

descomposicion, como en los cementerios, en los muladares ó en los pantanos, y que se inflaman espontáneamente al combinarse con el oxígeno del aire.

Esos fulgores vacilantes han producido siempre una desagradable y triste impresion en la imaginacion supersticiosa de los pueblos, que los han considerado á menudo como almas errantes sobre las ruinas, y mas de una vez han hecho que se postraran de rodillas muertos de miedo los que los veian deslizarse entre las tumbas siniestras del cementerio.

Algunas veces aparecen repentinamente cuando se abren sepulcros antiguos; y como en otro tiempo se ponian lámparas encendidas en el fondo de las tumbas, las personas crédulas se figuraron que la claridad de estas era inextinguible. Cuéntase que durante el pontificado de Paulo III, elegido papa el 13 de octubre de 1534, se descubrió en la via Apia una tumba con esta inscripcion: *Tulliolæ filiae meæ*. Al primer soplo de aire, el cuerpo de la hija de Ciceron quedó reducido á polvo, y se apagó una lámpara encendida todavía (asi se dijo) despues de haber ardido mas de mil y quinientos años. Segun dice Raulin en sus *Observaciones de meteorología*, pág. 393, se han encontrado ciertos cadáveres, que estaban enterrados hacia mucho tiempo, brillando con una luz osforescente. Habiendo sido condenado á

la horca el reo de Estado Freburg, á causa de sus continuas prevaricaciones, vióse su cabeza rodeada de una aureola luminosa por espacio de muchas noches, y algunos dinamarqueses, engañados por aquella especie de milagro cuya causa natural ignoraban, lo consideraron como una prueba de inocencia.

La Comuna de París en 1871, que se extinguió en medio de la sangre y del incendio salvando la vida de sus principales jefes, al paso que hacia ametrallar millares de hombres del pueblo, la mayor parte de los cuales no la apoyaban sino para dar pan á sus familias, ha arrojado á la fosa comun millares de aquellos infelices, enterrándolos peor que á los perros, y que se pudrieron juntos bajo la accion disolvente de la lluvia y del calor de junio. Antes de la entrada de las tropas del gobierno en París, la parte oeste de la capital, teatro de tantos combates, estaba ya cuajada de fosas, y los barrancos de Issy y de Meudon habian servido de última morada á los batallones de marcha de los federados. Como en la naturaleza no se pierde nada, el hidrógeno de aquellos cuerpos descompuestos se remontaba por la noche á los aires en forma de ligeras llamas azuladas. ¡Fuegos fátuos efimeros! ¡Esto es todo cuanto debia sobrevivir á tanto estrépito, á tantas violencias, á tantas pretensiones!

CAPITULO VI

LOS PARARAYOS

ÚLTIMA COMUNICACION OFICIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS: INDIVIDUOS DE LA COMISION, MM. BECQUEREL, BABINET, DUHAMEL, FIZEAU, RÉGNAULT Y EL MARISCAL VAILLANT; SECRETARIO, M. POUILLET

I.— PROPOSICIONES GENERALES

1. Las nubes tempestuosas que entran el rayo no son otra cosa sino nubes ordinarias cargadas de una gran cantidad de electricidad.

El relámpago que surca el cielo es una inmensa chispa eléctrica cuyos dos puntos de partida lo forman dos nubes distantes entre sí y cargadas de electricidades contrarias.

El trueno es el ruido de la chispa.

El rayo es la misma chispa; es la recomposicion de las electricidades contrarias.

Cuando uno de los puntos de partida del relámpago está en la superficie del suelo, se dice que cae el rayo. Entonces todos los puntos del surco del relámpago siguen recomponiendo ó neutralizando las dos electricidades contrarias, una de las cuales sale de la nube y la otra de la misma tierra.

¿En qué consiste que, hallándose esta por lo general en su estado natural y sin electricidad aparente, está cargada de tal suerte de dicho fluido, y lo que es mas, de un fluido contrario al de la nube en el momento mismo de caer en ella el rayo?

Esta es la primera cuestion que debemos examinar.

2. Antes de estallar el rayo, la nube tempestuosa que lo lleva, aun cuando esté á muchos kilómetros de altura, obra por in-

fluencia para rechazar la electricidad del mismo nombre y atraer la de nombre contrario. Esta influencia propende á ejercerse sobre todos los cuerpos; pero en realidad no tiene eficacia sino sobre los que son buenos conductores, como por ejemplo, los metales, el agua, el terreno muy húmedo, los cuerpos vivos, los vegetales, etc.

El mismo conductor experimenta por parte de la nube efectos muy distintos, segun su forma y sus dimensiones, y sobre todo segun su perfecta ó imperfecta comunicacion con el suelo.

Por ejemplo, un árbol que esté en un terreno medianamente húmedo no recibe sino una influencia muy débil, porque la electricidad del mismo nombre no puede ser rechazada en dicho terreno, que es muy mal conductor para las grandes descargas eléctricas.

Pero si dicho árbol se halla en un terreno muy húmedo y de vasta extension, sufrirá una fuerte influencia, porque la electricidad del mismo nombre puede extenderse á lo léjos por aquel buen conductor. Por último, dicha influencia llegará á su máximo cuando aquel buen conductor se halle á su vez en buena comunicacion hácia sus limites con otras capas de agua indefinidas.

Cuando se trata de la electricidad de nuestras máquinas, la superficie de la tierra, tal

cual se presenta, es lo que se llama *tierra* ó *depósito comun*. Se puede llamar así, puesto que su conductibilidad es suficiente para dispersar ó neutralizar todas las pequeñas descargas eléctricas.

Cuando se trata del rayo, la tierra vegetal, en su estado ordinario, no es ya lo que se puede llamar depósito comun, sino que se convierte relativamente en un mal conductor, lo mismo que las formaciones geológicas en que descansa. Es preciso llegar á la primera capa acuosa, es decir, á la de los pozos que no se agotan jamás (la llamaremos aquí *capa subterránea*), para encontrar una cuya conductibilidad sea suficiente. Esta, en razon de su extension y de sus múltiples ramificaciones, no puede estar aislada de las corrientes de agua inmediatas, constituyendo con ellas, con los rios y riachuelos y con el mismo mar, lo que se debe llamar el depósito comun de las nubes conductoras del rayo, y por consiguiente, de los pararayos.

En efecto, mientras la nube tempestuosa ejerce en todos los puntos situados debajo de ella la influencia atractiva en el fluido del nombre contrario y repulsiva en el del mismo nombre, la capa subterránea es la que recibe especialmente dicha influencia con incomparable eficacia. Entonces toda su superficie superior se carga de electricidad contraria que la nube acumula en ella por su atraccion, al paso que la de igual nombre es rechazada y dispersada á lo léjos en el depósito comun. Así pues, cuando estalla el rayo, los dos puntos de partida del relámpago se hallan uno en la nube y otro en la capa subterránea, que es en cierto modo la segunda nube necesaria para la explosion del rayo.

Así es como el globo terrestre, sin cesar de permanecer en el estado natural en su conjunto, se electriza eventualmente en ciertos puntos por la presencia de nubes tempestuosas.

Los edificios, los árboles y los cuerpos vivos heridos por el rayo vienen á ser como

los mediadores que se hallan en su camino y á los que acomete á su paso.

No vaya á creerse, sin embargo, que esos mediadores son esencialmente pasivos, y que no contribuyen nunca á modificar ó á determinar tal vez la direccion del rayo. Todo lo contrario: ejercen sin duda una accion tanto mas notable cuanto mayor sea su extension y mejor su conductibilidad. Por ejemplo, cuando cae un rayo en un buque que se halle en alta mar, es mas que probable que aquel no haya seguido el camino geoméricamente mas corto para llegar al agua en cuya busca iba y donde debe quedar neutralizado por el fluido contrario, sino que haya escogido el camino eléctricamente mas corto en razon de las descomposiciones por influencia que la nube habia producido probablemente en los mástiles, los aparejos y otros cuerpos conductores del buque, colocados á mayor ó menor altura.

3. Un pararayos es un buen conductor no interrumpido, cuya extremidad inferior comunica ámpliamente con la capa subterránea, mientras que la superior se eleva lo bastante para dominar el edificio que se trata de proteger.

Una descarga de nuestras baterías eléctricas puede fundir un alambre algo delgado de muchos metros de longitud.

La explosion del rayo puede fundir ó volatilar mas de un centenar de metros de alambre de los timbres ó martillos de los relojes públicos. En 1827, un rayo fundió en el vapor *Nueva York* una cadena de agrimensur de 40 metros de longitud hecha con alambre de hierro de 6 milímetros de diámetro que servia de conductor al pararayos del buque, dispersándola en fragmentos incandescentes.

No se cita un solo ejemplo en que el rayo haya podido siquiera calentar al rojo una barra de hierro cuadrada de algunos metros de longitud y de 15 milímetros de lado, ó 225 milim. cuadrados de seccion.

Así pues, se ha adoptado un hierro cua-

drado de 15 milímetros de lado para componer el conductor de los pararayos.

No es absolutamente necesario ir á buscar la capa subterránea en la vertical ó cerca de la vertical del edificio que se quiere resguardar. Un pararayos no deja de ser eficaz aunque su conductor forme líneas curvas, horizontales ú oblicuas en una gran parte de su longitud. La condicion esencial, pero absolutamente esencial, consiste en que llegue á la capa subterránea, y comuniqué ámpliamente con ella, aunque deba ir á buscarla á muchos kilómetros de distancia.

4. Supongamos un pararayos colocado en tales condiciones, y examinemos de un modo general los fenómenos que pueden presentarse durante las tempestades.

La electricidad desarrollada por influencia en la capa subterránea, en vez de acumularse en ella, como acabamos de decir, encuentra el pié del conductor que viene á ser una salida por la cual se precipita, porque la electricidad se extiende y se propaga por el interior de una barra metálica compacta y sólida, por larga que sea, con una velocidad comparable á la de la luz. Así es cómo el fluido atraído por la nube en la capa subterránea pasa á acumularse súbitamente en la punta del pararayos.

Allí ocurren curiosos fenómenos de que debemos dar una idea.

Si el pararayos termina en una punta fina y muy aguda de oro ó de platino, el fluido atraído por la nube ejerce contra el aire, que es mal conductor, una presion bastante grande para escaparse produciendo un penacho luminoso visible en las tinieblas. El brillo de los rayos divergentes de dicho penacho va disminuyendo á medida que se alejan de la punta; siendo rara vez visibles en una longitud de 15 á 20 centímetros. El aire se electriza entonces sobremanera por su causa, y casi no se puede poner en duda que las moléculas de aire cargadas del fluido de la punta, es decir, del atraído, vayan á parar hasta la misma nube, si el

aire está tranquilo, para neutralizar una porcion mas ó menos sensible del fluido de que está cargada.

A esta neutralizacion es á lo que se da el nombre de accion preventiva del pararayos.

Al propio tiempo que la punta aguda da origen al penacho, el flujo de electricidad que pasa por ella es á menudo tan intenso que la calienta hasta la fusion; en este caso, el oro, y hasta el platino, á pesar de ser mucho menos fusible, caen á gotas voluminosas á lo largo de la varilla de cobre ó de hierro que los soporta.

Cuando un pararayos ha perdido por esta causa su punta aguda y su extremidad se reduce á un ancho boton de fusion de oro ó platino, hay motivo para dudar si puede ó no continuar sirviendo.

A esto responderemos que el pararayos puede seguir siendo útil con tal que tenga estas dos condiciones esenciales.

1.^a Que el conductor no presente ninguna solucion de continuidad;

2.^a Que comuniqué ámpliamente por su extremidad inferior con la capa subterránea.

Lo único que le sucede al pararayos al perder su punta, es que pierde tambien algo de su accion preventiva; pues en este caso no podria reproducirse el penacho sino bajo la influencia de una atraccion mucho mas fuerte; y la fusion, que dependia especialmente de lo fino y agudo de la punta, se renueva con mucha dificultad, dejando por otra parte todas las cosas casi en el mismo estado. Por consiguiente, el aire no se electriza ya por el penacho en forma luminosa, por cuanto esta parte de la accion preventiva ha desaparecido; la otra parte, la que puede depender del aire electrizado por su contacto con todas las porciones superiores de la barra, es probablemente mucho mas reducida.

Por lo demás, si es cierto que el viento se lleva muy léjos de la nube el aire electrizado por el penacho, lo mismo que el que lo está por la barra, la accion preventiva

queda anulada tan frecuentemente, que no se la debe echar muy de menos.

De todo esto se deduce que cuando un pararrayos pierde su punta aguda, no pierde en realidad mas que una insignificante ventaja.

Por estas razones, la comision de 1855

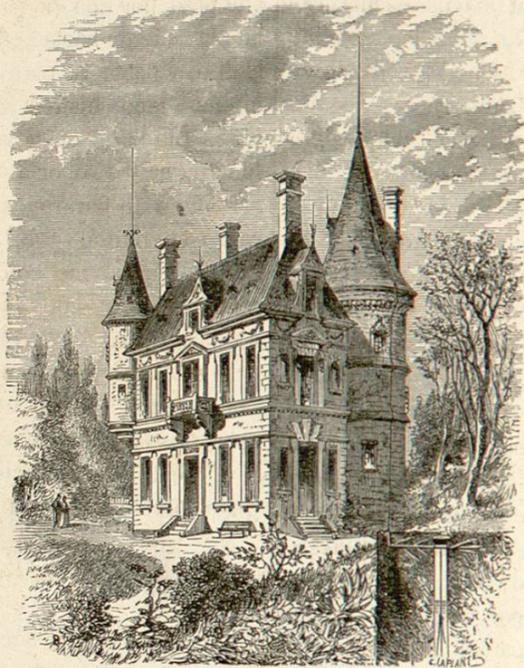


Fig. 203.—PARARAYOS

bien penachos luminosos, pero no tan á menudo como en las puntas agudas de oro ó de platino; aun en este caso resiste á la fusion, en razon de su forma y sobre todo de su gran conductibilidad tanto eléctrica como calorífica.

Si llega á estallar el rayo, pasa por el cono de cobre á la barra y á su conductor, yendo en seguida á neutralizarse en la capa subterránea. Si es un rayo ordinario, no causa daño alguno en el pararrayos ni en el edificio protegido por este, asemejándose á los que se extinguen en gran número en la Atmósfera durante las tormentas.

II.—CONSTRUCCION

5.—*Barra.*—La barra de hierro del pararrayos termina en su parte superior, como

creyó oportuno aconsejar que se terminaran los pararrayos por un cilindro de cobre rojo de 2 centímetros de diámetro por 20 ó 25 de longitud total, cuya extremidad fuese adelgazándose para formar un cono de 3 ó 4 centímetros de altura.

En el cono de cobre podrán verse tam-

acabamos de decir, por un cilindro de cobre rojo que va adelgazándose en forma de cono; en el punto donde empieza á redondearse tiene 2 centímetros de diámetro; mas abajo es cuadrada y va aumentando de espesor con regularidad hasta el punto de insercion del conductor, donde debe tener 4 ó 5 centímetros de lado. Su altura total, desde el vértice del cono hasta este último punto, puede variar entre 3 y 5 metros, segun las circunstancias. Es casi siempre mas ventajoso aumentar el número de barras, manteniéndolas entre ciertos limites, y enlazándolas entre sí por medio de un conductor comun que las haga solidarias, que disminuir su número dándoles 7 ú 8 metros de altura.

Toda la longitud de la barra que está

debajo del conductor, ó del mas bajo de estos, si hay varios, no debe considerarse ya como pararrayos, pudiendo variarse como se quiera su forma y escoger la que mas convenga para fijarla sólidamente en sus puntos de apoyo.

dura, vendrán á tener unos 20 centímetros cuadrados.

Las curvaturas siempre redondeadas que será menester dar al conductor, ya para que llegue al suelo, ó ya para que se extienda por este hasta la vertical de la capa de agua, bastarán para las dilataciones.

Como importa mucho que dichas soldaduras no estén trabajadas por flexiones ó tracciones oblicuas, se tendrá cuidado de colocar en su trayecto palomillas de hierro ahorquilladas que permitan al conductor deslizarse longitudinalmente sin que se mueva á derecha ó izquierda. Dichas palomillas no deben ser aisladores eléctricos.

7.—*Comunicacion con la capa de agua.*—Ya hemos dicho que la capa subterránea debe ser la de los pozos inmediatos que no se secan jamás, y que conservan por lo menos 50 centímetros de agua en las estaciones mas desfavorables.

Se construirá el pozo de pararrayos como otro cualquiera; pero debe estar reservado exclusivamente para este servicio especial, sin que vayan á parar á él las aguas de las acequias ni de las alcantarillas.

Si las circunstancias lo exigieran, podria sustituirse el pozo ordinario con una excavacion de 20 á 25 centímetros de diámetro que tenga sus paredes revestidas de un modo á propósito para evitar los desmoronamientos.

La porcion del conductor que baja al pozo consistirá en un hierro de 2 centímetros de lado; en su extremidad inferior llevará cuatro ramificaciones de 60 centímetros de longitud, todo ello rodeado de una espesa soldadura. En vez de estas ramificaciones podrá ponerse una hélice de cinco ó seis vueltas, que se formará retorciendo á modo de tirabuzon la extremidad del mismo conductor.

Se sujetará á la entrada del pozo la parte superior del conductor vertical, ya por medio de una grapa bastante fuerte colocada entre dos barras paralelas, ó ya valiéndose de otros medios análogos; se dará á esos

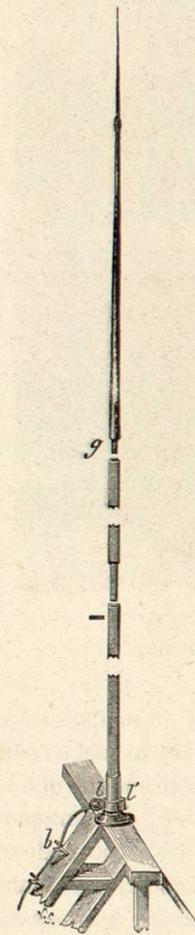


Fig. 204.—BARRA DE PARARAYOS Y SU CONDUCTOR

6.—*Conductores.*—El conductor debe estar adaptado á la barra por una buena soldadura de estaño; la primera porcion de él tendrá 2 centímetros de lado, y la parte redondeada, enderezada y estañada de antemano, que atraviesa la barra de parte á parte, tendrá 15 milímetros de diámetro; por consiguiente, las dos superficies de hierro, metálicamente unidas por la solda-

soportes una altura tal, que las ramificaciones, y en caso de necesidad, la soldadura general, se sumerjan en el agua; pero es muy importante que este peso considerable no gravite sobre el cieno del pozo donde se hundirían las ramificaciones.

Se arbitrarán los medios necesarios para averiguar fácilmente la profundidad del agua del pozo en las diversas estaciones del año, aun cuando se conozca el movimiento de estas variaciones de nivel en los pozos inmediatos.

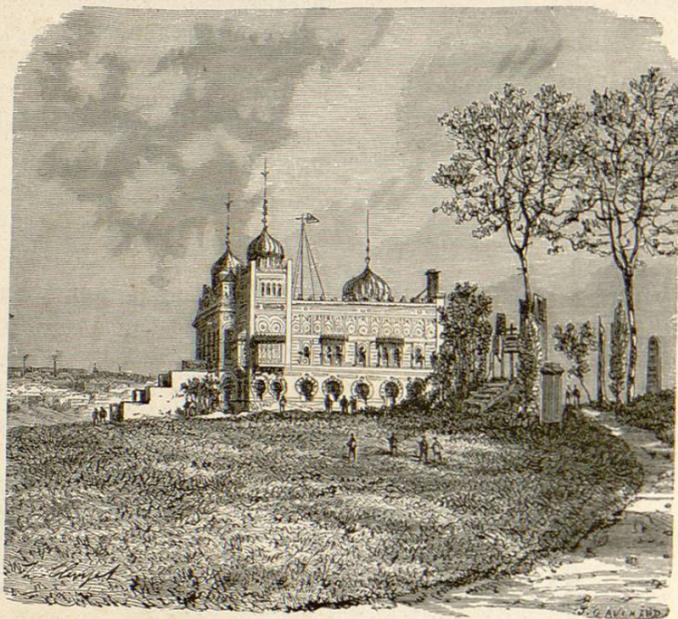


Fig. 205.—OBSERVATORIO DE MONTSOURIS

Por último, de vez en cuando, será necesario reconocer el estado del hierro sumergido, porque hay ciertas aguas que podrían corroerle muy profundamente en un periodo de cuatro ó cinco años. Para ello, será menester deshacer la última de las soldaduras que hay fuera del pozo, y tener preparados los medios mecánicos indispensables para tirar del conductor y sacar fuera su extremidad inferior.

Tan solo debemos añadir una advertencia á la precedente instrucción oficial sobre la construcción de pararrayos, publicada en 1867 por la Academia de ciencias; y es que los que no llenen todas las condiciones requeridas serán mas peligrosos que útiles. Limitándonos á un ejemplo, diremos que en 1867 estalló una tempestad en Fecamp,

cayendo rayos en muchas casas desprovistas de protección, lo cual no admiró á nadie; pero lo mas extraño fué que tampoco respetó el faro, el cual, aunque provisto de pararrayos, quedó destrozado enteramente. Reconocido dicho aparato inmediatamente, se vió que *llenaba todas las condiciones reglamentarias*; pero el faro estaba edificado sobre una roca profundamente caliza, y la extremidad inferior del pararrayos se sumergía en una cisterna practicada en el seno de aquel suelo cretáceo. Entonces se descubrió el misterio.

En efecto, el pararrayos debe comunicar con grandes capas de agua que tengan una extensión mucho mayor que la de las nubes tempestuosas; pues el agua misma participaría de la índole del rayo si no tuviese la salida suficiente. Es peligroso enterrar

el pararrayos en el suelo húmedo: 1.º porque casi nadie se cuida de saber si esta capa húmeda tiene bastante extensión; 2.º porque tampoco procura nadie averiguar si esta tierra conserva suficiente humedad en las épocas de grandes sequías, ó lo que es lo mismo, en el momento en que las tempestades son mas de temer. A falta de rio ó de vastos estanques, es preciso poner los conductores de los pararrayos en comunicacion con capas de agua subterráneas inagotables.

Un buen pararrayos es un preservativo de la mayor utilidad. Recordaré con este motivo que en la estadística formada por Quetelet de los rayos caídos en los pararrayos ó en los edificios y buques provistos de estos aparatos, ha hecho mención de ciento sesenta y ocho casos del primer género, entre los cuales solo hay veintisiete, es decir, como una sexta parte, en que los pararrayos á causa de graves imperfecciones en su construcción, no han preservado completamente los edificios ó los buques que los tenían. Este resultado es de los mas concluyentes en favor de la eficacia de dichos aparatos, y la mejor respuesta que puede darse á las objeciones aducidas en contra de su empleo.

Ninguna pintura compromete las funciones eléctricas de un pararrayos, á excepción de la porción sumergida del conductor.

De algunos años á esta parte, se tiene la costumbre de dividir el conductor, á su llegada al suelo, en dos ramas, una vertical que desciende hasta la capa acuosa, y otra que se extiende horizontalmente y se ramifica á muy corta distancia del suelo. Cuando la capa superior del suelo está mojada, la rama horizontal funciona inevitablemente, y neutraliza así las irregularidades de construcción de que puede adolecer la rama vertical.

Haremos observar, por último, que el círculo de protección del pararrayos no es tan extenso como pudiera creerse. Tan solo abarca una distancia igual á tres ó cuatro veces la altura de la barra sobre la techumbre; por consiguiente, un pararrayos de 5 metros no extiende su protección á mas de 15 ó 20 metros del punto donde está enclavado. El efecto depende tambien de la naturaleza del terreno y de los materiales que han entrado en la construcción del edificio. Los grandes edificios necesitan muchos para estar protegidos eficazmente, como se ha hecho en París al terminar la reunión del Louvre con las Tullerías. La medición del inmenso palacio ha dado por resultado una longitud total de 3 kilómetros, y una superficie de 18 hectáreas. Habíanse tomado todas las precauciones imaginables para preservarlo del fuego del cielo; pero no se tuvo en cuenta el fuego del infierno humano.