

91

6891

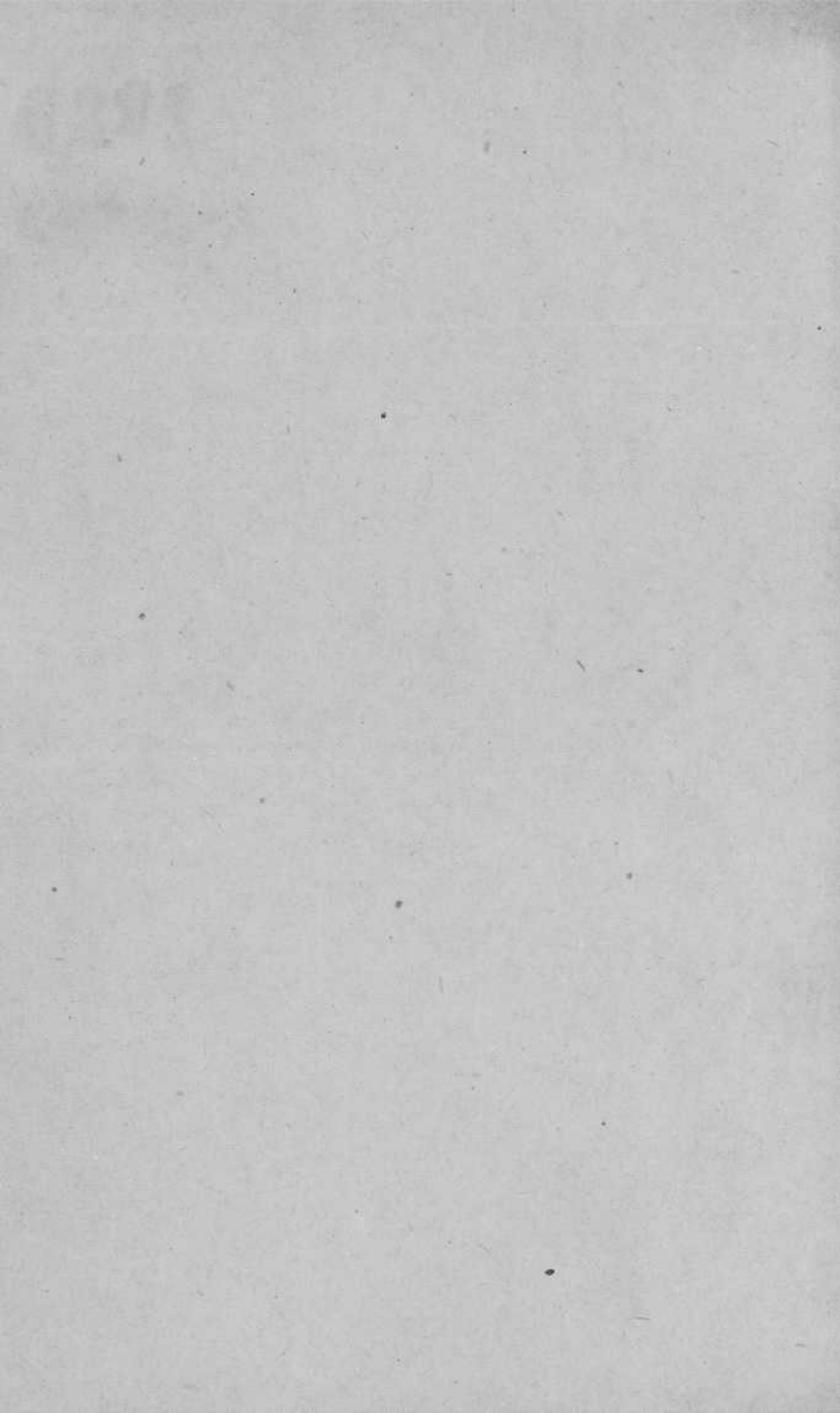
CO 7.17

EL

# PARA-RAYOS

DE UTILIDAD

DE LOS SEÑORES D. JOSE M. DE LA CRUZ Y D. JOSE M. DE LA CRUZ





EL  
PARA-RAYOS

SU UTILIDAD

CONSTRUCCION Y EMPLAZAMIENTO



EL  
PARA-RAYOS

SU UTILIDAD

CONSTRUCCION Y EMPLAZAMIENTO

POR

D. RICARDO MÁRCOS Y BAUSÁ

ARQUITECTO

DE LA ACADEMIA DE NOBLES ARTES DE SAN FERNANDO.



MADRID:  
IMPRESA DE EDUARDO CUESTA,  
Calle del Rollo, núm. 6, bajo.

1875.



---

## INTRODUCCION.



La aplicacion mas grande y de mayores resultados que el vasto estudio de la electricidad estática ha originado, es sin duda alguna el invento de Francklin, de preservar las construcciones de los desastrosos efectos que las descargas eléctricas producen en ellos, amenazando constantemente la vida de las personas, reduciendo y aniquilando muchas veces, obras, monumentos y tesoros de ciencia y arte acumulados por civilizaciones anteriores que hoy sirven de estudio, á la vez que de verdadera gloria y riqueza nacional. Gracias á la feliz idea que tuvo el ilustre físico americano, de colocar en los edificios barras metálicas verticales en directa comunicacion con el suelo, aquellos peligros han desaparecido, y la humanidad agradecida conservará siempre respetuoso recuerdo del que primero dictó reglas y puso vallas á la electricidad atmosférica, esa potente fuerza cuyos terribles efectos nadie hasta entonces habia podido precaver.

Esta invencion ha obtenido en todos los paises tanto de Europa como de América carta de naturaleza, extendiéndose su aplicacion á todas las

clases sociales, no habiendo en ellos arquitecto ni director, de cualquier construccion, que se crea dispensado de colocar en ella los para-rayos necesarios para evitar en el porvenir la exposicion á que su negligencia en este punto dejaria á los edificios.

En España sucede lo contrario, son escasísimos los edificios públicos provistos de para-rayos y aun los que esta falta tienen remediada, no pueden ofrecer completa y absoluta seguridad de que su benéfica accion subsista, toda vez que en su conservacion hay el mayor abandono; y por lo que respecta á edificios particulares, acaso no pasen de una docena los que hay en Madrid, en cuyos dueños haya podido mas el temor de la exposicion en que dejan su propiedad, que el deseo de preservarla mediante el exíguo desembolso para ello necesario, y sin embargo ejemplos tenemos, no muy lejanos, de los desastrosos efectos que origina la carencia de para-rayos en las construcciones, no habiéndose borrado todavía de los muros del Monasterio del Escorial las señales que recuerdan y atestiguan el gravísimo riesgo en que aquella octava maravilla del mundo se vió expuesta, salvándose como por milagro una vez mas del voraz incendio que amenazaba reducir á la nada obras de arte cuya pérdida habria sido universalmente sentida.

El abandono que en este asunto aqueja á todas las clases sociales de nuestro pais, solo puede combatir y vencer el constante esfuerzo de los directores de obras y su incesante predicacion, siendo preciso que todos los individuos que á la construccion nos dedicamos, contribuyamos cada uno

en la medida que sus fuerzas le permitan, y por los medios que estén á su alcance, á que desaparezca tal estado de cosas, estado que no resistiria seguramente ese esfuerzo, pues así como no hay dueño de obra tan temerario, que por solo economía mal entendida se atreviera á construir, faltando á las leyes de la estabilidad, á despecho de las protestas de su arquitecto, no creemos haya tampoco quien, guiado por el mismo móvil, rehusara colocar en su finca los para-rayos necesarios para seguridad de las personas que le han de proporcionar el justo lucro á su capital invertido, si la enérgica insistencia de la persona facultativa le advirtiera su culpable indolencia.

La publicacion de estos ligeros apuntes obedece, pues, á dos móviles afines ó que se complementan, extender tan útil invencion y familiarizar su teoría y conocimiento, disipando ideas absurdas y ridículas que son muy comunes, aun entre personas que por su posicion social debieran tener alguna nocion de los fenómenos atmosféricos eléctricos y de los medios de oponerse á sus efectos desastrosos.

He tratado de dar á conocer en lenguaje claro, ya que no correcto ni elegante, la teoría del para-rayos admitida hoy por los físicos modernos, haciéndola preceder de una breve reseña histórica del invento, recopilando despues todo cuanto sobre su colocacion, construccion y conservacion han publicado Gay-Lussac, Ponillet, Perrot, y otros, sancionado por la Academia de Ciencias de Paris, á fin de deducir las reglas que debemos seguir para obtener completa seguridad de su eficacia y utilitarios efectos, acompañando el texto

con grabados que faciliten su comprension y le hagan mas práctico; y por último en el apéndice daré á conocer un aparato debido á un distinguido ingeniero eléctrico, que lo ha publicado en el periódico *Les Mondes*, y que puede indicarnos de una manera precisa é instantánea, el deterioro é insuficiencia de un para-rayos establecido y que por cualquier causa haya dejado de responder á su objeto.

Si este tratadito, que someto al ilustrado juicio de mis respetables comprofesores, mereciera su aprobacion, me consideraria altamente recompensado del tiempo y trabajo que en él haya invertido.

Madrid, Marzo de 1875.

Ricardo Márcos y Bausá.



---

## CAPITULO PRIMERO,

### Reseña histórica.

El imponente meteoro del rayo ha impresionado siempre, en todas edades y en todos tiempos á la humanidad; el conjunto de los diversos detalles que acompañan las manifestaciones de la electricidad atmosférica, no podía menos de ejercer en la imaginación de los pueblos una influencia profunda; y en efecto, en la infancia de las civilizaciones con las tinieblas que oscurecían el entendimiento de aquellas edades, se consideró el rayo como la expresión de la cólera divina ó como un arma vengadora en manos de la divinidad.

Nada en la antigüedad nos indica que se conociera algún medio de preservar del rayo las habitaciones humanas, pues aunque muchos escritores de tiempos remotísimos citan edificios que se veían libres de las descargas eléctricas y consejos para librarse de ellas, caso de ser ciertas, no tuvieron otro origen que la casualidad.

Entre los pueblos asiáticos existen algunas tradiciones que con mas ó menos claridad se refieren á la virtud que tuvieron algunas personas de conjurar el rayo; todas ellas se condensan mas bien en la personalidad de Zoroastro, el célebre fundador de la religion de los Magos; de origen puramente oriental se contradicen unas á otras, y solo prueban que en esta

religion, como en otras, se invocaba muy á menudo el fuego del cielo.

Llegando á épocas mas históricas, nos encontramos con los hechos muy citados de Numa Pompilius, segundo Rey de Roma, y Tullus Hostilius, sucesor suyo; el primero, poseedor de la facultad de *apaciguar el rayo* (*fulmem piare*), segun Ovidio nos dice en sus *Fastos*. Plinio cuenta que Tullus Hostilius aprendió en los libros de Numa el medio de atraer el rayo, pero que habiéndolo practicado con poca exactitud (*parum rité*), fué muerto por él (1). Tito Livio refiere con mas extension estos mismos hechos citados por Plinio (2). Pero en una obra publicada por M. Th. H. Martin (3), en la cual se hace un exámen profundo y filosófico de estas pretendidas alegaciones históricas, se demuestra palpablemente que no son mas que fábulas ó falsas interpretaciones de los comentadores.

El historiador Josefo, describiendo el templo de Salomon en Jerusalem, nos dice que estaba revestido por todos lados de pesadas placas de oro, y que con el objeto de evitar que las aves ensuciaran con sus excrementos el techo ó cubierta, estaba erizado de varillas puntiagudas del mismo metal. Es evidente que las masas de metal que cubrian el templo y las flechas elevadas en él, funcionaban como verdaderos para-rayos, razon por la cual no se menciona que en un espacio de tiempo próximamente de mil años, desde su fundacion hasta su completa ruina por los romanos bajo el Emperador Tito, hubiera recibido ninguna descarga eléctrica; pero nada nos prueba que á la colocacion de las varillas puntiagudas hubiera presidido alguna intencion científica.

---

(1) Plinii: *Hist. Nat.*, lib. XXVIII, cap. IV.

(2) Tito Livio, lib. I, cap. XXXI.

(3) *La foudre, l'électricité et le magnetisme chez les anciens.*

La primera indicacion positiva de un método seguido para proteger las viviendas humanas del fuego del cielo, la encontramos en Columella (1), el cual refiere que Tarchon, discípulo del mágico Tagés, protegía su habitacion plantando viñas alrededor. El templo de Apolo, se sabe que con el mismo objeto estaba rodeado de laureles (2). El mismo Plinio pretende se cubran las casas con pieles de foca, suponiendo que el rayo era impotente contra ellas (3).

Estos textos no son suficientes para demostrar que los antiguos conocieran el secreto de esclavizar el rayo y conjurar sus efectos, quizás, como dice el ilustre Figuier, el azar pudo revelar á algunos pueblos tales como los hebreos, por ejemplo, una forma rudimentaria del para-rayos y la práctica confirmar sus útiles efectos; pero de ello no podemos deducir que tuvieran nociones positivas de los fenómenos eléctricos.

Descartes, filósofo inmortal que tanto ha contribuido á la creacion de las ciencias modernas, fué el primero que trató de investigar el origen del rayo. Boerhaave, ilustre médico de Leiden, propuso despues una teoría que fué unánimemente profesada en Europa, hasta la mitad del siglo XVIII, errónea tambien como la primera.

Wall, contemporáneo de Otto de Guericke, que vivía en 1650, tan pronto como vió las chispas obtenidas por la frotacion de un gran trozo de ámbar, manifestó la idea de la analogía de estas chispas con los relámpagos; y en 1735, el físico Grey indicaba en términos mas afirmativos la misma idea (4). El abate

---

(1) *De ré rustica*, lib. X.

(2) Plinii: *Hist. nat.*, lib. II, cap. LVI.

(3) Plinii: *Hist. nat.*, lib. I, cap. LVI. V. Josef. *Antiq. Jud.*, lib. III, cap. VI, p. 4.

(4) *Transactions philosophiques*, publicadas por la Sociedad real de Londres.

Nollet trece años despues expresaba en su obra la presuncion de que tomando por punto de partida la electricidad, se podrian obtener ideas mas verosímiles de los fenómenos que nos ocupan (1). Al poco tiempo la Academia de Burdeos premiaba una Memoria de un médico llamado Barberet y recibia otra de Romas, en cada una de las cuales se aseguraba ya aquella analogía.

Mientras que esto sucedia en Europa, Francklin, en sus *cartas* demostraba, de una manera categórica, la semejanza del rayo con la electricidad; y á consecuencia de una observacion hecha en Ginebra por Jallabert, fisico suizo, emitió la atrevida idea, que una barra de hierro puntiaguda, elevada en la atmósfera y en comunicacion con la tierra, tendria el poder de hacer pasar silenciosamente á esta toda la electricidad de una nube tempestuosa, estableciendo de esta suerte el principio conocido hoy en la fisica con el nombre de *poder de las puntas*, dado á conocer por primera vez en su segunda carta á Collinson.

Estas *cartas de Francklin á Pedro Collinson* alcanzaron en Inglaterra inmenso éxito, á pesar de la incredulidad é ironía con que las acogió la Sociedad real de Lóndres, pues publicadas por Cave, editor de la Revista titulada el *Gentleman's Magazine*, precedidas de un prólogo del Dr. Fothengill, miembro de de aquella sociedad, se agotaron en poco tiempo hasta cinco ediciones.

En Francia las hizo conocer el gran naturalista Buffon, traduciéndolas por encargo suyo el fisico Dalibard, y publicando la traduccion en 1752, con lo cual se extendieron por todo el reino las ideas de Francklin acerca de la electricidad; no se limitó á esto el ilustre conde, sino que practicó en su castillo

---

(1) *Lecons de phisique experimentale*, t. IV, p. 314.

de Montbard, las experiencias del filósofo americano, comprobando la exactitud de su aserto.

A partir de este momento, las observaciones se multiplicaron extraordinariamente; el 10 de Mayo de 1752, Dalibard y Coiffier, Delor diez dias despues, el abate Mazeas, Lemonnier, que llegó á demostrar la existencia de la electricidad atmosférica en un cielo sereno, Berthier y de Romas repitieron en Paris las mismas experiencias, y en Inglaterra, Canton, el doctor Revis, Wilson y otros, aunque alguno probaba prácticamente que no dejaban de ofrecer bastante peligro, pues Richman, miembro de la Academia imperial de San Petersburgo y profesor de física muy notable, pereció víctima de una descarga eléctrica en su mismo gabinete de trabajo, donde se entregaba á aquel estudio.

Poco tiempo despues, Francklin en América, y Romas en Europa, elevaban cometas con puntas metálicas durante los dias tempestuosos, para recoger la electricidad en las capas mas superiores de la atmósfera, consiguiendo ambos físicos obtener chispas de gran consideracion de las cuerdas de cáñamo de sus aparatos; y en 1760, el primero de ellos llevó al terreno de la práctica la hipótesis del para-rayos emitida en 1752, colocando en Filadelfia en casa de un comerciante llamado West una varilla vertical de nueve piés de largo y mas de media pulgada de diámetro en la base, terminada en punta y puesta en comunicacion con la tierra por otra varilla mas delgada.

Una circunstancia muy notable fué, que apenas instalado el para-rayos, sufrió una fuerte descarga eléctrica, sin que la casa padeciera lo mas mínimo, aunque se fundió la punta de la barra vertical y se redujo el diámetro de la varilla que la unia al conductor.

En 1771, Génova veia el invento de Francklin

posesionarse de sus edificios; la república de Venecia en 1778, ordenaba colocar para-rayos en sus navíos; algunos años despues, en 1784, Francia seguia sus huellas, Inglaterra levantaba cuatro años mas tarde el primero en la Iglesia de San Pablo; la Toscana y el Austria adoptaron en seguida tan útiles aparatos; de manera que, como dice Francklin, el abate Nollet vivió lo suficiente para ser el único adepto de su partido.

La Academia de ciencias de Paris publicó en 1823, y á instancia del Gobierno de aquel pais, una *instruccion práctica* para la construccion de para-rayos, inspirada por el célebre físico Gay-Lussac, la cual, por la sencillez y precision de detalles, fué adoptada universalmente y seguida por todos los constructores de aparatos de esa indole. Posteriormente, Pouillet y otros ilustres físicos, dieron á luz instrucciones suplementarias, con las modificaciones que el estudio de la física y el conocimiento mas perfecto de las leyes de la electricidad atmosférica hacian necesarias; por último, Singer y Harris en Inglaterra con sus experiencias y aplicaciones del para-rayos á la marina, y Perrot, posteriormente en Francia, son las autoridades que en esta materia han modificado las reglas que el genio de Gay-Lussac habia establecido.

---

## CAPÍTULO II.

### Objeto del para-rayos.—Partes que le constituyen. Su teoría y utilidad.

La misión ú objeto del para-rayos no es otra que la de recomponer las dos electricidades contrarias de la nube y de la tierra, para formar el flúido natural, estableciendo entre esta y aquella una comunicacion *perfecta*, por medio de los metales, por su gran conductibilidad, y haciendo aplicacion de la escasísima accion que las puntas presentan á la acumulacion de electricidad en su superficie; de aquí se deduce que en todo para-rayos tienen lugar dos acciones, una preventiva que neutraliza la electricidad de la nube y previene por consiguiente la descarga; y otra preservadora que se ejerce en el caso en que, por la mucha tension que la electricidad tenga en la nube, se verifique aquella en el para-rayos, sin que el edificio sufra el mas leve daño.

Ahora bien; si por viciosa colocacion ó deterioro consiguiente á la accion de los agentes atmosféricos, las uniones de las diversas piezas que lo forman no son íntimas, lo cual interrumpe la perfecta comunicacion con el suelo, cesa por completo la accion preventiva, y si en este estado se aproxima una nube fuertemente electrizada, el para-rayos sufrirá la descarga, el flúido eléctrico desarrollará cierto trabajo, para vencer la resistencia que encuentra debida á la falta de comunicacion con el depósito comun,

este trabajo se trasformará en calor, que podrá ser suficientemente intenso, para fundir el aparato con grave riesgo del edificio; de lo cual resulta que la eficacia de un para-rayos establecido en estas condiciones es nula y hasta puede convertirse en causa de un constante peligro para las personas y habitaciones que trataba de preservar.

El fluido eléctrico no encuentra la misma facilidad de propagarse por la superficie de todos los cuerpos; un cilindro de hierro, por ejemplo, deja pasar en un tiempo dado, cien millones de veces por lo menos, mas fluido que otro de agua pura y este mil veces menos, que si el agua estuviera saturada de cloruro de sodio ó sal marina.

Un cuerpo conductor de diámetro pequeño presenta tambien mas resistencia que otro de mayor diámetro, pudiéndose por consiguiente compensar en cierto modo la imperfeccion de la conductibilidad de un cuerpo, aumentando convenientemente su diámetro y disminuyendo su longitud; el mejor conductor para el fluido eléctrico es en suma el que presenta menos resistencia á su paso y recorre con mas velocidad.

La capacidad eléctrica de los cuerpos varia tambien mucho, segun su estado de pureza. Hay metales cuya aleacion presenta menos capacidad que la que tiene cada uno de por sí, el laton, por ejemplo; la fachada de una casa mojada por la lluvia de una tempestad, es mejor conductora que otra perfectamente seca; los palos de un navío, su aparejo y velámen empapados de agua, ofrecen fácil paso á la electricidad, y aumentan en gran manera las probabilidades de una catástrofe.

Los cuerpos de la naturaleza se han clasificado relativamente á esa resistencia ó facilidad en dos grupos, llamándose conductores aquellos cuya resistencia al paso de la electricidad es menor y aisladores los demás, sin que esto sea en absoluto, pues



todos los cuerpos son conductores ó aisladores relativamente. Para la eleccion, pues, de los materiales que, como mas adelante veremos, deben emplearse en la construccion del para-rayos, hay que tener muy en cuenta esa capacidad eléctrica de los cuerpos evaluada por medio de coeficientes de conductibilidad, deducidos de las experiencias de Becquerel y Pouillet que á continuacion publicamos tomados de una obra que ha visto la luz pública en Francia hace poco tiempo (1).

ESCALA DE CONDUCTIBILIDADES Y RESISTENCIAS  
ELÉCTRICAS.

| SUSTANCIAS.                     | Coeficientes de conductibilidad eléctrica.   | Coeficientes de resistencia al paso de la electricidad. |
|---------------------------------|--|---|
| Plata.....                      | 100,000,000  | 100   |
| Aluminio.....                   | 98,000,000   | 102   |
| Cobre.....                      | 91,410,000   | 109,86  |
| Oro.....                        | 65,460,000   | 152,77  |
| Zinc.....                       | 24,160,000   | 413,83  |
| Estaño.....                     | 13,660,000   | 720   |
| Hierro.....                     | 12,250,000   | 824,82  |
| Laton.....                      | 12,000,000   | 833,33  |
| Plomo.....                      | 8,250,000  | 1,200   |
| Platino.....                    | 8,150,060  | 1,243,47  |
| Nikel.....                      | 7,700,000  | 1,428   |
| Mercurio.....                   | 1,800,000  | 5,550,15  |
| Grafito.....                    | 560,000  | 17,857  |
| Agua saturada de sal.....       | 31,52  | 31,700,000  |
| Agua pura de lluvia.....        | 2,46   | 406,530,000   |
| Agua destilada.....             | 0,14   | 7,692,300,000   |
| Gutta-percha á 10° centígrados. | 0,002  | 40,162,000,000  |
| Coke.....                       | } No se conocen los coeficientes de estas sustancias y si solo el grado de su conductibilidad relativa, que es en el que están colocadas |   |
| Ácidos.....                     |  |   |
| Madera.....                     |  |   |
| Porcelana.....                  |  |   |
| Papel.....                      |  |   |
| Seda.....                       |  |   |
| Vidrio.....                     |  |   |
| Azufre.....                     |  |   |
| Goma laca.....                  |  |   |

(1) *Traité des paratonnerres*, par Mr. A. Callaud.

En todo para-rayos hay que considerar dos partes esenciales que lo constituyen, la barra vertical ó flecha colocada y sujeta convenientemente en la armadura ó tejado del edificio y el conductor varilla ó cable, que partiendo de la base de la barra, establece su comunicacion con el suelo, sin solucion de continuidad y por el camino mas corto; esta comunicacion tan íntima es indispensable, si el para-rayos ha de ser eficaz y si ha de evitar las descargas laterales que de otro modo podrian comprometer en gran manera la construccion. Cada uno de estos dos elementos constitutivos de todo para-rayos está compuesto además de varias partes, que trataremos en los capítulos siguientes con el necesario detenimiento.

Es creencia muy vulgar que el para-rayos atrae el rayo, y aun el mismo Francklin manifestó constantemente la misma idea, pero las leyes físicas demuestran hoy todo lo contrario; el efecto del para-rayos se funda en el principio conocido en la ciencia con el nombre de *electrizacion por influencia* y en la accion de las puntas, ó sea la propiedad que estas tienen de dejar escapar la electricidad á la atmósfera casi instantáneamente.

Cuando una nube tempestuosa cargada de flúido positivo (1), por ejemplo, se presenta en el aire atmosférico, obra por influencia, es decir, á distancia, sobre todos los cuerpos comprendidos en la esfera de su actividad; repele á lo lejos el flúido positivo de los mismos y atrae hácia sí el negativo, que se acumula en la superficie del suelo, con tanta mas abundancia, cuanta mayor sea la altura á que se encuentren. Los mas altos son entonces los de mayor tension y por consiguiente los mas expuestos á la descarga eléctrica.

---

(1) Se admite por los físicos que en todos los cuerpos de la naturaleza existen dos flúidos, uno positivo y otro negativo, cuya combinacion constituye el flúido natural ó neutro.

ca; pero si poseen puntas metálicas, como estas no presentan resistencia apreciable al desprendimiento del fluido negativo, este pasa á la atmósfera á unirse con el positivo de la nube formando el fluido natural ó neutro. Por lo tanto, no solo un para-rayos se opone á la acumulacion de la electricidad en la superficie de la tierra, sino que tambien tiende á hacer recobrar á las nubes tempestuosas su estado natural, doble efecto que, como al principio de este capítulo hemos dicho, previene la caída del rayo. Sin embargo, puede suceder que la cantidad de electricidad contenida en la nube sea tan considerable que el para-rayos no baste á proporcionar todo el fluido contrario para neutralizarla, en este caso se verificará la descarga, pero como la electricidad busca siempre el medio mejor conductor, pasará por el para-rayos, merced á su mayor conductibilidad, sin tocar el edificio.

La utilidad de los para-rayos es incontestable, no habiendo quien de ello formalmente dude, despues de los numerosísimos casos registrados por los anales de todos los países y que vienen confirmando cada dia mas y mas las ventajas y beneficios que su doble accion preservadora y preventiva reporta á la humanidad; y si bien es cierto que hay ejemplos de que en edificios provistos de tan útiles aparatos, han sobrevenido deterioros é incendios de consideracion á consecuencia de descargas eléctricas, plenamente está demostrado, que aquellos no reunian las condiciones que su construccion y colocacion exigen, además de haberse descuidado de una manera lamentable su conservacion.

Continuamente estamos viendo, que una vez bien ó mal colocado un aparato de este género, nadie vuelve á acordarse de examinar é inspeccionar si la accion atmosférica á que sus diversas partes se hallan expuestas, ha influido de alguna manera en el conductor ó en los ajustes, interrumpiendo la comunica-

cion, etc. ¿Podremos pues, caso de desgracia, culpar de ineficaz y falta de accion el aparato en esas condiciones? De ningun modo; prescindiendo de los minuciosos detalles que una buena colocacion necesita, es indispensable gran cuidado para tener seguridad de su eficacia, la cual por otra parte, está demostrada hasta la saciedad por mil y mil hechos que pudiéramos citar en su apoyo, limitándonos solamente á reseñar algunos que el ilustre Louis Figuiet en una de sus obras publica (1).

Sobre 4,800 casas que componian la ciudad de Filadelfia en 1782, 400 por lo menos estaban provistas de para-rayos, teniéndole tambien todos los edificios públicos, á excepcion de la embajada francesa; pues bien, el 27 de Marzo de 1782, estalló una tempestad sobre la ciudad, cayendo el rayo precisamente sobre el edificio de la embajada, ocasionando muchas desgracias y destrozos; á consecuencia de esto se colocó un para-rayos en el mismo, no volviendo á suceder desde entonces otro caso.

En 1780, en la misma ciudad, cayó tambien el rayo á la vez en un navío que no tenia para-rayos; dos casas que se hallaban en el mismo caso y en otra protegida por uno de ellos. El navío y las dos primeras casas sufrieron considerablemente, y solo la tercera no experimentó daño alguno, á pesar de fundirse la barra del para-rayos en una longitud algo crecida.


La torre de las campanas de San Márcos en Venecia, por su gran altura y cantidad de hierro que entra en su construccion, con intervalo de cuatro siglos, habia sufrido nueve veces descargas eléctricas, produciendo efectos mas ó menos desastrosos, que obligaron á reparaciones costosísimas, hasta que en 1776 se colocó un para-rayos y desde entonces no ha vuelto á caer el rayo en ella.

---

(1) *Les merveilles de la science*, tomo I, pág. 560 y siguientes.

En 1830, tres navíos que iban en conserva por el canal de Corfú, el *Etna*, *Madagascar* y el *Mosqueto*, sufrieron una descarga eléctrica, siendo muy maltratados los dos últimos que no tenían para-rayos, y por el contrario, el primero, que estaba provisto de ellos, no experimentó el menor daño.

Después de estos hechos y otros cuyo número es casi infinito, no puede quedar la menor duda de la utilidad de los para-rayos y de la conveniencia de aumentar su número en las poblaciones, pues basta, en efecto, conocer los experimentos de Charles y de Romas con una cometa provista de una punta metálica, para adquirir la seguridad de que la multiplicación de los para-rayos y su colocación en los sitios más elevados, disminuirían real y positivamente la electricidad de las nubes tempestuosas, y serían por consiguiente menos frecuentes las descargas eléctricas sobre la superficie terrestre, disipándose así sus fatales consecuencias.



---

### CAPÍTULO III.

#### Barra vertical ó flecha.—Puntas múltiples.—Dimensiones.

Mucho se ha debatido por los físicos la cuestion de si los para-rayos deben terminarse por esferas ó por puntas; las puntas, dicen algunos, atraen el rayo desde considerable distancia y por consiguiente determinan la aproximacion de la nube tempestuosa que quizás sin esta circunstancia habria pasado sin producir ningun efecto; pero prescindiendo del concepto erróneo de la atraccion, como queda dicho en otro capítulo, los que así se explican olvidan que el flúido eléctrico ejerce una enorme accion sobre toda superficie redondeada, debida á la gran dificultad que opone á su salida la resistencia que origina la forma misma, hecho bien conocido de todos los físicos, mientras que por el contrario las puntas dejan escapar la electricidad sin resistencia apreciable: es mas, M. Perrot, inventor de una máquina que lleva su nombre, ha demostrado últimamente con numerosos experimentos, comunicados á la Academia de Ciencias de Paris (1), que aquella resistencia decrece tanto mas, cuanto mas agudas sean las puntas, de donde se deduce la conveniencia de adoptar para las barras verticales ó flechas de los para-rayos una terminacion afilada, ó sea punta cónica; sin embargo, no debemos olvidar que á esta extremidad debe dársele un grueso suficiente para evitar la fusion del metal, en el caso en que efectúan-

---

(1) *Comptes rendus de l'Academie de sciences de Paris.* 1864.

dose la descarga eléctrica se desarrolle gran cantidad de calórico. De aquí que debe preferirse una punta cónica, cuyas generatrices forman en el vértice ó cúspide un ángulo de 7 á 10 grados, que es la que en nuestro concepto reúne ambas condiciones.

Las barras verticales ó flechas de los para-rayos se componen generalmente de tres partes; el mango ó barra de hierro sujeta á la armadura del edificio, el tronco de cono de cobre dorado á fuego que sirve de intermedio y la punta de platino que forma el extremo, las tres piezas unidas íntimamente por medio de pasadores. Pero con el objeto de evitar el uso del platino por su elevado coste y obtener unas uniones ó ajustes mas perfectos, es preferible la práctica siguiente.

En primer lugar, no hay inconveniente alguno en que la punta ó extremo de la barra vertical, sea solo de cobre dorado á fuego, en vez de platino que hasta ahora se creía indispensable; el cuadro ó escala de conductibilidades de los metales que ya hemos dado á conocer, nos prueba á primera vista la ventaja de este cambio además de su baratura respecto al platino; todavía mejor seria formar la punta de una aleacion de cobre y plata, en la proporcion de 835 partes de esta por 165 de aquel; en esta conformidad la figura 1.<sup>a</sup> presenta la disposicion mas conveniente.

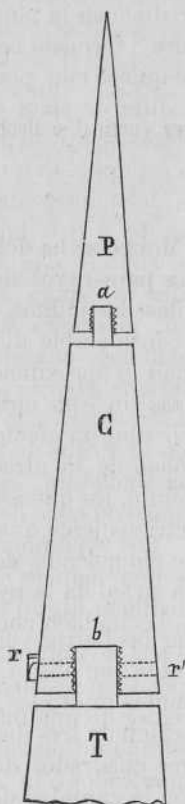


Figura 1.<sup>a</sup>

*C*, tronco de cono de cobre dorado á fuego, de 40 á 50 centímetros de longitud, cuyo extremo superior termina por una espiga á rosca *a* que se introduce en la punta cónica *P*, de 5 centímetros de altura, formada con la aleacion de plata y cobre, ó si se quiere con platino, recubriendo despues con soldadura de plata esta junta; el conjunto de estas dos piezas se ajusta á la barra de hierro *T* por medio de la espiga *b*. Con objeto de lograr un contacto íntimo, se debe intercalar una roldana de plomo bien limpia de 5 ó 6 milímetros de grueso, entre el tronco de cono *C* y la barra de hierro *T*; apretando despues la espiga *b*, la presion ejercida sobre el plomo, producirá su aplastamiento y adherencia, aumentando considerablemente el contacto, el cual se sostiene además por medio del pasador *r r'*; esta junta se soldará con estaño y se cubrirá perfectamente con una capa de 2 milímetros de espesor, de la misma soldadura, extendida 4 ó 5 centímetros hácia el tronco de cono de cobre *C* y la barra *T*.

Los experimentos de Mr. Perrot han demostrado de una manera concluyente, que es muy ventajoso modificar algun tanto la práctica seguida de terminar las barras verticales de los para-rayos en una sola punta; en efecto, para probar la gran accion de las puntas múltiples, dicho señor tomaba una botella de Leiden de tres decímetros de diámetro y tres decímetros cuadrados de superficie armada, y la cargaba con la cantidad de flúido eléctrico que pudiera suministrar una sola vuelta del disco de una máquina eléctrica, colocaba despues una barra metálica terminada en una sola punta, á una distancia tal, que la botella se descargara sobre ella mediante una chispa eléctrica, puesta la barra en comunicacion previamente con el suelo; cambiando despues esta barra por otra cuya extremidad estuviera formada de una corona de puntas, se descargaba la botella silenciosamen-



te, es decir, sin saltar la chispa, aunque la carga fuera á saturacion, siendo la distancia constante.

De donde se deduce que la accion neutralizadora de un para-rayos será tanto mas eficaz, cuanto mayor sea el número de puntas con que termine, puesto que el efecto preventivo aumentará atenuándose considerablemente las descargas laterales.

Para establecer esta innovacion cuya ventaja vemos es incontrovertible, en lugar de la pieza de cobre *C* de la figura primera se adaptará otra de la misma forma tronco-cónica, pero que próximamente al tercio de su altura presente un disco ó anillo de unos 20 á 30 centímetros de radio (figura 2.<sup>a</sup>), y en este

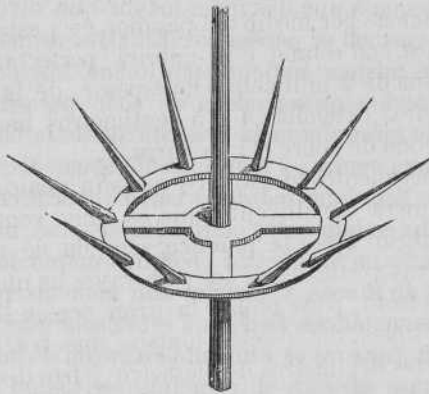


Figura 2.<sup>a</sup>

disco se implantarán puntas de cobre dorado á fuego de 20 centímetros de longitud, inclinadas  $45^\circ$  sobre el plano horizontal, soldando despues con estaño todas las juntas, como ya hemos indicado; el número de puntas puede variar como se quiera, en la figura hay diez mas la del centro ó en direccion del eje. De este modo se obtendrá una flecha que, radiando y facilitando el desprendimiento de la electricidad en todos

sentidos, neutralizará la tension de la nube, y caso de descarga, dividiéndose el flúido eléctrico entre todas las puntas, no habrá que temer la fusion del metal.

La flecha del para-rayos puede tener seccion circular ó cuadrada, es decir, ser de forma cónica ó piramidal, variando naturalmente su grueso, segun la altura que haya de dársele; esta altura obedece á un órden de consideraciones no de absoluto rigor. La distancia límite de la esfera de accion de un para-rayos, no es conocida con matemática exactitud, pues depende de muchas circunstancias muy dificiles de apreciar; sin embargo, numerosas observaciones hechas en edificios provistos de aquellos aparatos, han enseñado que á una distancia mayor que el doble de la barra vertical se pueden verificar descargas eléctricas en los mismos edificios, por lo cual hoy se admite que la accion preservadora de todo para-rayos no pasa de la circunferencia descrita desde la base de la flecha como centro, y con un radio igual al doble de su altura. Esta longitud de la barra vertical está tambien comprendida entre ciertos límites que no deben despreciarse en la práctica, porque aunque los experimentos de Romas y Charles con cometas provistas de puntas metálicas tienden á establecer que la eficacia de un para-rayos aumenta en razon de su altura, no debemos olvidar el principio ciertísimo de que la resistencia al paso de la electricidad por un cuerpo conductor aumenta con su longitud, y por consiguiente es preferible emplear dos barras verticales en vez de una sola allí donde la extension del edificio así lo exija.

Gay-Lussac en sus instrucciones dice, relativamente á este objeto, lo siguiente: «Se admite, con arreglo á los datos suministrados por la experiencia, que la flecha de un para-rayos, protege eficazmente un espacio circular de un radio doble de su longitud.»

«Segun esto, un edificio de 20 metros de longitud ó superficie, no necesita para su proteccion mas que una flecha de 5 á 6 metros de alto, levantada verticalmente en medio de la cubierta; otro de 40 metros necesitará una flecha de 10, y algunas se colocan efectivamente de esta dimension, pero es preferible á nuestro entender colocar dos barras de 5 á 6 metros cada una, dispuestas de suerte que protejan igualmente todo el edificio, lo que se consigue fácilmente estableciéndolas á una distancia de 10 metros de los extremos del mismo, y por consiguiente distantes entre sí 20.»

«Los para-rayos colocados en torres ó campanarios, deben, por su gran elevacion, extender la esfera de su accion á mayor distancia que si su altura fuera menor. ¿Pero esa accion alcanzará, como se ha supuesto por algunos, al doble de la longitud de la barra vertical, mas la altura de la torre ó campanario? Es posible que así sea, mas como hasta ahora los hechos nada nos han indicado en este asunto, prudentemente se debe suponer que la proteccion no pase de una distancia alrededor de la barra igual á su altura; así, por ejemplo, el para-rayos de una torre que se eleve 30 metros por encima del techo ó arista superior de una iglesia, no defenderá mas que una distancia de 30 metros del eje de la torre, y si la iglesia se extendiera mas allá habria necesidad de colocar en ella para-rayos segun las reglas que para los edificios poco elevados quedan consignadas.»

Las explicaciones que preceden indican claramente que la altura que debe asignarse á las flechas de los para-rayos, se modifica segun las circunstancias y localidades, y en cada caso particular el arquitecto hará muy bien en enterarse y adquirir datos ciertos y seguros sobre la intensidad de las tempestades, direccion y demás condiciones físicas y climatológicas del terreno, para determinar el número de flechas y altura que deberá darlas.

La seccion de la barra circular hemos dicho puede ser circular ó poligonal, es decir, que esta presente forma cónica ó piramidal, como se desee, pero en uno y otro caso el espesor en la base debe ser suficiente para que las vibraciones que los vientos la impriman no comprometan su estabilidad y solidez: á continuacion publicamos un cuadrito que dará á conocer el grueso de la barra, segun la altura del para-rayos.

| Altura.<br>—<br>Metros. | Flecha piramidal,<br>lado en la base.<br>—<br>Metros. | Flecha cónica,<br>radio de la base.<br>—<br>Metros. |
|-------------------------|---|---|
| 4                       | 0,049   | 0,030   |
| 5                       | 0,051   | 0,031   |
| 6                       | 0,052   | 0,032   |
| 7                       | 0,054   | 0,033   |
| 8                       | 0,057   | 0,034   |
| 9                       | 0,060   | 0,035   |
| 10                      | 0,063   | 0,036   |

---

## CAPÍTULO IV.

**Conductor.—Apoyos ó soportes.—Compensador.—Cables metálicos.**

Se da el nombre de conductor de un para-rayos á la varilla ó cable que sirve para establecer la comunicacion por el camino mas corto y sin solucion de continuidad, entre la barra vertical colocada en la cubierta del edificio y el suelo.

En todo conductor hay que considerar la parte exterior, es decir, la que sigue la pendiente de las armaduras del edificio y continúa por la fachada hasta la superficie del suelo, y la que á partir de este punto, penetra y serpentea por la tierra, y que por lo tanto es interior ó subterránea.

Los conductores pueden ser varillas de hierro de 15 á 20 milímetros de diámetro ó lado, segun sean circulares ó cuadradas, unidas unas á otras ó empalmadas convenientemente, práctica que por lo general se sigue en España, y tambien cables formados de alambres de cobre ó hierro, como mas adelante se dirá, ventajosos en casos determinados, sobre todo por la gran facilidad que ofrece su colocacion en edificios de difícil acceso ó salida á las cubiertas.

Para formar la longitud total del conductor, se empalman las varillas haciendo en el extremo de una de ellas una espiga que se introduce en la caja hecha en la otra varilla, y despues un pasador que las atraviesa mantiene, ó por lo menos se cree debe mantener

el contacto; el conductor se sostiene á lo largo de los muros y fachadas con grapones clavados en las fábricas y remachados sobre la misma varilla, lo cual la debilita mucho y aumenta en cierto modo su resistencia eléctrica, y por último el mismo conductor se une á la barra vertical sujeta en el edificio por varios procedimientos generalmente defectuosos.

Tal es la práctica seguida la mayor parte de las veces, y que es á todas luces ineficaz, porque en primer lugar los conductores que alcanzan longitudes crecidas, expuestos á la intemperie y á consecuencia de las diferencias de temperatura, experimentan contracciones y dilataciones que no son de despreciar (1), puesto que oponiéndose á ellas la resistencia que presentan los grapones, su efecto se traduce por la flexion y curvatura de la varilla, movimiento en los apoyos, hasta el punto que los menos sólidos cedan y el conductor por consiguiente carezca de solidez; y en segundo lugar, esas juntas rudimentarias ó uniones de espiga y pasador ya descritas, sufren por la misma causa un considerable esfuerzo que puede hasta producir la rotura de las espigas, y si á esto se añade las vibraciones que los vientos imprimen al conductor, tanto mayores, cuanto mas espaciados estén los apoyos, resultará en último término que los bordes de las juntas se usan por el roce y el pasador que á su vez se oxida fácilmente, es el único que conserva la comunicacion de una varilla con otra, la cual por lo tanto no es perfecta.

Para unir el conductor, suponiéndole formado con varillas de hierro, á la barra vertical, la disposicion marcada en la figura 3.<sup>a</sup> salva todos los defectos de

---

(1) En nuestros climas las barras del conductor pueden tener en el verano una temperatura de 60° centígrados, y en el invierno esta temperatura descendiendo hasta -20°, ó sea una diferencia máxima de 80°. Para esta variacion las varillas de hierro alcanzan una dilatacion de un milímetro, ó sea un centímetro por cada 10 metros lineales.

las uniones imperfectas que generalmente se emplean.

A unos 20 centímetros del extremo inferior, ó sea la base de la barra vertical T sujeta, como mas adelante veremos, á la armadura del edificio, se hace en caliente un apéndice, en cuyo centro se practica un orificio O, por el que penetra á frotamiento el extremo del conductor b; en las dos superficies P y P' ó caras del apéndice circular, una vez bien limadas, para que presenten asperezas y se adhieran mejor, se colocan dos roldanas de cinco milímetros de grueso, de plomo bien limpio, y una vez hecho esto, se ajusta ó atornilla la tuerca B, aplastando todo lo posible el plomo, soldando las juntas y cubriendo perfectamente todo ello con una capa de dos milímetros de espesor de la misma soldadura; la superficie de contacto del conductor y barra vertical, que es muy considerable, queda de este modo preservada de la oxidacion.

Los empalmes de las varillas para alcanzar la longitud total del conductor, empalmes que hay que economizar todo lo posible, deben hacerse como indica la figura 4.<sup>a</sup>, la cual nos da un modelo del modo de efectuar esa union, que además de su gran fuerza y solidez, no presenta resistencia eléctrica apreciable; es el ensamble llamado en carpintería á medias maderas,

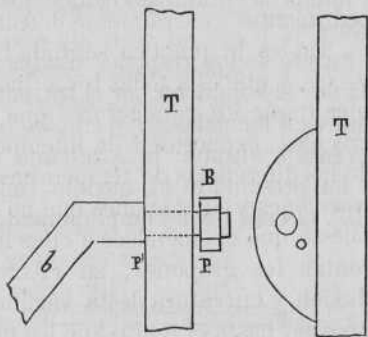


Figura 3.<sup>a</sup>

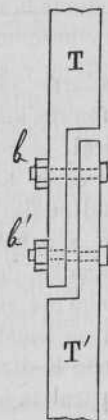


Figura 4.<sup>a</sup>

sin mas adición que una plancha de plomo de dos milímetros de grueso interpuesta entre las dos aletas de las varillas T y T', las que se mantienen en posición fija, mediante los pasadores á rosca  $b$  y  $b'$ ; además de esto se sueldan las aletas al plomo y todas las juntas se cubren perfectamente con la misma soldadura.

En vez de los graponos usados generalmente para sostener el conductor por el trayecto de las armaduras y muros ó fachadas cuyo empleo hemos visto, no ofrece ventaja alguna: la Academia de ciencias de Paris ha presentado el modelo indicado en la figura 5.<sup>a</sup>, el cual llena cumplidamente el objeto. Consiste

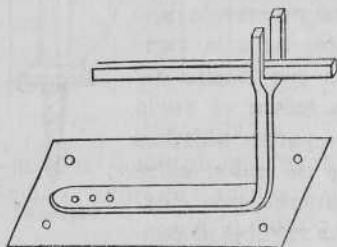


Figura 5.<sup>a</sup>

en un tenedor ú horquilla de hierro forjado, entre cuyos dientes ó púas pasa el conductor, sostenido en esta posición por un pasador. En el trayecto del conductor por las

armaduras, el plano de la horquilla forma con el de la cubierta un ángulo igual al que este forme con la vertical; la horquilla tiene un asiento ó pié de 25 centímetros de largo por cuatro de ancho y dos de grueso, el cual se fija con tornillos á los pares ó madero que forme el caballete del tejado, y con el objeto de evitar la filtración de las aguas en el edificio, se interpone una plancha de plomo que se sujeta á la armadura y encima se ajusta la horquilla como la figura indica. Cuando la dirección del conductor sea vertical, es decir, paralela á los muros ó fachadas, se modifica el soporte como marca la figura 6.<sup>a</sup>: de todas maneras, el conductor debe estar separado del edificio 12 ó 15 centímetros en toda su longitud, y los soportes ú



horquillas espaciados unos de otros tres metros ó tres y medio.

El efecto de la dilatacion de la varilla que forma el conductor y que se hace sensible en los extremos, le perjudicaria en gran manera en el caso que tuviera que cambiar de direccion, en cuyo punto habria que unir las dos varillas con direcciones encontradas; por ejemplo, si se tratase de unir las varillas de un conductor que primeramente siguiera la pendiente de la cubierta y despues tuviera que comunicar con el suelo siguiendo la vertical del extremo de la primera, en este caso además de ser necesario dar á la varilla formas adecuadas por medio del martillo para hacerla salvar el vuelo de la cornisa y demás partes salientes del edificio, el punto de union sufre necesariamente el esfuerzo que ejercen los extremos de las varillas al contraerse y dilatarse por las variaciones atmosféricas á que se hallan expuestas, las cuales pueden producir su rotura; este efecto puede compensarse ó anularse con la adición en este punto de una pieza especial llamada *compensador* representada en la figura 7.<sup>a</sup>

Si  $A$  y  $A'$  son las dos varillas que se trata de poner en comunicacion teniendo direcciones distintas, se suelda á sus dos extremos y en una longitud de 15 á 20 centímetros próximamente una lámina elástica  $F$  de cobre dorado á fuego, de 70 centímetros de largo por 2 de ancho y 5 milímetros de grueso; los dos extremos de esta lámina están sujetos además á las varillas  $A$  y  $A'$  por los tornillos y piezas adicionales  $B$  y  $B'$  y despues las juntas bien cubiertas con una capa de soldadura de estaño. De esta suerte, cuando el aumento de temperatura haga dilatarse al conduc-

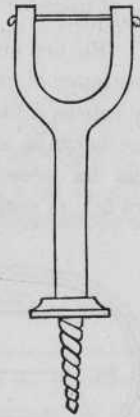


Figura 6.<sup>a</sup>

tor, que puede deslizarse perfectamente por los apoyos ó soportes, la curvatura de la lámina *F* se acentuará, sucediendo lo contrario para un descenso de temperatura, sin que

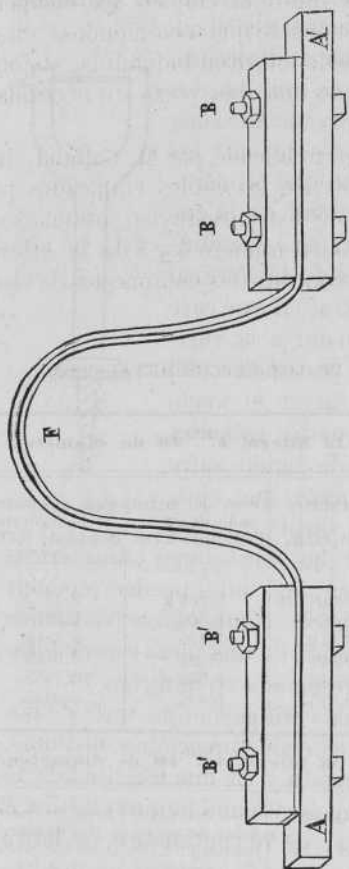


Figura 7.<sup>a</sup>

pendicularmente, bastará un compensador que salve el vuelo de la cornisa del edificio en cuestión.

Si el conductor estuviera compuesto de hilos de cobre ó hierro galvanizado, formando un cable, la

en uno y otro caso las varillas se resientan. Por lo que respecta á la eleccion de puntos donde deban colocarse compensadores, el arquitecto-directores el único árbitro de la cuestion; en tésis general, como cada aparato sirve para compensar los efectos de la dilatacion producida sobre dos direcciones distintas, en cada encuentro de dos varillas, convendrá colocar un compensador, es decir, que siendo *x* un número par de encuentros  $\left(\frac{x}{2} + 1\right)$  representará el número de compensadores. Ordinariamente, como el conductor despues de seguir la pendiente del tejado descende al suelo

sección ó grueso, naturalmente debe ser mayor que la que hemos asignado á las varillas, pero sin embargo, son mas manejables, y como de mayor flexibilidad que estas, es inútil el empleo del compensador, figura 7.<sup>a</sup>, además de que obteniéndose en el comercio los alambres de longitud indefinida, el conductor puede hacerse de una sola pieza sin necesidad de empalmes ni uniones.

El siguiente cuadro publicado por M. Callaud, indica el peso y la sección de los cables empleados por él en la fabricación de los para-rayos, usando solo hilos de cobre ó hierro del número 6 y 8 de la hilera, y formando el cable con ramales compuestos de siete hilos cada uno.

## GRUESO Y PESO DE LOS CABLES METÁLICOS.

| <b>Alambre núm. 8 de la hilera, 1<sup>mm</sup> 30 de diámetro.</b> |                           |                     |   |  |
|--|---------------------------|---------------------|---|--|
| Número de ramales.   | Circunferencia del cable. | Diámetro del cable. | Peso del metro cable de cobre. Densidad: 7,788. | Peso del metro cable de hierro. Densidad: 8,878. |
| 3  | 0,023 m                   | 0,0077 m            | 0,200 k   | 0,228 k  |
| 4  | 0,027                     | 0,0086              | 0,308   | 0,351  |
| 5  | 0,032                     | 0,0102              | 0,425   | 0,4845   |
| 6  | 0,037                     | 0,011               | 0,540   | 0,6155   |
| 7  | 0,042                     | 0,013               | 0,660   | 0,7585   |
| 8  | 0,047                     | 0,015               | 0,825   | 0,9405   |

| <b>Alambre núm. 6 de la hilera, 1<sup>mm</sup> 10 de diámetro.</b> |                           |                     |   |  |
|--|---------------------------|---------------------|---|--|
| Número de ramales.   | Circunferencia del cable. | Diámetro del cable. | Peso del metro cable de cobre. Densidad: 7,788. | Peso del metro cable de hierro. Densidad: 8,878. |
| 3  | 0,021 m                   | 0,007 m             | 0,165 k   | 0,188 k  |
| 4  | 0,024                     | 0,008               | 0,220   | 0,251  |
| 5  | 0,028                     | 0,0089              | 0,303   | 0,345  |
| 6  | 0,032                     | 0,0102              | 0,385   | 0,439  |
| 7  | 0,035                     | 0,0111              | 0,471   | 0,537  |
| 8  | 0,039                     | 0,013               | 0,590   | 0,672,5  |

Si se quisieran utilizar para formar el cable hilos de otros números ó grueso que los que quedan indicados, es fácil, estableciendo una proporción, reducir el caso nuevo á los ya conocidos. Pero de todos modos, el grueso que se debe dar á un cable, lo marcará perfectamente la frecuencia é intensidad de las tempestades habituales de la localidad, no debiendo nunca, cualquiera que sean estas, darles menos de un centímetro siendo de cobre, y dos siendo de hierro.

Generalmente los ramales del cable se hacen hoy día de siete hilos, y su número varía según el grueso del conductor, arrollándose aquellos alrededor de un alma central; de esta suerte, como los hilos se adaptan ó justaponen uno al lado de otro sin entrelazarse nunca, no se entorpece por consiguiente el paso del fluido eléctrico.

Por lo que hace á la unión del cable con la barra vertical, el procedimiento es exactamente igual al descrito para el caso del conductor de varillas, aplicándose de la misma manera todo cuanto queda dicho para estas, y suprimiendo el empleo del compensador, pues en este caso es completamente inútil.

Debemos hacer constar que el empleo del conductor de cable de cobre, no presenta tantas ventajas como Mr. Callaud encomia en su libro, porque si bien es verdad que por la mayor conductibilidad del cobre, el diámetro del cable formado con este metal puede reducirse á un centímetro en vez de dos, que es suficiente para los de hierro, también el coste es inmensamente mayor y el cobre menos resistente mecánicamente considerado, sujeto á las variaciones de la atmósfera, y en presencia de las corrientes eléctricas experimenta cierta disgregación de sus moléculas y una especie de temple (1) que le vuelven agrio y que-

---

(1) Véase *Les Mondes*, segundo semestre, 1874, art. de M. A. R. Francisque Michel.

bradizo, lo cual compromete en gran manera la solidez del conductor.

Por todo lo cual creemos que en todos los casos en que sea preferible valerse de cables para formar el conductor de un para-rayos, los de alambre de hierro contruidos de un modo análogo á los cables ó maromas de cáñamo, usados en la marina, son los que aconsejamos emplear.

---

---

## CAPÍTULO V.

### Parte subterránea del conductor. — Extremidad de la misma.

A partir del punto en que el conductor toca á la superficie terrestre, empiezan las precauciones minuciosísimas que deben tomarse para facilitar cuanto sea posible, la difusion completa de la electricidad que en casos determinados puede necesitar instantánea salida, dependiendo indudablemente de esta circunstancia la eficacia de todo para-rayos; estas precauciones se olvidan por lo general en la práctica, contentándose con colocar el conductor bajo el suelo, haciéndole llegar á un pozo donde termina: ahora bien, el conductor, colocado de esta suerte en inmediato contacto con la tierra y la humedad, se oxida poco á poco y esta oxidacion acaba, en término mas ó menos próximo, por destruirle completamente.

Todos los cuidados del arquitecto deben, pues, tender á evitar esa oxidacion del conductor, para lo cual se cubre desde algunos centímetros antes de llegar á la superficie del suelo de una especie de vaina ó envoltura de madera embreada, y mejor de plomo adherido á golpe, la cual se continúa hasta unos 50 ó 55 centímetros de profundidad; llegado á este punto, se encorva normalmente á su primitiva direccion y penetra en una canaliza llena de cisco ó de coke, construida de la manera siguiente.

Hecha una zanja en el terreno de 55 á 60 centíme-

tros de profundidad y de 28 centímetros (un pié) de ancho se sientan en su fondo de plano ladrillos, unos á continuacion de otros y en sentido de su latitud, sin mortero ni mezcla alguna, hecho esto se colocan sobre los bordes otros de canto, se echa despues una capa de tres á cuatro centímetros de cisco de tahona, ó tambien coke triturado, en seguida se pone el conductor y se acaba luego de llenar con la misma materia el cajon ó canal, cubriéndole despues con otros ladrillos en análoga situacion que los que forman el suelo. En lugar de ladrillos pueden tambien usarse losas de piedra y mejor las tejas llamadas romanas, poniendo las canales solapadas debajo, y encima las cobijas. La experiencia ha demostrado que el hierro rodeado de esa suerte con el carbon, no experimenta alteracion de ningun género en un espacio de treinta años; y como dicho combustible despues de haber ardidido es muy buen conductor de la electricidad facilitará, caso de descarga, la salida y desprendimiento del flúido eléctrico en la tierra ó depósito comun.

No es necesario decir que en cada caso la profundidad de la zanja podrá variar mas ó menos, segun sean las circunstancias y las condiciones de los sitios por donde deba pasar el conductor y las cargas accidentales que la canal debe sufrir, pero en todos ellos debe dársela una inclinacion necesaria, para la vertiente de las aguas de filtracion. En los terrenos secos la zanja debe tener por lo menos doble longitud que la dicha y aun mas si con esto se consigue hacerla llegar á algun sitio húmedo; pero si no fuera posible aumentar la longitud de la zanja, entonces habrá que abrir otras normales á su direccion y en ellas colocar barras de hierro rodeadas de cisco ó coke y en directa comunicacion con el conductor. En general, las zanjas para el conductor deben abrirse en los sitios mas húmedos que rodeen al edificio, es decir, en los puntos mas bajos, dirigiendo hácia ellos las

aguas pluviales á fin de conservarlas en constante estado de humedad.

Pasemos ahora á tratar de la extremidad del conductor, que es donde debe existir el verdadero contacto perfecto é íntimo con el suelo.

Si en la localidad existiera un pozo de aguas perennes, es decir, que en ninguna estacion del año quedara en seco, se haria que el conductor, al salir de la canaliza indicada, atravesara el revestimiento del pozo y descendiera por el mismo hasta sumergirse 65 centímetros por lo menos en el agua.

Los rios son tambien excelentes para hacer terminar en ellos el conductor de un para-rayos y en el mismo sentido no hay inconveniente alguno en utilizar el mar, siendo indispensable á falta de estos medios buscar un sitio donde el agua afluya y nunca falte; si absolutamente fuera imposible ó muy dispendioso lograr esta condicion, podrá consentirse hacer un orificio en tierra húmeda, asegurándose de la persistencia de esta humedad en todo tiempo, é introducir en él el extremo del conductor.

M. Callaud propone un medio para formar el extremo del conductor que puede muy bien servir al objeto indicado; consiste este medio en unir la extremidad del cable á una especie de anclote provisto de cuatro ó seis uñas planas, el cual se introduce en un cesto de mimbre ó flejes de hierro lleno de coque bien triturado, colocado todo ello en el pozo ó terreno húmedo. Pero con el objeto de aumentar cuanto sea posible la superficie de contacto y facilitar el desprendimiento del flúido eléctrico en un momento dado, el uso y empleo del bastidor indicado en la figura 8.<sup>a</sup>, es preferible en todos los casos. Consiste en un enrejado ó bastidor de fundicion de hierro galvanizado de un metro de largo por medio de ancho, provisto de ganchos puntiagudos de dos decímetros de longitud en su parte inferior; estos ganchos pueden ser tantos cuantos



se quieran, pero los quince que presenta el dibujo colocados en las intersecciones de las barras son realmente suficientes.

El extremo del conductor, sea varilla ó cable, se une al bastidor por medio de la anilla marcada en la figura, siguiendo el mismo procedimiento que se ha descrito para la union de aquel con la barra vertical é

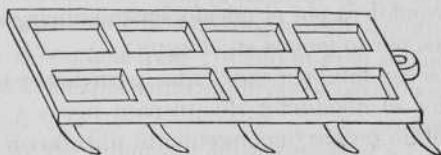


Figura 8.ª

indicado en el capítulo cuarto, cubriéndolo despues con soldadura, y preservando esta junta con un casquillo ó cubierta de zinc fundido.

Este bastidor debe introducirse en el fondo del pozo ó del terreno húmedo, apisonándolo entre dos capas de 2 ó 3 centímetros de espesor de cisco de tahona, carbon de retorta ó coke triturado.

M. Violet-le-Duc, en los para-rayos del castillo de Pierrefonds, se ha limitado á enterrar las varillas de los conductores, provistas en toda su longitud de puntas toscas, pero este procedimiento, salvo el respeto que tan ilustrado arquitecto se merece, dista mucho á mi parecer de reunir todas las condiciones, que segun dejamos dicho se requieren.

Si fuera un rio, estanque ó el mismo mar, el medio que se utilizara para sumergir el extremo del conductor y el bastidor galvanizado á él unido, es necesario preservarlos cuidadosamente de todo accidente, de tal modo, que ni por el efecto de las olas ó mareas, ni por cualquier otro motivo queden nunca al descubierto, poniéndoles al abrigo de semejante

eventualidad, cubriendo todo el sitio de arena, barro, guijarros, etc., y profundizando la zanja todo lo posible.

Mr. Becquerel (1), que da toda la importancia que en sí tiene el logro de un contacto perfecto é íntimo de los conductores y la tierra, aconseja que estos terminen siempre en el agua, que es, por decirlo así, el conductor universal, aunque no sea el único terrestre que puede utilizarse, pues los terrenos que contienen minas de carbon, metal, etc., son tambien muy buenos para el objeto, pero siempre el contacto debe procurarse se verifique entre superficies de gran extension.

Para los para-rayos de los monumentos públicos de una ciudad pueden servir los tubos de conduccion de agua y gas, que ofrecen una superficie metálica de considerable desarrollo, y por consiguiente un contacto con la tierra de gran amplitud; en este caso será suficiente fijar los conductores á una ó mejor al conjunto de estas tuberías, obteniéndose de esta suerte una excelente comunicacion con el depósito comun.

---

(1) *Traité de physique*, tomo I, cap. III.

---

## CAPÍTULO VI.

### Emplazamiento del para-rayos.—Detalles de construcción y colocación.

Conocidas ya por los capítulos anteriores las diversas partes de que está compuesto todo para-rayos, y las condiciones y circunstancias que todas y cada una de ellas debe satisfacer, réstanos ahora tratar de la elección de sitios mas convenientes en los edificios y manera cómo deben colocarse aquellos aparatos en los mismos.

Ante todo es preciso encontrar en la construcción el lugar que mejor conviene para la colocación del para-rayos; la preservación del edificio y personas que lo habiten, es la primera consideración que debe guiar al arquitecto, tanto en la altura que debe tener la barra vertical, como en el punto preciso de instalación, aunque se resientan algún tanto el ornato y decoración.

Dada la planta de un edificio cualquiera, fácil será determinar inmediatamente el número de barras verticales necesarias y suficientes, así como la altura que deban dárselas con arreglo á las consideraciones que quedan expuestas en el capítulo 3.º

La comunicación de la barra vertical y la tierra como depósito común, ha de verificarse según ya hemos dicho por el camino mas corto; conforme, pues, con este principio si fueran dos las barras verticales, deben unirse por medio de un conductor, cable ó va-

rilla y desde el punto medio de la distancia de las dos barras, otro conductor unido y soldado á él establecerá la comunicacion con el suelo.

Siendo tres las barras será necesario emplear dos conductores; en general, cada dos de las primeras exigen un conductor especial.

A todas las flechas ó barras verticales de los para-rayos, sea cualquiera su número en cada edificio, se las debe poner en íntima comunicacion entre sí, por medio de cables ó varillas de hierro del mismo grueso que las que constituyan los conductores, como puede verse en la figura 9.<sup>a</sup>, y en aquellas localidades donde

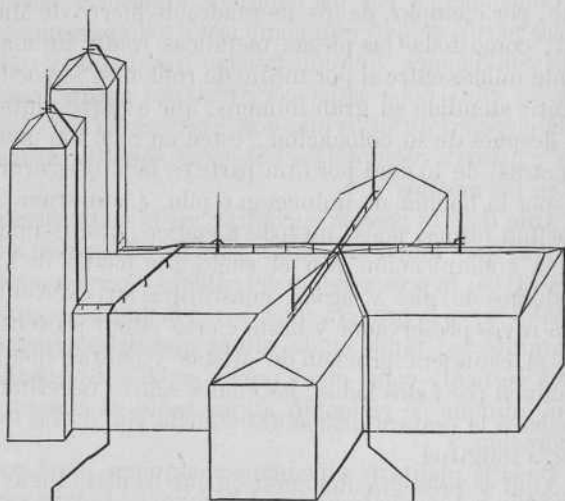


Figura 9.<sup>a</sup>

sea posible, estos deben colocarse sobre los muros y fachadas expuestas ó de cara hácia donde vengan las tempestades en aquel sitio, porque además de que la direccion de lo que vulgarmente denominamos rayo, se determina por la que tiene la lluvia, la superficie mojada por esta, puede dejar paso al flúido eléctrico

de preferencia á los conductores, segun manifiesta Gay-Lussac en sus ya indicadas instrucciones.

En el caso que en el edificio hubiera partes metálicas, es preciso aumentar en cuanto sea posible todas las precauciones que habitualmente son de rigor, así se dará mas altura á las flechas, se colocarán mas próximas y en mayor número, armadas con puntas múltiples, etc., sin que por esto se crea que en las construcciones no metálicas se deban descuidar aquellas precauciones.

Si la construccion fuera enteramente metálica, ¿habria necesidad de colocar en ella para-rayos? La cuestion es de sencilla solucion; supongamos (1) se trate, por ejemplo, de los mercados de hierro de Madrid, como todas las piezas metálicas están íntimamente unidas entre sí por medio de roblones, se puede admitir atendido su gran número, que aunque pintadas despues de su colocacion, estén en relacion unas con otras, de lo cual por otra parte es fácil asegurarse, por la bobina de induccion ó pila. Cada tramo ó pabellon forma, pues, un todo metálico, que si tiene buena comunicacion con el suelo por medio de los conductos de gas y agua, constituirá un excelente para-rayos preservador y hasta cierto punto preventivo, si estuviera provisto de aristas y puntas que le terminen por todos lados, las cuales solo se necesitará fijarlas á la osatura misma del edificio sin darlas excesiva longitud.

Aquí se presenta una cuestion que ha dado lugar á distintas opiniones entre algunos físicos, y es si las partes metálicas de los edificios deben ponerse en comunicacion con los conductores de los para-rayos ó estos deben aislarse cuidadosamente.

Mr. Callaud, en el libro ya citado, dice análoga-

---

(1) Véase *Les Mondes*, 1874, aut de Mr. R. Francisque-Michel sur les paratonnerres.

mente á la idea emitida por Mr. Perrot, ilustre ingeniero, que deben aislarse los para-rayos de toda masa metálica proponiendo el uso de anillos ó discos de cristal, para evitar la comunicacion del conductor del para-rayos con la construccion ó edificio en que esté establecido.

En nuestro sentir, sin embargo, son completamente contraproducentes semejantes medios, opinando en este punto como Gay-Lussac, Pouillet y otros eminentes físicos, pues las leyes de esta ciencia y un ligero raciocinio demuestran hasta la evidencia que cuando un para-rayos está en condiciones debidas no hay inconveniente alguno en aproximarse á los conductores y hasta tocarlos (1), porque el flúido eléctrico pasa única y exclusivamente por ello; de aquí que no haya inconveniente alguno en efectuar aquella comunicacion y por el contrario puede ser muy ventajoso hacerlo, puesto que esas masas por sí mismas y en relacion con la tierra, ejercen cierta suma de efectos preventivos y en caso de desprendimiento de la chispa eléctrica, esta pasará por ellas dejando incólume lo restante de la construccion.

Mr. Melsens, miembro de la Academia Real de Bélgica y autor de concienzudos trabajos sobre la materia que nos ocupa, ha publicado notables experiencias (2), de las cuales resulta que las leyes de Ohm, es decir, las leyes de distribucion de las corrientes eléctricas en los conductores y las de las corrientes derivadas, son igualmente ciertas para cualquier tension del flúido eléctrico, de lo cual deduce dicho señor las siguientes conclusiones; es muy conveniente aumentar ó multiplicar el número de los conductores, á los cuales pueden dárseles menores dimensiones y aun

---

(1) Pouillet: *Traité de physique*, ch. IV.

(2) Cf. *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*. t. XXX núm. 6 y t. XXXVIII, núm. 8.

reducirlos á hilos de pequeño diámetro. El número de puntas debe ser el mayor posible, formando, por decirlo así, del edificio un verdadero penacho de ellas, y por último, *todas las piezas metálicas algo considerables, deben estar en comunicacion con los conductores, por dos puntos distintos ó con dos conductores á la vez por lo menos, de manera que se obtengan circuitos metálicos cerrados.*

Todas estas deducciones las ha realizado dicho profesor, en la reparacion hecha del chapitel ó aguja de la torre del Ayuntamiento de Bruselas y colocacion del sistema de para-rayos para su defensa, cuya descripcion puede verse en el indicado *Boletin*. La torre alcanza una elevacion de 91 metros sobre el nivel del suelo y se han colocado en ella 264 puntas de para-rayos, 36 de platino y 228 de cobre dorado á fuego, utilizando para establecer el contacto de los conductores con el depósito comun las tuberías de gas y agua de la poblacion.

La colocacion de la barra vertical en la armadura del edificio varía mucho en cada caso particular que se presente, no siendo posible indicar uno por uno todos los medios que pueden emplearse con tal objeto, sin embargo examinaremos algunos de ellos, que podrán servir de guia ó norma para cualquier otro.

Supongamos primeramente que la cubierta no sea metálica, y esté constituida como en el caso mas comun de las casas de Madrid, de faldones formados con pares apoyados en la fachada del edificio y en una traviesa ó madero que constituye el caballete del tejado; para la colocacion de la barra vertical (figura 10) siendo *F* el madero, se le taladra como se marca en *E*, de manera que el extremo de la barra pueda introducirse por el orificio, y en las caras superior é inferior del mismo se fijan con cuatro pasadores ó pernos, dos placas de hierro de dos centímetros de grueso, provistas de cuatro orejas con orificios en las

mismas por donde pasan aquellos y otro central para la barra vertical, como se ve perfectamente en *L'*; esta se apoya sobre la placa superior en un collarin, sobre

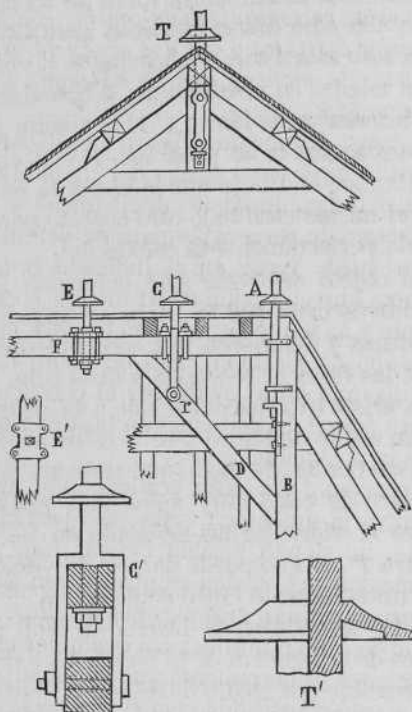


Figura 10.

la cual se la sujeta por medio de una tuerca que se atornilla en la extremidad de la barra vertical contra la placa inferior.

Si existiera un jabalconado ó una tornapunta *D* en la cual apoyara el caballete *F*, se podría utilizar para asegurar mejor la solidez de la barra *C*, en este caso se sueldan á la misma dos llantas ú orejas que abrazan las caras superior y laterales del madero *F*, y



desciendan hasta la tornapunta  $D$  sobre la cual se fijan por medio de un pasador á rosca  $r$  como se marca en  $C'$  que es una seccion en mayor escala.

Por último, si la armadura fuera de formas ó cuchillos, se obtendrá una disposicion muy sólida y preferible en los casos ó localidades que lo permitan, haciendo un taladro en el caballete, é introduciendo el extremo inferior de la barra  $A$  de la misma figura 10 que despues se sujeta al pendolon  $B$  con cinchos de hierro ó llantas; el dibujo marcado con la letra  $T'$  nos presenta el mismo caso bajo otro aspecto para que se comprenda perfectamente la colocacion.

Con el objeto de evitar que las aguas llovedizas que podrian escurrir por la barra se introduzcan en las armaduras y deterioren por consiguiente las maderas que las formen, se suelda á unos ocho centímetros de la arista exterior del tejado á la misma barra vertical un anillo de hierro y se le estira al yunque inclinando sus bordes, de modo que presente la forma de de un tronco de cono muy aplastado, que es lo que constituye el vierte-aguas señalado en la figura 10 con la letra  $T''$ , al que puede dársele un vuelo sobre la barra de unos cuatro ó cinco centímetros.

Sobre las armaduras de hierro, es fácil combinar los medios de colocacion de la barra con toda la seguridad apetecible por medio de roblones y tornillos, por cuya razon no insistiremos sobre este punto, pues el criterio del director facultativo de la obra le indicará mejor que cuanto podamos aquí decir los medios que en cada caso deba emplear.

En un muro ó en una bóveda la mejor manera de colocar la barra es, empotrándola en la fábrica en suficiente longitud para contrarestar los esfuerzos que la parte descubierta pueda ejercer sobre el empotramiento.

Por lo que toca á la solucion de continuidad de los conductores, nunca deberemos fiarnos de uniones que

no estén recubiertas de una capa de soldadura de estaño. Mr. Pouillet (1) no admite otra continuidad que la que existe entre metales soldados, siendo importante tambien en su concepto no multiplicar inútilmente estas soldaduras; habiendo establecido en su obra que ha obtenido la sancion de la Academia de ciencias de Paris las dos reglas siguientes:

1.<sup>a</sup> Disminuir todo lo posible el número de juntas ó uniones en toda la longitud ó trayecto del para-rayos desde la punta al suelo.

2.<sup>a</sup> Soldar con estaño y cubrir con la misma soldadura todas las juntas que la forma de las piezas obligue á ejecutar sobre el terreno, estas soldaduras que deben ocupar por lo menos una superficie de 10 centímetros cuadrados, se podrán reforzar préviamente por medio de tornillos, roblones ó pasadores.

Si el conductor del para-rayos fuera un cable de alambre de cobre ó hierro, hemos dicho que debe proscribirse los empalmes, puesto que se pueden construir de una longitud tan crecida como se desee; pero sin embargo, si absolutamente hubiera necesidad de unir ó empalmar los extremos de dos cables, en este caso el conocido en la marina con el nombre de *ayuste* es el único empalme que puede darnos garantías suficientes, tantò de resistencia y solidez, como de contacto y continuidad entre los cables.

Todo cable de cobre que se introduzca en pozo de aguas potables, y donde se encuentre sometido á las alternativas de humedad y sequía, oxidándose podrá perjudicar la bondad de las aguas, y por consiguiente atacar la salud de las personas que las beban; convendrá pues, estañar cuidadosamente toda la parte del cable que deba estar sumergida en el agua y algunos metros mas exteriormente, inspeccionando de

---

(1) *Supplément à l'instruction de Gay-Lussac*, 1854.

cuando en cuando, por si sus buenas condiciones faltasen para reestañarlo en seguida.

De la misma manera se envolveria el cable en una vaina ó tubo de plomo si el conductor pasara por localidades en que existieran aguas sucias y amoniacaes, porque el amoniaco es un disolvente del cobre.

Cuando los conductores siguen un camino ó trayecto subterráneo para por último llegar al punto donde quede sumergida su extremidad, hay que tomar algunas precauciones á fin de que el agua de las lluvias ó de otra procedencia no se estanque en la canaliza llena de carbon que, como sabemos, forma la envoltura del conductor. No hay que confundir la humedad central del terreno, siempre constante útil para la difusion de la electricidad, con la humedad pasajera ó eventual que puede faltar en el momento preciso en que su accion sea mas necesaria. Una humedad constante no perjudica los metales, y por el contrario, esos cambios repetidos de sequedad y humedad los deteriora en poco tiempo.

Todas las partes metálicas que entran en la construccion de un para-rayos y sobresalen del nivel de la tierra, es conveniente sustraerlas del contacto del aire, para lo cual una vez terminadas todas las operaciones descritas y colocado el sistema, se cubrirán las flechas de hierro, varillas de los conductores, etc., con pintura galvánica á base de zinc, ó en su defecto estaño ú otra pintura metálica cualquiera, extendiéndola solo hasta la punta de cobre dorado á fuego, la cual queda al descubierto.



### CAPÍTULO VII.

#### Para-rayos en construcciones especiales.

Queda ya dicho en los capítulos precedentes las reglas generales que se deben seguir en la construcción y colocación de los para-rayos, si han de responder al objeto que se les destina; estas reglas sufren modificaciones en ciertos casos particulares, no en la esencia de los procedimientos, que siempre es única, sino en ciertos detalles que la misma construcción ó sus circunstancias y condiciones impongan. De estas alteraciones vamos á tratar ahora en este capítulo.

*Iglesias.* — Las cúpulas y campanarios de iglesia, dominando por su gran altura los objetos situados á su proximidad, los para-rayos que en ellos se coloquen no necesitan tanta elevación para extender su esfera de actividad sobre los mismos, como en edificios de otra índole.

Aconseja Gay-Lussac que se empleen para ellos barras delgadas elevadas uno ó dos metros por encima de la cruz que termina por lo general á los edificios de carácter religioso; estas barras, siendo ligeras es fácil fijarlas sólidamente á la cabeza de la cruz sin alterar su forma á la vista y sin entorpecer el movimiento de las veletas, accesorio comun en todos ellos.

En el caso que haya dificultad para colocar las barras, podrá suprimírselas absolutamente, estableciendo el conductor en la base misma de la cruz, haciendo esta las veces de barra vertical, disposición poco dispendiosa, muy segura y de verdadera utili-

dad, sobre todo en los campanarios de las iglesias de los pueblos.

En muchos puntos sirve de veleta un gallo de metal, símbolo de la vigilancia del cristiano para conservar su fe religiosa y emblema de la triple negacion de San Pedro, ó cualquier otra figura alegórica. Debe hacerse de modo que, además de que gire al viento con facilidad, la conductibilidad eléctrica no se intercepte, para lo cual se coloca la figura en el interior de dos nimbos verticales, cuyos planos son normales y en cuya interseccion superior está fija la barra del para-rayos y en la inferior existe un pivote sobre el cual gira la figura.

Otra disposicion mejor que esta consiste en colocar la veleta sobre una peana ó disco provista de un orificio central, la barra vertical fija á la torre tiene soldado otro disco semejante á este; entre los dos se coloca una pieza especial que consiste en un círculo horizontal provisto de tres radios que le dividen en tres partes iguales, estos radios se reunen en el centro formando un anillo por el cual pasa la barra del para-rayos; los radios sirven de eje á tres esferas de cristal, provistas de un orificio en sentido de su diámetro horizontal que se puede hacer valiéndose del parauso ó taladro, como si se tratase de un metal, humedeciendo el extremo del mismo con esencia de trementina y ácido oxálico disuelto, lo cual facilita mucho la perforacion del cristal.

La barra vertical pasa tambien por el interior de la figura, gallo ó lo que sea, la cual al menor impulso ó cambio de viento gira sobre las tres esferas de cristal, y siendo independiente de este movimiento la barra, la comunicacion eléctrica no se interrumpe nunca por este motivo.

El disco superior ó peana está provista de una rebaba ó solapa que impide á la lluvia introducirse entre las esferas y oxidar las partes metálicas.

Por último, otro medio de colocar la barra vertical del para-rayos es, fijarla detrás de la cruz y á poca distancia empotrando su extremo en la fábrica y sosteniéndola por medio de un soporte ú horquilla análogo á los descritos en el capítulo iv colocado en la interseccion de los brazos de la cruz. De este modo el para-rayos parece estar en prolongacion de la misma para el espectador que mira de frente.

En el caso que las iglesias no estén protegidas por el para-rayos colocado en su torre, habrá que armarlas de barras de cinco á ocho metros de alto, colocadas con arreglo á las disposiciones marcadas, como puede verse en la figura 9.<sup>a</sup>

*Edificios fabriles.*—Parece imposible que en estos edificios provistos por lo comun de chimeneas de fábrica de ladrillo que por su gran elevacion corren gran riesgo de sufrir descargas eléctricas, se mire con indiferencia proveerlos de aparatos que eviten incendios ó desplomes que llevan consigo pérdidas de capitales, y lo que es peor todavía, la muerte de los obreros que en gran número se reúnen en ellos para el trabajo cotidiano. Muchos casos se cuentan de derrumbamientos de esas elevadísimas chimeneas sobre los talleres y almacenes, aplastando en su caída, no solo las armaduras y tejados, sino las mismas personas, máquinas y efectos que en su interior se abrigan.

El carbon, que bajo la forma de hollin tapiza el interior del tubo de la chimenea, es un cuerpo conductor de la electricidad, y de aquí que el fluido eléctrico que encuentra una via fácil para su marcha, la escoja preferentemente á las construcciones no provistas de para-rayos, pero como no es un conductor suficiente para la electricidad á gran tension que en un momento determinado se acumula en la chimenea, se comprende con facilidad que puede originarse una explosion, y por consiguiente la destruccion mas ó

menos completa de ella. En apoyo de esto no hay mas que notar que por lo comun el paso de la electricidad, ó como se dice vulgarmente, la caída del rayo en una casa se verifica siempre en las chimeneas, aunque no ocupen el punto mas elevado de la misma.

La instalacion de los para-rayos debe hacerse al mismo tiempo que la construccion de la fábrica, fijándose la barra vertical en el capitel de la chimenea sobre un soporte compuesto de dos asas circulares, cuyos planos son verticales que se interceptan ó cortan á angulos rectos y cuyos extremos están empotrados en aquel como marca la figura 11; los conductores descienden por la arista exterior de la chimenea sostenidos con soportes empotrados en la misma; pero cuando se trate de colocar para-rayos en chimeneas construidas anteriormente, se hace preciso que los conductores pasen por el interior ó tubo de salida de humos, teniendo la precaucion, si estas además de los humos propios de la combustion del carbon arrojasen gases amoniacales ó vapores ácidos, de preservarlos si son de cobre por los procedimientos ya expuestos.

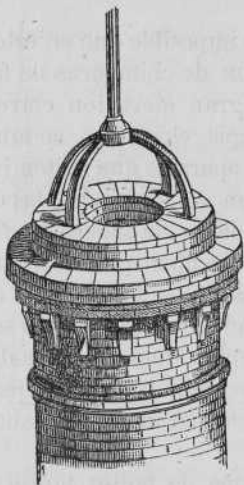


Figura 11.

*Polvorines.*—El mayor cuidado se requiere en el caso que se trate de establecer para-rayos en construcciones de este género, pues un descuido ú olvido por pequeño que parezca, puede proporcionar males sin cuento y de irreparable remedio; por esto deben llevarse hasta la exageracion todo género de precauciones.

Gay-Lussac indica un sistema que está en abierta contradicción con todas las reglas dadas por él sobre el asunto: propone suprimir las barras verticales dejando solo los conductores de cobre que envuelvan el edificio, para que caso de descárga, pase el flúido por ellos. Este sistema no es racional, porque no debemos olvidar que el aparato debe ser preventivo, cualidad que desaparece con la supresion de la punta ó puntas que terminan la barra vertical al desaparecer esta; aumentando por consiguiente el riesgo, por lo cual debe á todo trance desecharse.

Como medida de precaución, siempre que sea po-

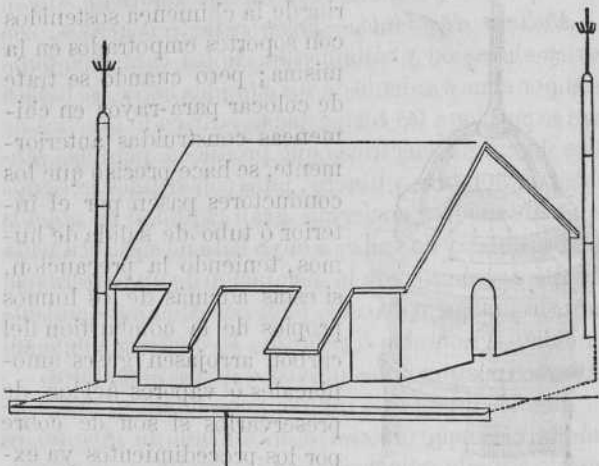


Figura 12.

sible, los para-rayos deben separarse del mismo edificio, estableciéndolos á uno ó dos metros de distancia de sus muros, colocando las flechas en mástiles ó perchas de madera (figura 12) de tal altura que sobresalgan ó dominen á la construcción, cuatro ó cinco metros y en número mucho mas crecido que el que seria suficiente en cualquiera otra circunstancia. Si el edificio



tuviera una altura tal que la colocacion de los mástiles se hiciera muy costosa ó imposible, y no hubiera mas remedio que establecer los para-rayos sobre la misma construccion, es preciso obtener una adherencia absoluta entre las diferentes partes, para evitar toda solucion de continuidad que pueda dar lugar á chispas, durante el paso del fluido, soldando cuidadosamente entre sí todas las juntas. El extremo del conductor y bastidor indicado en el capítulo v, deben á cualquier precio sumergirse en agua profunda y de gran superficie, aumentando las dimensiones dadas del mismo bastidor galvanizado y el número de ganchos ó puntas que guarnecen su cara inferior.

*Molinos de viento.*—Estos establecimientos, sea por su elevacion y aislamiento en los campos ó tambien por el movimiento de sus grandes aspas, se hallan mas expuestos á las tempestades, sufriendo muchos de ellos descargas eléctricas que producen pérdidas sensibles en hombres y dinero, pues contruidos generalmente de madera encierran gran cantidad de objetos combustibles y de valor, á cuyo lado no significa nada el coste necesario para la instalacion de un para-rayos, pero sin embargo de esto, bien por economía mal entendida, ignorancia ó pobreza, lo cierto es que á mi entender pocos son los provistos de tales aparatos.

Además de esto no influye poco tambien en tal estado la creencia errónea é infundada de que no es posible aquella colocacion en los molinos de viento, sobre todo en aquellos mas perfeccionados, que colocada sobre un eje vertical toda la construccion y provista de un mecanismo, gira con el viento presentando siempre las aspas á su accion, y por consiguiente el trabajo de molienda es mas continuo y no sufre esas intermitencias que constituyen el defecto principal de tal agente mecánico.

Indudablemente la instalacion del para-rayos tiene que salvar este movimiento horizontal, pues el extre-

mo del conductor que debe enterrarse en suelo húmedo, no puede seguir esos giros y es preciso por el contrario que esté fijo para que su contacto se lleve á efecto.

Desde luego la dificultad se resuelve ó por mejor decir se elude, colocando el para-rayos sobre una percha ó mástil de madera de suficiente altura análogamente á lo que se aconseja para los polvorines, y á una distancia tal que no pueda estorbar ni entorpecer el movimiento de orientacion del molino.

Pero sin necesidad de esto se puede resolver el problema, considerando que el giro se efectúa generalmente alrededor de un eje vertical provisto de un pivote de hierro introducido en un coginete del mismo metal, que puede servir desde luego para establecer la comunicacion eléctrica entre la parte superior ó cubierta donde se coloca la flecha y la inferior en contacto con el suelo ó depósito comun; á veces no existe eje vertical, pero en su lugar hay ruedas y piñones de hierro que transmiten el impulso de la fuerza que ha de hacer girar el molino, en este caso tambien el problema se resuelve de una manera análoga; pues esas piezas de hierro pueden utilizarse para formar la comunicacion eléctrica.

Otro medio que puede emplearse tambien consiste en impedir previamente que el molino dé mas de una vuelta entera alrededor de su eje, movimiento suficiente para tomar el viento cualquiera que sea su direccion, en tal concepto el para-rayos puede colocarse como en los demás edificios, sin otra precaucion que la de dar al conductor que debe ser cable metálico, juego suficiente para arrollarse y desarrollarse la pequeña longitud equivalente á aquella vuelta sin que llegue á tenderse por completo.

Estas consideraciones bastan á mi propósito de hacer ver que es posible y nada difícil la instalacion de los para-rayos sobre los molinos de viento, aun en

aquellos que tienen ese movimiento horizontal de orientacion, pues por lo que hace, respecto á los fijos no hay modificacion en las reglas generales.

*Navíos.*—En el mar las tempestades son por lo general mas terribles que en tierra y sus efectos gravísimos para los navíos, puesto que como en otro capítulo he dicho, los mástiles, velas y aparejos mojados por la lluvia forman un conductor que el flúido eléctrico escoge para su paso, produciendo los consiguientes destrozos y comprometiendo la vida de los marineros ocupados en la maniobra, y aun las de todo el equipaje.

Muchos métodos se siguen para establecer el sistema de para-rayos en los navíos, pero pocos nos parecen pueden dar la proteccion necesaria.

Generalmente son de quita y pon, colocándose en posicion á la proximidad de una tempestad, siendo un rudo marinero el encargado de establecer la comunicacion de la barra vertical implantada en el tope del palo mayor, con el conductor que es un cable de cobre, y esa comunicacion queda reducida á una anilla que tiene este y se adapta en un gancho fijo en el mástil; el extremo inferior arrollado y suspendido á la borda en tiempo sereno, se arroja al mar cuando se presume que ha de hacer falta, lo cual además de ser peligroso efectuarlo (habiéndose dado muchos casos de sufrir la descarga, el encargado de llevar á cabo la operacion) el contacto del conductor con el mar no se efectúa de una manera perfecta y continua, pues á ello se opone el balanceo del buque.

El almirante inglés lord William Napier, fué el primero que llamó la atencion del almirantazgo sobre la imperfeccion de los para-rayos usados en la marina, habiendo sido testigo de gravísimos accidentes originados por la falta de accion de aquellos, y presenciado en Port-Mahon una descarga sobre el buque que mandaba, que quitó la vida instantáneamente á quin-

ce de sus mejores marineros ocupados en la maniobra, sin que preservara lo mas mínimo el para-rayos de que iba provisto el palo mayor y que era de conductor movable.

Un físico inglés, Mr. Singer (1), afirma de acuerdo con el parecer de muchos capitanes de buques, que los conductores móviles de alambre de cobre se consideran generalmente de escasa accion y utilidad.

Otro físico inglés, M. Harris, ha imaginado un sistema seguido hoy universalmente en la marina de la Gran-Bretaña, y cuyo uso debe generalizarse en todos los demás estados de Europa y América, pues satisface plenamente á todas las condiciones de seguridad, sin entorpecer la maniobra ni las diferentes operaciones necesarias en la navegacion.

El método de M. Harris consiste en hacer de cada mástil un verdadero para-rayos, incrustando en ranuras hechas en ellos y en sentido de su longitud láminas gruesas de cobre, produciéndose así una superficie metálica continua desde el tope hasta la carlinga, donde se fija otra plancha de cobre y á ella se suelda el extremo de las anteriores que constituyen el conductor. Esta última placa de cobre se pone en comunicacion con el mar por medio de tres clavos ó roblones tambien de cobre que atraviesan la quilla. De esta suerte los conductores forman cuerpo con los mástiles, el navío entero desde los topes hasta el forro exterior, está en un estado perfecto de conductibilidad como si toda su masa fuera de metal, sin que intervenga para nada su tripulacion, ni se pueda entorpecer nunca la maniobra.

Una larga experiencia ha demostrado la utilidad y eficacia de este sistema, y desde 1842 en que el almirantazgo británico le adoptó definitivamente, quizás

(1) *Elements of Electricity* by G. J. Singer, ch. 1.º, p. 226.

no existe ejemplo de navío inglés que haya padecido gravemente por descarga eléctrica.

En los buques de grandes dimensiones deberá establecerse el sistema en el palo mayor y en el de mesana, y solo en el primero, si fuera de la marina mercante y no de gran porte, colocando la barra vertical que podrá tener 2 ó 3 decímetros de longitud, sujeta al tope ó extremo superior de los palos, estañando cuidadosamente la union de la placa de cobre ó conductor y aquella.

---

## CAPÍTULO VIII.

### Para-granizos.

Una de las grandes calamidades que las tempestades llevan consigo es el granizo, terrible azote, que como á Atila le acompaña la devastacion, ruina y pérdida de las cosechas y arbolados, risueña esperanza del labrador, y que en cortos instantes la ve perdida.

El granizo demuestra la física, que reconoce por causa el estado eléctrico de la nube y de aquí que se haya tratado de aplicar los mismos principios que constituyen los para-rayos para modificar y anular ese estado, valiéndose de las puntas metálicas como en los edificios, lo cual ha dado origen á los para-granizos.

Los para-granizos en su esencia y forma no son otra cosa que una série de para-rayos que se establecen en un campo con objeto de preservarle del granizo, colocando en perchas de madera de dimension variable, generalmente de seis ú ocho metros de alto, varillas terminadas en puntas en comunicacion con la tierra por medio de alambres de cobre y distantes entre sí una longitud doble de su altura.

Arago ya proponia como medio de evitar la formacion del granizo, elevar en los campos y en número crecido globos provistos de puntas metálicas y sujetos convenientemente con alambres de cobre. Inútil es decir que semejante idea no llegó al terreno de la

práctica, pues los gastos necesarios para la colocacion de la inmensa cantidad de globos que era indispensable, arredró á sus mas ardientes partidarios.

Los para-granizos en mi sentir están lejos de ofrecer toda la seguridad y eficacia que se les concede, y en este punto no se puede admitir como algunos que su bondad esté tan probada como la de los para-rayos, y tan solidarios de estos que ambos deban subsistir ó caer, pues son iguales los principios en que se fundan (1).

La accion del para-granizos, por lo que se refiere á la modificacion del estado eléctrico de la nube, no puede negarse, puesto que no son en último término mas que verdaderos para-rayos siquiera sean imperfectos, y en este punto es preciso confesar que su teoría y manera de funcionar es idéntica. Pero al para-granizo se le exige otro efecto, que es el principal; debe prevenir la caida del granizo, disipándole si está ya formado é impidiendo su formacion si no se ha verificado todavía. Esta segunda parte puede tal vez concedérsele demostrado como está en física que el granizo es un fenómeno eléctrico. ¿Pero disiparán tambien el granizo ya formado resolviéndole en lluvia ó nieve? Porque no hay que perder de vista que no siempre el granizo se forma sobre los mismos puntos donde cae, sino que por el contrario, la observacion nos demuestra diariamente las inmensas distancias que recorren las tempestades arrastradas por los vientos reinantes, cuyo rastro ó huella puede seguirse por la capa de granizo que dejan sembrada, en lo que momentos antes eran verdes y lozanos campos, y por consiguiente aunque se conceda que el para-granizo despoje á la nube de su electricidad y evite la formacion del granizo, mientras no se demuestre que al mismo tiempo resuelve en lluvia ó nieve al que esté ya for-

---

(1) John Murray. *A Treatise on atmospheric Electricity.*

mado, no podremos tener seguridad de la bondad y ventaja de su uso, porque al descargar la nube apresuraré la caída de aquel, la cual ya sabemos los efectos que produce.

Esto desgraciadamente ni la teoría ni la práctica lo prueban, y por el contrario el para-granizo va perdiendo poco á poco en el ánimo de los que le han empleado, por los desengaños que el labrador experimenta sobre los inútiles y cuantiosos gastos que tuvo necesidad de hacer para su instalacion.

En muchos puntos de Francia, si hemos de creer á Mr. Callaud, en los que era muy general el uso de esos aparatos van desapareciendo, pues los casos de asolacion de los campos se suceden á pesar de los para-granizos protectores, que por lo visto solo lo son de nombre.



---

## CAPÍTULO IX.

### Resúmen.— Presupuesto.

Para terminar el estudio del para-rayos, estableceremos las siguientes conclusiones, que se desprenden de lo que queda dicho:

1.<sup>a</sup> Las soluciones de continuidad que puedan ofrecer los conductores y demás partes constitutivas, deben evitarse con el mayor cuidado, pues su efecto se traduce en chispas eléctricas que, en casos especiales, producen inconvenientes cuyos resultados no se pueden alcanzar *à priori*, pero que siempre son de consideración, y por consiguiente de fatales consecuencias para las construcciones.

2.<sup>a</sup> El objeto principal de un para-rayos, es el de preservar el edificio en que esté situado, para lo cual preciso es que anule ó modifique la electricidad de la nube, de tal manera, que el temor de la descarga eléctrica se disipe, y aun en el caso posible, que á pesar de todo, aquella se produzca, el camino abierto al fluido sea suficientemente perfecto, para que en su paso no encuentre entorpecimiento alguno.

3.<sup>a</sup> El número de las flechas, su situación, elevación y multiplicidad de sus puntas, son circunstancias y accidentes que se deben aprovechar, para hacernos dueños de la electricidad en todos los casos que se presente en una nube tempestuosa. Mas vale, y mejor es, prescindir en absoluto de los para-rayos, que confiar en uno que no reúna todas las condiciones preci-

sas, y por consiguiente, no ofrezca la perfecta seguridad de su accion protectora.

4.<sup>a</sup> El extremo inferior de un para-rayos, ó sea la parte subterránea, debe presentar una superficie considerable, para facilitar el desprendimiento instantáneo del fluido eléctrico que pase por los conductores, y estos á su vez deben estar en relacion con la actividad de las flechas, es decir, que su grueso sea suficiente para el paso de la cantidad máxima de electricidad que se escapa por la punta ó puntas.

5.<sup>a</sup> Todo para-rayos necesariamente ha de formar en su conjunto un camino eléctrico completo, perfecto y homogéneo, ó lo que es lo mismo, ha de componerse de elementos cuyo coeficiente de conductibilidad eléctrica, multiplicado por la seccion de cada uno, sea constante para cada caso.

6.<sup>a</sup> Las flechas formadas solo de hierro, pueden fundirse, y así ha sucedido efectivamente algunas veces, pero hasta ahora no ha habido un solo hecho por el que se pueda concluir que las de cobre estén en análogas condiciones, por cuya razon, conveniente es proveerlas de este metal en su extremo superior.

7.<sup>a</sup> La innovacion de las puntas múltiples en cada flecha, es de excelentes resultados prácticos, y debe pensarse sériamente en ella, pues constituye una precaucion beneficosa por todos estilos, y absolutamente indispensable en especiales y determinados casos.

8.<sup>a</sup> Será muy conveniente, despues de cada tempestad, asesorarse del perfecto estado de conservacion de los para-rayos de cada edificio, inspeccionando minuciosamente sus diferentes partes por si hubieran sufrido algun deterioro, proceder á su recomposicion en el acto.

9.<sup>a</sup> Aunque la punta de un para-rayos haya sido embotada algun tanto por el rayo ú otra causa cualquiera, no hay que creer que el para-rayos sea ineficaz por este solo hecho. El doctor Rittenhouse refiere que

habiendo examinado detenidamente con un excelente telescopio de reflexion las puntas de muchos, colocados en las casas de Filadelfia, ha visto algunos que tenian aquel defecto, pero no se ha dado nunca el caso de que esos edificios hubiesen recibido descargas eléctricas despues de la fusion de sus puntas, lo cual, por otra parte, no hubiera dejado de suceder á la larga si se hubiera anulado la accion protectora de aquellos aparatos, porque se deduce de muchas y repetidas observaciones y experiencias, que la caida del rayo suele repetirse con frecuencia en el mismo sitio donde cayó primeramente. Pero á pesar de esto, si la fusion de la punta fuera muy considerable, lo mas prudente, para ponerse á cubierto de posteriores eventualidades, es reformarla sustituyéndola por otra flecha en buenas condiciones.

Tales son las prescripciones imprescindibles en la construccion y colocacion de los para-rayos; desgraciadamente he tenido ocasion de examinar algunos, dentro y fuera de Madrid, viniendo á confirmarme mas y mas, despues de dicho exámen, que en la práctica, bien por negligencia ó ignorancia, la mayor parte carecen de objeto, no respondiendo á las necesidades que deben satisfacer; por lo cual siempre debe encomendarse la operacion de colocar los para-rayos en los edificios á personas muy peritas que no comprometan vanamente el dinero del propietario, defraudando sus esperanzas.

Pasemos ahora á la cuestion económica de la instalacion del aparato, cuestion tan reducida en sí misma, que apenas aumenta el coste del pié cuadrado de construccion, y que por lo tanto, nunca puede ser causa que motive su no aceptacion. Los servicios que prestan son tales y de tanta magnitud, que nada supone su coste, relativamente á la mayor garantía de vida que la finca adquiere, garantía no despreciable, pues no me cansaré de repetirlo, el peligro, en caso

de tempestad es real, efectivo y de costosísimas consecuencias.

No es posible determinar de una manera precisa el gasto necesario para establecer un sistema de para-rayos, pues varía naturalmente en cada caso según el número de flechas, dimensiones de las mismas, extensión del edificio, altura, subsuelo, etc., etc., influyendo también en el coste las oscilaciones que experimentan los metales en el mercado por causas que no son de este lugar reseñar, y asimismo el sistema de andamiaje que para su colocación muchas veces se requiere, pero con el objeto de dar en general una idea aproximada que pueda servir en cada caso, bastará conocer que cada metro lineal de cable de alambres de hierro galvanizado de quince milímetros de diámetro, cuesta en Madrid 14 rs., cada soporte también de hierro 12, y que las puntas ó extremidades de cobre y platino de cada flecha, varían entre 106 y 120 reales, según sean, de cuarenta ó cincuenta centímetros de longitud (1).

La casa de D. Gabriel Ormachea, en esta córte, presenta tres modelos; el pequeño compuesto de flecha de dos á cuatro metros de longitud, punta de metal con la extremidad de platino, cable de alambre galvanizado de 0,015 milímetros de diámetro, cuesta 1,700 rs.; el modelo mediano, que se diferencia del anterior por la longitud de la flecha que es de cuatro á ocho metros de longitud, siendo iguales los demás accesorios, asciende su coste á 2,300 rs., y por último, el modelo grande, cuyo cable es de 0,020 milímetros y la longitud de la flecha de ocho á diez metros, 2,800 reales, no incluyéndose en estos precios el de colocación del para-rayos, que creemos debe hacerla siem-

---

(1) Estos precios son los corrientes en Madrid, según el catálogo del depósito de aparatos eléctricos de D. Ildefonso Sierra, calle del Lobo, núm. 8.

pre el propietario por su cuenta, mediante la inspeccion de una persona facultativa y perita en este asunto.

Se puede obtener un tipo medio general, bastante aproximado para las construcciones en cuya proteccion no se necesite mas que una flecha ó barra vertical, teniendo en cuenta, que el para-rayos colocado en el Escorial en el palacio del señor Aróstegui, provisto de una sola punta, con una longitud de cable conductor de veinte metros y cuatro soportes de sustentacion, solo ha costado 1,384 rs., incluyendo los viajes efectuados á aquel punto para su colocacion.

---



---

## APÉNDICE.



Por las consideraciones expuestas en este folleto, se viene á deducir que no es posible tener completa y absoluta confianza en la eficacia de cualquier para-rayos, no siéndonos fácil conocer *con seguridad*, si un aparato al parecer en buenas condiciones, funciona ó se ha convertido en constante peligro para el edificio.

Claro está que si la construccion é instalacion del para-rayos se ha efectuado con todas las reglas que quedan indicadas y que en la práctica no deben descuidarse, se podrá tener ciega confianza en la accion real y efectiva del mismo en el primer momento y durante cierto tiempo despues, pero como no debemos perder de vista la multitud de causas que constantemente actúan sobre las diferentes partes que le componen y los deterioros que son consiguiente á ellas, no deberemos extrañarnos que aquella accion benéfica falte, sobre todo, si se abandona la buena conservacion del para-rayos, por falta de vigilancia sobre sus diferentes partes, y de aquí que se haya tratado de inventar medios que indiquen en cada momento las buenas ó malas condiciones de accion de un sistema cualquiera.

Algunos aparatos mas ó menos complicados se han propuesto con aquel fin, pero ninguno hasta ahora

reunia en mi sentir condiciones suficientemente prácticas para su generalizacion; un aparato de esta índole, en efecto, para hacerse verdaderamente manuable y de uso comun, debe reunir á la sencillez de mecanismo y completa sensibilidad, la posibilidad de dar indicaciones constantes y permanentes, puesto que no es posible se ejerza en cada instante una observacion detenida, revelando automáticamente el menor accidente que todo el sistema de un para-rayos haya experimentado, y por último, debe ser de fácil manejo aun para las personas mas rudas y torpes.

Todas estas condiciones se encuentran reunidas en el aparato, invencion de un ilustrado ingeniero ya citado en este folleto, Mr. R. Francisque-Michel, y cuya descripcion vamos á hacer, siendo de desear su estudio y la generalizacion de su uso, pues seria indudablemente como el complemento de todo para-rayos en accion.

Para resolver el problema, se ha valido dicho señor de la electricidad dinámica ó á débil tension, juzgando prudentemente que si esta podia ganar el depósito comun, con mayor razon sucederá lo propio para la atmosférica, cuya tension es relativamente muy considerable.

Esta electricidad la engendra valiéndose de una pila de dos elementos, y en vez de hacerla pasar de una manera contínua á la tierra por los para-rayos, lo que agotaria la pila y ocasionaria gastos inútiles, la establece funcionando de una manera automática y á intervalos perfectamente determinados, de hora en hora por ejemplo, y solo durante algunos segundos; en estas condiciones, hubiera sido suficiente una simple brújula galvanométrica intercalada en el circuito, para conocer y apreciar el estado de cualquier para-rayos por comparacion, pero teniendo en cuenta que en tal concepto, el aparato exigiria una sostenida y hasta científica observacion de las personas que



habitasen el edificio, lo cual podría inspirar poca confianza, puesto que su fundamento consistía en la vigilancia humana, que muchas veces podía faltar, ha desechado el galvanómetro, reemplazándole por una campanilla de las llamadas eléctricas, pero provista de un escape que la permita continuar en vibración en caso de accidente, hasta que se acuda á detenerla.

De esta suerte la campanilla puede situarse en cualquier punto del edificio y á la distancia que se quiera del para-rayos, pero con preferencia debe colocarse donde constantemente haya una persona estacionada, como portería de una casa particular ó ministerio, cuerpo de guardia, si es un cuartel, etc. etc.

Sea, pues, un sistema de dos para-rayos  $P P$  en comunicacion con la tierra  $T$  por medio de los conductores  $p p$  (figura 13), y sea  $B$  una pila de dos elementos de corriente constante (la cual puede ser una de las de peróxido de manganeso, que son las mas duraderas y económicas), y  $C$  un interruptor automático que consiste en un reloj de cuadro, bien sea de pesas ó de muelle espiral, puesta en comunicacion su masa metálica con el polo negativo de la pila  $B$  (1). Sobre el horario, y encima del punto que marca las doce, existe un pequeño resorte ó laminita de platino  $r$  que un hilo de cobre hace comunicar con el para-rayos  $P$ . Siempre que la aguja de los minutos  $a$ , que es de cobre y punta de platino, pasa por delante de las doce, es decir, todas las horas toca á la laminita  $r$  que comunica con la barra del para-rayos y por consiguiente con la tierra. Si este se halla en buen estado, la corriente originada por la pila  $B$  no tendrá resis-

---

(1) El polo positivo se pone en comunicacion con la tierra, utilizando las cañerías de gas y agua. No es indiferente emplear para esto uno ú otro polo, porque la accion electro-química que se ejerce, podría entorpecer el aparato, si se invirtiera la comunicacion.

tencia alguna á su paso, desde el interruptor crono-

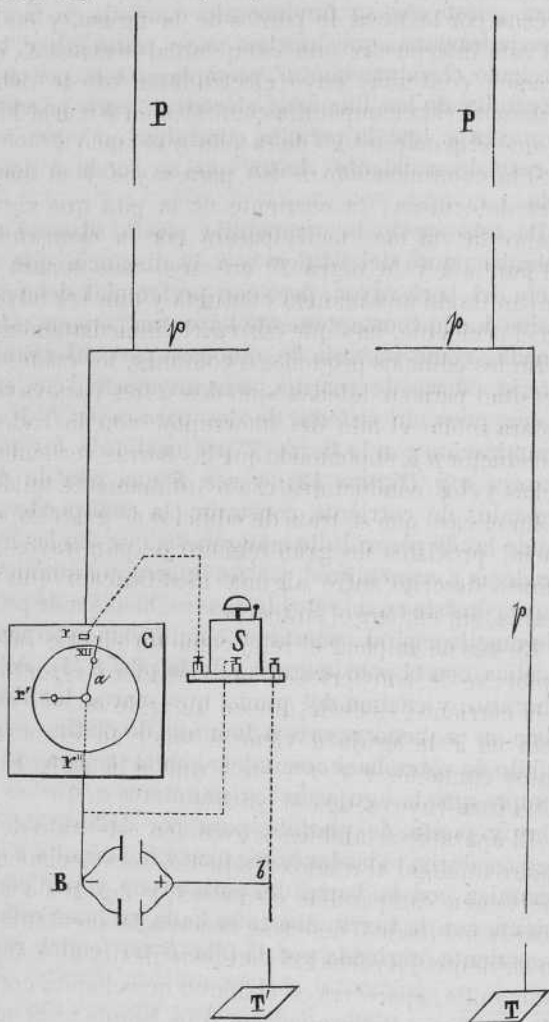


Figura 13.

métrico hasta el suelo, cerrándose el circuito por los para-rayos, el conductor  $P P p p$  y la tierra  $T$ .

Paralelamente á este circuito hay una derivacion marcada por la línea de puntos de la figura, y en la cual está interpuesta una campanilla eléctrica  $S$ , de vibracion continua, cuyo electro-iman ofrece débil resistencia; esta campanilla comunica en  $b$  con el hilo que une el polo positivo de la pila y el suelo  $T''$

Si la comunicacion de los para-rayos y el suelo fuera defectuosa, la corriente de la pila que sigue siempre la via mas fácil, pasará por la campanilla  $S$  el punto  $b$  y la tierra  $T''$  en cuyo caso sonará la campanilla de una manera continua y una vez advertido el accidente, hay que corregirlo inmediatamente.

En los edificios pequeños ó comunes, los cuales no necesitan para su defensa sino dos ó tres para-rayos, bastará soldar el hilo del interruptor con la cadena ó conductor  $pp$ , suponiendo que las barras verticales ó flechas y los conductores estén íntimamente unidos.

En el caso que se trate de edificios de gran importancia, provistos de gran número de para-rayos, el aparato descrito sufre alguna modificacion que no cambia, sin embargo, su teoría.


En vez de emplear el reloj como un simple *interruptor*, se le convierte en un verdadero *repartidor* de la corriente, es decir, que en lugar de un solo contacto en  $r$  la aguja  $a$  viene á tener en su marcha tantos contactos  $r$   $r'$   $r''$ , etc., unidos á cada barra como para-rayos tenga el edificio.

El aparato va tambien provisto en este caso de un cuadro análogo al usado en aquellos establecimientos que tienen campanillas eléctricas, y destinado á indicar la habitacion donde se necesita la presencia de un sirviente ú ordenanza; de este modo, al sonar la campanilla, aparecerá en el marco una chapita con un número ú otra indicacion, que á la simple vista marcará cuál de los para-rayos es el defectuoso.

El hilo de cobre que pone en comunicacion el aparato con los para-rayos, tendrá solo un grueso de

veinte milímetros, para que no produzca mal aspecto por el pequeño trayecto que recorra exteriormente al edificio, cubriéndole si se quiere con gutta-percha, caoutchouc ú otra sustancia análoga.

Vemos, pues, que la invencion es tan sencilla como eficaz; su comodidad es grande, puesto que no exige observaciones rigurosas ni continuas, solo sí el cuidado de la pila, que tambien puede utilizarse para las campanillas eléctricas del edificio, si estuviera provisto de ellas. La marcha del aparato es independiente de la constancia é intensidad de la pila; basta que engendre una corriente grande ó pequeña para tener seguridad de sus indicaciones que indudablemente pueden ser de mucha utilidad.



# ÍNDICE.

|   | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Introduccion.....   | V           |
| CAPÍTULO PRIMERO.—Reseña histórica.....   | 9           |
| CAPÍTULO II.—Objeto del para-rayos.—Partes que le<br>constituyen.—Su teoría y utilidad..... | 15          |
| CAPÍTULO III.—Barra vertical ó flecha.—Puntas múl-<br>tiples.—Dimensiones.....              | 22          |
| CAPÍTULO IV.—Conductor.—Apoyos ó soportes.—Com-<br>pensador.—Cables metálicos.....          | 29          |
| CAPÍTULO V.—Parte subterránea del conductor.—Ex-<br>tremidad del mismo.....                 | 38          |
| CAPÍTULO VI.—Emplazamiento del para-rayos.—Deta-<br>lles de construccion y colocacion.....  | 43          |
| CAPÍTULO VII.—Para-rayos en construcciones espe-<br>ciales.....                             | 52          |
| CAPÍTULO VIII.—Para-granizos.....   | 62          |
| CAPÍTULO IX.—Resúmen.—Presupuesto.....  | 65          |
| Apéndice.....   | 71          |





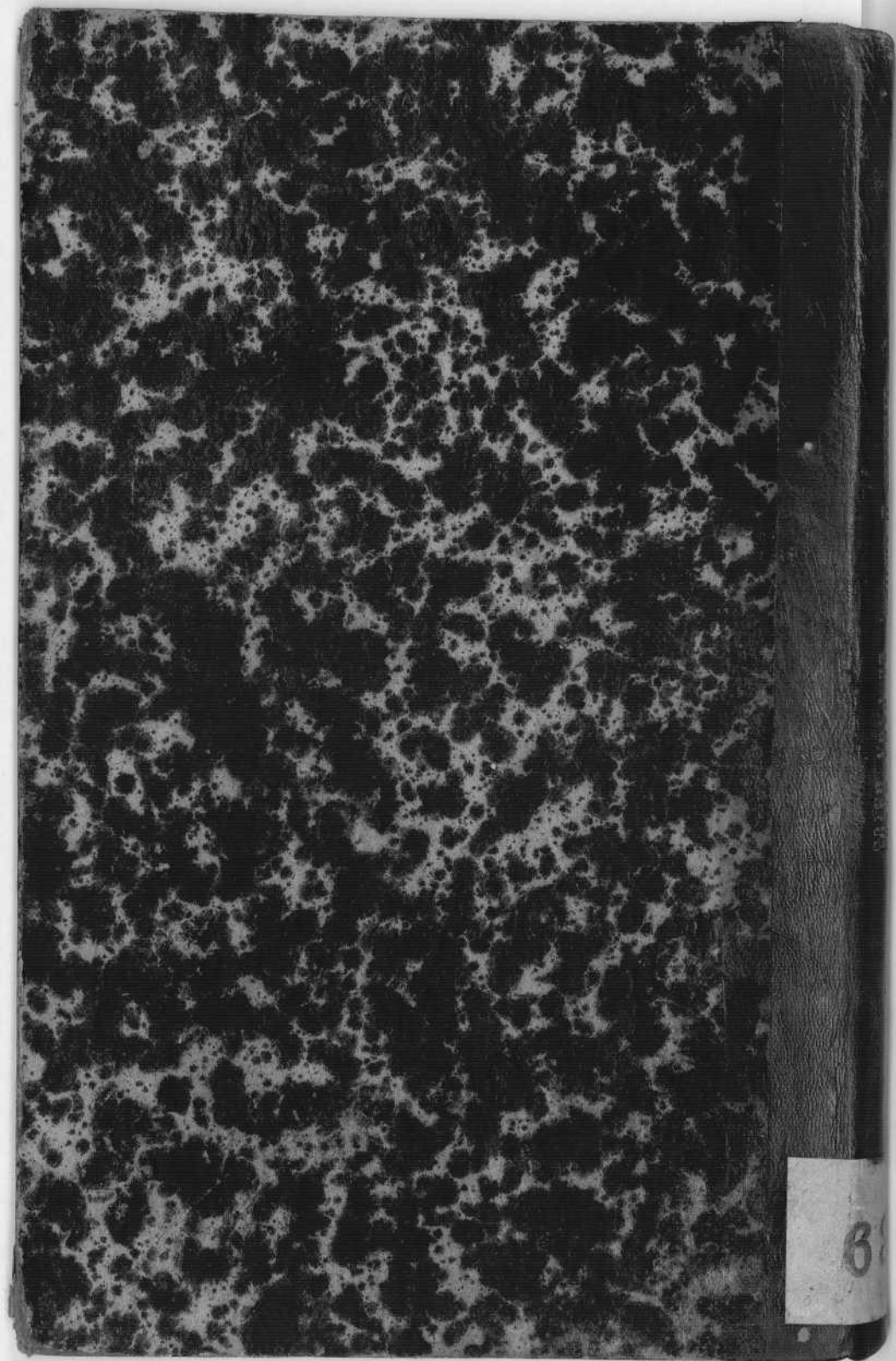












6

RECORDS OF THE  
MAYOR AND  
CITY OF  
NEW YORK