares que ofrecen poca o ninguna protección:

- 1) Pequeños edificios, graneros, cobertizos, etc., sin protección alguna.
- 2) Tiendas de campaña y refugios temporales (sin protección contra rayos).
- 3) Automóviles descapotables.
- 4) Vehículos de recreo (descubiertos o no metálicos)
- 5) También debe evitarse el empleo o contacto con aparatos eléctricos, teléfonos y enchufes.

Ciertos lugares son extremadamente peligrosos durante las tormentas y, deben, si es posible, evitarse. Debe preverse la aproximación de tormentas y evitar, cuando esto ocurra, los

lugares siguientes:

- 1) Campos de golf, terrenos deportivos y campo abierto.
- 2) Canchas de tenis.
- 3) Piscinas, lagos y costas marítimas.
- 4) Cercanías de cables aéreos, alambradas, vías de ferrocarril y tendedores.
- 5) Árboles aislados.

En las situaciones mencionadas es especialmente peligroso ir montado encima o dentro de cualquier de estos vehículos durante una tormenta eléctrica:

- 1) Tractores abiertos u otras máquinas agrícolas conducidas en campo abierto.
- 2) Cochecitos de golf, ciclomotores y bicicletas o motocicletas.
- 3) Embarcaciones abiertas (sin mástiles y en "hovercraf").
- 4) Automóviles (abiertos o con capota no metálica).

Pudiera no ser siempre posible escoger un lugar exterior exento de peligro. Sígase las siguientes reglas cuando exista posibilidad de escoger:

- 1) Búsqense zonas bajas; evítense colinas o lugares altos.
- 2) Búsqense zonas pobladas de árboles; evítense árboles aislados.
- 3) Búsqense edificios, refugios y tiendas de campaña en zonas bajas; evítense edificios sin protección y refugios elevados.
- 4) Si se encuentra aislado en una zona expuesta y siente que se le eriza el cabello, indicación de que el impacto del rayo se aproxima, póngase de rodillas y bascúlese poniéndose las manos sobre las rodillas. No se tumbe en el suelo ni coloque sus manos sobre él. @