

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

MEMORIA DE LA COMISIÓN DE ESTUDIOS SOBRE PARARRAYOS, DE LONDRES

Desde que se publicó, hace ya bastantes años, la Memoria de la *Lightning Rod Conference* (Conferencia sobre pararrayos), los conocimientos sobre esta materia han aumentado considerablemente, y el efecto de la autoinducción, que entonces era completamente ignorado, ha sido tenido en cuenta y estudiado. Las principales diferencias entre lo que se recomienda hoy día y lo que entonces se consideraba como suficiente, dependen del reconocimiento de la influencia de la autoinducción ó inercia eléctrica. Entonces se trataba la electricidad como si no tuviera inercia, y como si sólo fuera necesario conducirla desde las nubes á la tierra lo más rápida y fácilmente posible por el camino más corto. Se suponía que tomaría siempre el camino más corto y que éste protegería á los demás. La atención sólo se fijó en la cantidad de electricidad que debía ser conducida á fuera, y nada más.

Ahora, no obstante, se ha visto que no se debe atender tanto á la cantidad de electricidad como á la energía eléctrica; que esta energía eléctrica está almacenada entre las nubes y la tierra en cantidad peligrosa, y que nuestro objeto es hacerla desaparecer, no de un modo brusco, sino lo más despacio que sea posible. Una desaparición repentina de energía es siempre violenta. El algodón pólvora tiene almacenada una gran cantidad de energía potencial; si se la disipa repentinamente por medio de una percusión, se produce una explosión violenta; pero si se la disipa gradualmente, por medio de una llama, la energía desaparece sin causar daños, consumida por el fuego. Una placa de blindaje puede detener bruscamente una bala de cañón, pero un montón de arena ó de tierra suelta lo hace con más seguridad y más gradualmente.

Esto es exactamente lo que pasa con la energía almacenada debajo de una nube electrizada, ó entre dos nubes. Si el cable conductor de un pararrayos, de perfecta conductibilidad, recibe una descarga eléctrica, distribuiría la energía de una manera demasiado rápida y repentina, y el resultado sería equivalente á una explosión; en cambio, un conductor que presentara una resistencia algo mayor, tal como un cable de alambre de hierro, se desprendería más despacio de la energía y, por tanto, de un modo más seguro y más tranquilo.

La descarga en algún caso, sin embargo, pudiera ser más violenta; y, como un torrente, en vez de seguir el camino más fácil que se la proporciona, saltar á través de obstáculos tomando caminos completamente inesperados. De aquí que no pueda decirse que un camino protege á los otros, y el único modo de proteger por completo un edificio de una manera absoluta sería

encerrarlo enteramente en metal. Sin embargo, una jaula ó armazón, invisibles, de alambre de hierro, descendiendo verticalmente por las partes salientes del edificio, con la utilización de parte del metal empleado en la construcción, son suficientes para las necesidades de la práctica, á menos que se trate de un almacén de pólvora.

El efecto de las *puntas*, y también de la lluvia, de disipar gradualmente la carga y contribuir de este modo á la seguridad, es conocido hace mucho tiempo; pero lo que no es tan conocido es que hay casos en que las puntas son completamente ineficaces; á saber, cuando la energía está almacenada entre nube y nube, en vez de estar entre la nube y la tierra, y cuando la descarga inicial tiene lugar entre una y otra nube; entonces es fácil que la nube inferior descargue repentinamente sobre la tierra, á través de una región en la que no habría preparación previa, y en la que, tanto las puntas, como la lluvia, ó cualquier otra forma de descarga lenta, hubieran entrado completamente inactivas. Entonces puede ocurrir una violenta descarga, aun en la punta más aguda; y una columna de aire caliente, tal como la que se eleva por una chimenea, es todavía preferida como conductor. Estos son los rayos contra los cuales no dan protección alguna ni las puntas, ni la lluvia, y los que causan mayor daño en los edificios protegidos. Pero debe entenderse que cuando ocurre una descarga á través de un edificio, lo que menos importa es el género de la descarga—ambas pueden ser igualmente repentinas y volentas—, pero si el edificio está protegido con puntas, la del primer género, ó sea la preparada por las puntas, no es probable que ocurra, salvo en casos excepcionales: el peligro está entonces en las descargas repentinas.

Estos son, pues, los puntos de novedad:

1.º La posible ocurrencia de una descarga completamente desprevenida y repentina, como consecuencia de otra descarga iniciada en otra parte; llamaremos chispa *B* la ocurrida como resultado secundario de otra chispa *A*.

2.º El efecto de la inercia eléctrica, al producir la descarga es una violenta oscilación, muy parecida á una explosión, transmitiéndose en todas direcciones á la vez, sin seguir el camino que le ha sido preparado.

La Comisión procuró estudiar el mayor número de casos de accidentes ocurridos en edificios que se creía antes que estaban suficientemente protegidos, ordenándolos debidamente y anotando cuidadosamente todas las observaciones que pudieran ser de utilidad, siendo éste el objeto de la presente Memoria.

Procedimiento empleado por la Comisión.

Desde la publicación, por la Conferencia sobre pararrayos de 1882, del Código de reglas para la instalación de pararrayos, el

cual se basaba en los resultados de una detenida investigación, prolongada durante tres ó cuatro años, no se ha recogido ningún dato oficial acerca de los desastres ocurridos en edificios alcanzados por el rayo. Las medidas de precaución recomendadas por la Conferencia se adoptaron de un modo general en el país; pero nadie se preocupó de comprobar su eficacia en los casos de accidente. Sin embargo, ocurrieron numerosos casos de accidentes serios en edificios que se suponían bien protegidos. Comentando el desastre ocurrido en las factorías de la *Nobel Explosives Company*, en Krummel y Hamm, Alemania, decía el Inspector de explosivos que «estos accidentes habían contribuido mucho á afirmar el sentimiento de desconfianza acerca de la eficacia de los pararrayos erigidos de acuerdo con las condiciones propuestas por la Conferencia sobre pararrayos de 1832, y esto fué confirmado más adelante y en mayor escala por los interesantes é instructivos experimentos de laboratorio realizados por el Dr. Oliver Lodge».

Las dificultades con que se tropieza para obtener informaciones exactas é inteligentes acerca de los efectos producidos en los edificios por las chispas eléctricas, fueron referidas por Mr. Killingworth Hedges en una Memoria sobre «la protección de los edificios públicos contra las descargas eléctricas», leída ante el Real Instituto de Arquitectos británicos en Abril de 1910. Últimamente, á instancias de Mr. Hedges, se formó la Comisión de estudios sobre pararrayos, con objeto de obtener informes fidedignos acerca de los desastres causados en los edificios por los rayos, investigar las causas del mal funcionamiento de los pararrayos y conductores que los protegían y proponer los medios de mejorarlos.

La primera reunión de la Comisión tuvo lugar el 22 de Enero de 1901, en la que, entre otros acuerdos, se invitó para formar parte de la Comisión, siendo aceptada la invitación por los interesados, á los siguientes señores: Sir Oliver Lodge, Director de la Universidad de Birmingham; el Mayor general E. R. Festing, Director del Museo de Ciencias de South Kensington; Mr. J. Gavey, Ingeniero Jefe de la oficina general de Correos; Mr. W. N. Shaw, designado por la Real Sociedad Meteorológica, y M. W. T. Goulding.

Mr. Hillingworth Hedges fué nombrado Secretario honorario de la Comisión y Mr. G. Northover Secretario efectivo.

Los fondos necesarios para llevar á cabo los trabajos de la Comisión se distribuyeron en la siguiente forma:

Royal Institute of British Architects y la *Surveyors' Institution* dieron 25 libras anuales respectivamente durante tres años.

De la subvención del Gobierno para investigaciones científicas (administrada por el Comité de la *Royal Society*) la cantidad de 20 libras.

La *Royal Meteorological Society*, la cantidad de 5 libras y 5 chelines.

Con el fin de obtener con la mayor exactitud posible los informes deseados, y para evitar á los observadores la molestia de proporcionar detalles que no tuviesen verdadera utilidad para el objeto de la información, así como también para poder ordenar convenientemente después los hechos referidos, se dirigieron las siguientes preguntas, impresas en una de las caras de una hoja de papel de escribir, y en la opuesta sólo se pusieron los números de orden, dejando espacios en blanco para las contestaciones:

1. Nombre del edificio dañado y objeto á que se destinaba. (Una fotografía del mismo tomada después del accidente sería de utilidad.)
2. Fecha y hora de la ocurrencia, nombre del lugar y del condado.
3. Descripción y situación del edificio, y altura sobre el nivel del mar. (Dar detalles sobre su posición con respecto á otros edificios y árboles altos y su proximidad á algunos pozos.)
4. ¿Llovió cuando ocurrió la descarga? En caso contrario, si llovió antes ó después de la descarga, y con qué intervalo de tiempo.
5. ¿Tenía pararrayos el edificio? Si es así, indicar su número, posición, altura sobre el tejado, material (barras y grapas), forma, área de la sección, como terminaba en la punta y en la base, condiciones de los

extremos después de la chispa; por ejemplo, si quedaron fundidos ó embotados.

6. El conductor ¿era continuo? Describir la conexión con la tierra. ¿Cuándo fué la última vez que se examinó y se probó el conductor? El edificio ¿sufrió alguna descarga anteriormente?

7. Naturaleza del suelo.

8. Describir con todo detalle el efecto sobre el edificio; si se incendió alguna parte del mismo; si sufrieron también algún desperfecto las partes metálicas, tales como las campanillas, los canalones y tubos de bajada de las aguas, timbres eléctricos ó teléfonos, etc., etc.

9. Indicar la distancia (vertical ú horizontal) de la parte del edificio afectada por la descarga al punto más próximo al conductor. (Si las piedras, ladrillos, etc., fueron desplazados y á qué distancia.)

10. Describir los materiales del tejado, y posición de los canalones y tubos de bajada de agua. ¿Estaba el conductor en contacto con algún otro metal?

11. ¿Había algún copete de metal, veletas, remates ó astas de bandera? En caso afirmativo, indicar su distancia y altura sobre el conductor.

12. Si el conductor recibió la chispa, indicar si pueden remitirse las partes deterioradas para su examen.

Todas estas preguntas fueron remitidas en una sola vez á los observadores, á fin de que pudieran aprovechar la primera oportunidad que se presentara para tenerlas en cuenta.

Se remitieron 5.000 ejemplares á las personas competentes para prestar su ayuda á esta información. Se publicó también en la prensa la existencia de esta Comisión y el fin y objeto que se proponía.

Contestaron inmediatamente al llamamiento de la Comisión, ofreciéndose como observadores, 225 personas, repartidas entre los diversos condados del Reino Unido.

Por mediación del Secretario de la Institución de Ingenieros electricistas, se enviaron más de 100 ejemplares del Cuestionario antes citado, á individuos de dicha Institución residentes en las colonias, en la India y en países extranjeros, quienes enviaron datos muy interesantes.

Debido á la influencia de Mr. Gavey, C. B., Ingeniero y Jefe de la oficina general de Correos, varios Ingenieros de distrito se alistaron como observadores. La Comisión desea hacer público su especial agradecimiento á estos observadores por sus admirables informaciones de ocurrencias, que la sirvieron de mucho en sus investigaciones.

El Ministerio de la Guerra, el de Gobernación, la Corporación del Trinity House y el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, significaron también á la Comisión su propósito de facilitarla todos los datos relativos á los efectos y daños causados por los rayos en los edificios pertenecientes á sus respectivos departamentos.

Las fuertes tormentas ocurridas en el año 1901 fueron fecundas en casos para los estudios de la Comisión. Se recibieron detalles y noticias de más de 60 edificios que sufrieron descargas eléctricas, de los cuales, 14 estaban provistos de pararrayos de diversas formas.

Después del examen de las noticias recibidas durante el primer año, la Comisión observó que había el peligro de recibir una cantidad excesiva de material, lo que recargaría demasiado el trabajo. Se vió que sería mejor obtener un número más reducido de noticias de casos importantes, que no multiplicar las observaciones con gran número de casos que fuesen de poca utilidad para el fin propuesto. Por lo tanto, decidieron para lo sucesivo limitar sus investigaciones únicamente á los edificios protegidos.

En vista del hecho observado de que la presencia del metal en un edificio constituía una de las principales dificultades para disponer su protección, la Comisión deseaba especialmente obtener los informes más exactos acerca de la posición de las partes metálicas de los edificios. Sus requerimientos sobre este punto se condensaron en una Memoria redactada para la Comisión por Sir Oliver Lodge y remitida impresa á los observadores. Los puntos adicionales que los observadores debían tener en cuenta en sus relatos eran los siguientes:

1.—Algunos signos ó indicaciones acerca del primer punto alcanzado por la chispa, y una descripción del daño sufrido.

2.—Una descripción y dibujos de la armazón [metálica del edificio, fijando especialmente la atención en las partes metálicas que se encuentren en las proximidades del conductor, ya sean los canalones del tejado, cubierta de plomo, tubos de bajada de aguas, ventiladores, alambres del teléfono, alambres de timbres, tubos de gas, barandillas, adornos metálicos, etc., etc., determinando cuidadosamente si algunas de ellas estuvieron de intento ó accidentalmente en conexión con el cable conductor del pararrayos, y, en caso contrario, la menor distancia á que estaban de éste.

En el dibujo todas las partes metálicas deberán representarse con tinta encarnada, de cualquier clase de metal que sean; el camino hipotético del rayo, tal como le parezca más probable al observador, deberá representarlo con tinta azul, recordando que la bifurcación no es improbable. Los sitios deteriorados pueden indicarse con líneas azules de mayor grueso sobre el camino seguido por la chispa, puesto que las dimensiones del citado camino sólo dan una idea muy vaga de los destrozos relativos, debiendo emplearse una flecha cuando sea necesario llamar la atención sobre algún pequeño camino que haya podido observarse. Los caminos diversos pueden estar numerados é indicarse en la descripción la naturaleza de los daños en cada sitio. Si en alguna parte se produce un fuego, debe señalarse especialmente.

3.—La naturaleza y condiciones del conductor, especialmente en lo que se refiere á su continuidad, su tierra y su elevación; también, como está fijado, su longitud en sentido horizontal comparada con su altura vertical desde su extremo sobre la tierra; también debe anotarse si presenta curvas cerradas ó rizados redondeados proyectados sobre el edificio, ó si toma un camino indirecto. En los casos en que ha habido daños, es muy importante indicar si había uno ó varios conductores.

Cuando se trate de los campanarios de las iglesias debe fijarse atención especial en la forma de la veleta, debiendo indicarse el modo como termina su varilla metálica.

En el caso de las chimeneas, si existe una camisa interior metálica, debe expresarse cuidadosamente. Asimismo debe anotarse si la chispa siguió la columna de aire caliente con preferencia al conductor. También si el conductor estaba torcido ó encorvado sobre la boca de la chimenea ó no.

En algún caso de importancia, la tierra del conductor debe ser examinada especialmente, debiendo darse detalles completos de la naturaleza del suelo, de las ramificaciones de metal que pudiera haber, así como también del estado de humedad en las proximidades del conductor.

Deben expresarse los vestigios y señales que existan de que la descarga ha penetrado en la tierra; y si el conductor se ha deteriorado en algún punto ó ha sido afectado de alguna manera, debe también indicarse, y cuando se crea conveniente, debe remitirse un trozo de la parte deteriorada. Asimismo debe también expresarse si el conductor ha sido examinado ó aprobado recientemente.

La Comisión, teniendo en cuenta la gran frecuencia y violencia de las tempestades en el Continente, en comparación con las de las islas Británicas, y la mayor experiencia en el extranjero de los efectos de los rayos en los edificios, ha considerado prudente que ellos mismos informen acerca de los sistemas de protección generalmente adoptados en varias partes de Europa. Con este objeto se puso en correspondencia con personas competentes del extranjero, habiendo sido favorecida con detalles de los métodos aconsejados y adoptados para la seguridad de los edificios en Francia, Holanda, Alemania y Austria Hungría. Estas comunicaciones fueron traducidas, y lo más importante de ellas se publica íntegro ó extractado en el Apéndice B, que aparece más adelante. Relacionado con esto, la Comisión desea hacer público su agradecimiento al distinguido sabio que dirige la Real Universidad Politécnica de Buda-Pesth, por cuya mediación obtuvo

interesantísimas notas del profesor von Hoor's, en las que se detallaban las precauciones que se emplean actualmente en Hungría contra las descargas eléctricas; los métodos seguidos en su instalación, y su eficacia demostrada por la experiencia (véase el Apéndice B). La Memoria del doctor van Gulik's sobre la protección de edificios contra los rayos, publicada por la Academia de Ciencias de Holanda, ha sido también extractada (Apéndice B).

«Durante los tres años de 1911-1914 en que la Comisión recogió todas las noticias publicadas por los periódicos respecto de los casos de edificios que sufrieron descargas eléctricas en la Gran Bretaña, el número de estos pasó de 500. En junto, la Comisión había tenido ya antes detalles por sus observadores de los daños causados, en 115 casos. Setenta y cinco casos se referían á edificios que no tenían protección de ningún género. Los cuarenta restantes ocurrieron en edificios que se consideraban suficientemente protegidos por su instalación de pararrayos. Aunque se tomó debida cuenta de las lecciones de la experiencia sobre las descargas ocurridas en los edificios no protegidos, la Comisión consideró innecesario para los fines de esta Memoria entrar en detalles sobre estos casos. Se hizo una selección de los casos ocurridos en edificios protegidos, cuyos relatos fueron extractados por la Comisión en forma tabular en Apéndice A, con observaciones en algunos casos acerca de las condiciones en que la Comisión estima que contribuyeron al accidente los medios de protección establecidos. No se acompaña al citado apéndice por su gran extensión, que creemos no corresponde á su interés, para los efectos que nos proponemos con este artículo, cuyo fin es dar á conocer las reglas que hoy se siguen en el extranjero para la instalación de pararrayos.»

Observaciones y consideraciones.

Sir Oliver Lodge señaló la existencia de dos clases de descargas eléctricas, las que, como ya se indicó al principio de esta Memoria, distinguiremos bajo el nombre de descargas A y descargas B respectivamente. La descarga A es de tipo sencillo, que se produce cuando una nube cargada de electricidad se aproxima á la superficie terrestre, sin la intervención de ninguna nube intermedia, y bajo estas condiciones un pararrayos ordinario actúa de dos maneras: primero, por descarga silenciosa; y segundo, por la absorción de la energía de una descarga violenta. En el segundo tipo B, donde interviene otra nube entre la nube que trae la primera carga eléctrica y la tierra, las dos nubes forman prácticamente un condensador; y cuando tiene lugar una descarga entre estas dos nubes, la carga que queda libre en la parte inmediata á la tierra de la nube inferior, produce una violenta descarga entre esta última y la tierra que toma un camino errático *sin que ningún género de pararrayos de los usados hasta ahora sea suficiente para proteger el edificio en que está colocado.*

En 23 de Mayo de 1904 Sir Oliver Lodge dió una interesante conferencia sobre la acción de las descargas A y B respectivamente, ante los miembros de la Comisión y algunas otras personas, interesadas en estas investigaciones. Una delgada hoja de metal colocada sobre apoyos malos conductores representaba la nube, la que se cargó á discreción con una botella de Leyden. La «nube» se dispuso de modo que un modelo de pararrayos pudiera aproximar sus puntas á la cara inferior de la misma, deslizando sobre la mesa. Con el modelo de pararrayos se experimentaron conductores de cobre, hierro y cuerda mojada. La descarga sobre el conductor de cobre resultó ser la mas fuerte y mas intensa de las tres. El hierro recibió la descarga con menos violencia y la cuerda mojada la con alguna dificultad; con todo, cuando la descarga pasó á través de ésta, los otros, aparentemente mejores conductores, no fueron afectados. Estos experimentos tendían á demostrar que el hierro es, en muchas ocasiones un material muy útil para las barras y conductores de pa-

pararrayos, puesto que la energía efectiva de las descargas eléctricas se disipa rápidamente en el hierro. Este metal, no obstante, presenta el inconveniente de oxidarse con mucha facilidad, por cuya causa se recomienda el empleo del cobre, con material para las barras y conductores en lugares relativamente inaccesibles, aunque el hierro es preferible eléctricamente.

Las descripciones que acerca de la práctica reciente en el extranjero figuran en el Apéndice B, justifican las siguientes observaciones generales.

Es probable que, con muy pocas excepciones, los edificios de este país (Gran Bretaña) no estén en realidad eficazmente protegidos contra los efectos de las descargas B, aunque en muchos casos puede decirse que los pararrayos han cumplido, al menos parcialmente, su misión, soportando la parte más violenta de la descarga y que sin ellos hubieran sido mucho mayores los daños ocasionados en gran parte de los casos referidos.

Algunas de estas observaciones arrojan bastante luz acerca de los efectos debidos al carácter oscilatorio de las descargas eléctricas. Por ejemplo, una descarga tiene lugar sobre un pararrayos que puede estar en contacto, ó muy próximo, á la parte metálica de la armadura de un tejado. Se producen fuertes oscilaciones eléctricas en los últimos conductores, pudiendo engendrarse una peligrosa diferencia de potencial eléctrico entre los distantes extremos de dichos conductores. Si estos puntos están bien enlazados con tierra, el potencial eléctrico se descarga sin causar daños. Sin este camino seguro la descarga puede penetrar á través del tejado y seguir por los conductores internos. Algunos casos en que parece que ha habido dos descargas simultáneas, pueden ser debidos á las oscilaciones de una sola descarga.

En algunos casos los daños causados á un edificio por una descarga A, no son necesariamente ocasionados por la primera descarga. Puede ocurrir una descarga lateral, que aunque generalmente causa daños menores, á veces pueden ser de bastante consideración.

Muchos de los relatos de los destrozos sufridos por edificios no protegidos, demuestran que la descarga tomó un camino formado por cables, tubos metálicos ú otros conductores y que los destrozos en la construcción tuvieron precisamente lugar en las interrupciones en la continuidad de dichos conductores.

Puede admitirse que un pararrayos del tipo ordinario, si está bien instalado, proporciona un área indefinida de protección contra las descargas A; pero no puede decirse que tenga ninguna área protectora contra las descargas B.

La protección absoluta y completa de un edificio podría únicamente asegurarse encerrándole en un sistema de alumbrado, algo así á manera de una jaula. Este sistema debe enlazarse bien con tierra en varios puntos; como en casi todos los edificios existen tubos de gas, de agua y de otros conductores metálicos unidos con tierra, conviene también enlazarlos con el sistema de alumbrado. En las edificaciones destinadas á la fabricación ó almacenaje de pólvora ó cualquier clase de explosivos, la adopción de este enjaulado protector estaría justificada, aunque sólo fuera por la consideración de la seguridad pública. Consideraciones arquitectónicas se oponen á la adopción de este método, en toda su integridad, para los edificios ordinarios. No cabe duda, sin embargo, que prácticamente puede conseguirse una perfecta protección con una juiciosa modificación del actual sistema de instalación de barras separadas entre sí, especialmente en el caso de edificios extensos y de gran altura que destacan bien de las construcciones que les rodean, ó que están aislados en campo abierto.

Es obvio que el grado de protección que debe darse á un edificio y los gastos que pueden dedicarse á esta protección, deben guardar una relación definida con la importancia ó el coste del edificio mismo. En algunos casos en que la protección es de desear, pero no están justificados gastos de importancia, pueden erigirse dos ó más barras de pararrayos, del modo ordinario, enlazándolas con un conductor horizontal y con las partes me-

talicas de la cubierta y los canalones y tubos de bajada del agua de lluvia, que deben estar bien enlazados con tierra.

Las chimeneas altas no quedan suficientemente protegidas contra las descargas B por una sola barra de pararrayos ordinaria, porque la columna de humo caliente que sale de la chimenea, puede conducir la descarga mejor que el pararrayos. En estos casos se debe colocar una banda metálica circular que rodee la parte superior de la chimenea, de la que arrancan cuatro ó más barras, formando una corona, ó, aún mejor, enlazadas entre sí formando arco por encima de la chimenea.

Los varios casos anotados por la Comisión, demuestran que, aunque los conductores ordinarios tienden á disminuir los daños causados por los rayos en los edificios, no puede asegurarse nada respecto al área de protección. Este punto de vista aparece confirmado por los últimos resultados de la experiencia en el Continente (véase Holanda, Hungría y Alemania, Apéndice B). En las iglesias y otros edificios con agujas y torres, las partes inferiores deben también ser protegidas, especialmente si forman cuerpo saliente con el edificio.

Ningún caso de destrozos en los modernos edificios de armazón metálica ha llegado á conocimiento de la Comisión. Sin embargo, los métodos ordinarios de construcción en este país, no proporcionan una protección completa. En muchos casos, las columnas de hierro están sobre fundaciones de piedra, y el metal no se ha profundizado lo bastante para tener un contacto efectivo con tierra. Las columnas metálicas deben dejarse bien enlazadas con tierra al tiempo de la construcción.

En opinión de la Comisión, los métodos sustentados por la *Lightning Rod Conference* (Conferencia sobre pararrayos), pueden ser considerados hasta ahora como buenos, con tal que se tome la tierra en un estado de humedad permanente. La Comisión, por lo tanto, estima conveniente imprimir aquí las reglas publicadas por la *Lightning Rod Conference* en 1882, añadiendo á las mismas las observaciones y consideraciones basadas en los resultados obtenidos en sus recientes investigaciones.—H.

(Se continuará.)

PRESA DE SAN ROQUE

POR

DON DANIEL E. GAVIER

Ingeniero civil.

(CONCLUSIÓN)

Este dique, construido en 1842, determinaba un embalse de 45 millones de metros cúbicos. A raíz de lluvias torrenciales y comprendiéndose la inminencia de una catástrofe, á causa de la *insuficiencia del vertedor*, se pusieron 50 hombres á ampliar su sección, pero fué inútil, pues no tuvieron tiempo de hacer nada eficaz para evitar que las aguas desbordaran por sobre el dique, como sucedió, lo que determinó una brecha de 90 metros de largo por toda la altura del dique (20 metros); por la enorme abertura así formada, se escapó un colosal volumen de agua, que formaba en el valle una ola de 12 metros de alto, que salvó en diez y siete minutos la distancia de 19 kilómetros, comprendida entre el lago y la ciudad (esto es, á razón de 70 kilómetros por hora). Da una idea de la fuerza de semejante avalancha el hecho de que una locomotora con su tender, pesando 12 toneladas, fué transportada á 23 kilómetros de distancia. La villa de South-Fork y las usinas de Cambria, que ocupaban á 7.000 personas, fueron igualmente devastadas. Los daños materiales fueron in-