

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

BARCA DE HORMIGÓN ARMADO

PARA EL CANAL DE CASTILLA

Con objeto de aumentar el tráfico en el Canal de Castilla se ordenó la construcción de nuevas barcas, y al estudiar el problema me encontré con la carestía enorme de los materiales y la dificultad de encontrarlos.

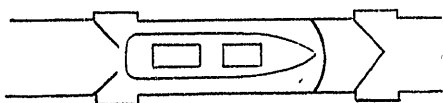
Las barcas del Canal de Castilla tienen 17 metros de eslora, 3,70 de manga y 2 de puntal, con un calado que puede llegar, cuando esté limpio, á 1,50.

Los presupuestos de barcas de madera ascienden á 15.000 pesetas; pero no se fijaba el plazo de entrega, que dependía de la posibilidad de la adquisición de la madera, difícil por su marco especial.

Barcas de hierro no había que pensar en ellas.

Nos fijamos en las de hormigón armado, de las que ya hemos construido una con buen resultado, y para que las que se encuentren en el mismo caso no experimenten las dudas y angustias que á mí me han acosado ante problema tan nuevo, creo que no dejaré de ser útil esta nota.

Con objeto de aumentar todo lo posible las dimensiones, reduciendo al mínimo el peso muerto, se midieron las esclusas más pequeñas, resultando que la eslora podía aumentarse á 18 metros y la manga á 4 y el puntal 2 metros. Dentro de este paralelepípedo apuntamos la proa, sin reducir demasiado la capacidad, armonizando en lo posible las antitéticas condiciones de pequeña resistencia á la marcha con el mayor desplazamiento, y con la misma medida atendimos á facilitar el paso de los filetes líquidos por debajo de la barca, levantando el fondo en la proa y en la popa, redondeando las aristas del fondo de las cuadernas y también las verticales de la popa con dos semicírculos que facilitarían grandemente la maniobra de las puertas de esclusa cuando esté la barca en el interior.

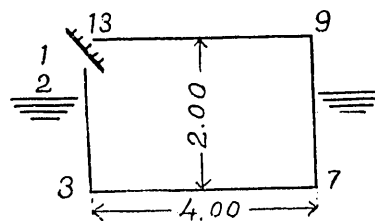


Para calcular la cuaderna maestra aplicamos el método explicado en el notabilísimo libro *Cálculo de estructuras* de D. Juan M. de Zafra.

Consideremos una sección rectangular de 4 metros de ancho por 2 de altura. Este sistema es hiperestático, y para reducirlo á isostático lo consideramos cortado en el punto 1-13, con apoyo

sencillo en 13 y rótula en 1. De este modo podemos calcular la estructura con sencillez.

Tomemos por ejes condenados los principales de inercia. El momento de inercia de la sección es constante y en cada punto tomaremos la relación $\frac{I}{i}$ de uno cualquiera al de la sección, y tomando al de esta sección se reduce á la unidad esta relación.



Si m es el momento flector isostático en un punto cualquiera, la flexión absoluta en un punto cualquiera, ax será

$$M = m + m + Vx + Hz$$

$N = H \sin \tau + V \cos \tau$ siendo τ el ángulo de las tangentes en el eje de los $\times$.

Debemos calcular la suma de los pesos virtuales $\int idL$, de los momentos estáticos $\int ixdL$ ó $\int izdL$, así como las sumas de los momentos de inercia $I_x = \int ix^2dL$; $I_z = \int iz^2dL$ y centrífugo $I_{xz} = \int izxdL$.

Como todas las cargas son simétricas y uniformemente repartidas, bastará que las fijemos por unidad de línea.

En la cubierta supondremos el peso propio 128 kilogramos y una sobrecarga de 1.000 kilogramos por metro de eslora, ó sea 250 kilogramos por metro lineal de cuaderna, que, agregado á la sobrecarga, tendremos la total y la designaremos por π_k

$$\pi_k = 378 \text{ kg.}$$

El peso de los costados ó bandas será 128 por metro lineal.

El de los fondos será el propio más la carga del barco, que determinaremos del modo siguiente:

El volumen útil se supone 0,80 del prisma envolvente, y éste es $18 \times 4 \times 1,50 = 108$, aquél será $108 \times 0,80 = 86$ metros cúbicos.

El peso de la barca es de 28 toneladas, que, restadas de la cifra del volumen útil, da 58, mas como sobre cubierta van 18, restan en la cala 40, que por metro de eslora resulta $\frac{48}{18} = 2,7$

y por metro de manga $\frac{2,7}{4} = 0,7$. En definitiva, el peso del fondo por metro cuadrado, que llamaremos π_f , será

$$\pi_f = 700 + 128 = 828 \text{ kg.}$$

El calado correspondiente á esta carga será

$$\Delta/c_r = (\pi_k + \pi_f) f + \pi_c p$$

de donde

$$c_r = \frac{(378 + 828) 2 + 128 \times 2}{1.000 \times 2} = 1,33$$

Los fondos estarán sometidos al empuje.

$$\Sigma = \Delta c_r \pi_f = 1.000 \times 1,33 \times 828 = 502$$

Con estos datos se calculan las sumas de los pesos virtuales, momentos estáticos, de inercia y centrífugos para cada línea de la sección y llegamos á los siguientes valores:

$$m = \frac{1}{\Sigma L} \left\{ \frac{402,9}{3} \pi_k f^3 - \Sigma \left(\frac{4}{3} f^3 + 2 f^2 x \right) + \Delta c_r^3 \left(\frac{1}{3} f + \frac{1}{12} c_r \right) \right\}$$

$$V = \frac{1}{\Sigma J_z} \left\{ \frac{4.032}{3} \pi_k f^4 - \Sigma \left(\frac{2}{3} f^4 + 2 f^3 x \right) \right\}$$

$$H = - \Sigma \frac{1}{J_x} \left\{ \frac{4}{3} \pi_k f^3 (p - a) - \Sigma \left[\frac{4}{3} f_a^3 + f_p^3 (p - 2a) \right] - \Delta c_r \left[\frac{1}{3} af + \frac{1}{12} (ac_r - \frac{1}{5} c_r^2) \right] \right\}$$

En este caso $a = 1$; $f = 2$; $p = 2$.

$$\Sigma J = 2 \left(1 + \frac{i}{i} \right) f + 2 \frac{i}{i} x = 12$$

$$\Sigma Jz = 2 f^2 \left\{ \frac{1 + \frac{i}{i}}{3} f + \frac{i}{i} x \right\} = 26,6$$

$$\Sigma Jx = 2 xf \left\{ a^2 \pm \frac{i}{i} (p - a)^2 \right\} + \frac{2}{3} \frac{i}{i} \left\{ a^3 \pm (p - a)^3 \right\} = 28$$

Los momentos isostáticos son:

$$m \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right\} = 0; \quad m \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2 \end{array} \right\} = \frac{1}{6} \Delta (c_r - a - z)^3;$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} 7 \\ 3 \end{array} \right\} = \frac{1}{6} c_r^3 \Delta - p (f + x) + \frac{1}{2} \Sigma (f + x)^2.$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 13 \end{array} \right\} = 2 px + 2 \Sigma fx + \frac{1}{2} \pi_k (f + x)^2$$

Las flexiones reales serán:

$$M \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right\} = - Vf + Hz$$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2 \end{array} \right\} = m - Vf + H 2 + \frac{1}{6} \Delta (c_r - ax)^3$$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 7 \\ 3 \end{array} \right\} = m + Vx - Ha + \frac{1}{6} \Delta c_r^3 - p (f + x) + \frac{1}{2} \Sigma (f + x)^2$$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 13 \end{array} \right\} = m + Vx + H (p - a) - 2 px + 2 \Sigma fx + \frac{1}{2} \pi_k (f + x)^2$$

En las que sustituyendo valores se reducen:

$$M \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right\} = 2.907 + 2.472. \text{ Valor máximo de } z = 0,33; M = -218$$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2 \end{array} \right\} = -299 + 247 z + \frac{1.000}{6} (0,33 - L)$$

para $\left\{ \begin{array}{l} z = 0,33 \dots M = -218 \\ z = 0 \dots M = -293 \\ z = -1 \dots M = -154 \end{array} \right.$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 7 \\ 3 \end{array} \right\} = -2.110 - 512 (2 + x) + 251 (2 + x)^2$$

para $\left\{ \begin{array}{l} x = -2 \dots M = -154 \\ x = 0 \dots M = -478 \\ x = 2 \dots M = -794 \end{array} \right.$

$$M \left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 9 \end{array} \right\} = -1.356 - 652 x - 1.024 x + 2.008 x + \frac{1}{2} 378 (2 - x)$$

para $\left\{ \begin{array}{l} x = +2 \dots M = -692 \\ x = 2 \dots M = -600 \\ x = -2 \dots M = 1.004 \end{array} \right.$

Las compresiones normales son:

$$N \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 1 \end{array} \right\} = + V - \pi_c (p - a - c) \text{ para } \left\{ \begin{array}{l} z = 1 \quad N = -1.603 \\ z = 0,33 \quad N = -1.688 \end{array} \right.$$

$$N \left\{ \begin{array}{l} 7 \\ 3 \end{array} \right\} = + H - \frac{1}{2} \Delta c_r^2$$

$$N \left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 7 \end{array} \right\} = - V + \pi_c (p + a + 2) - 2 \Sigma f$$

para $\left\{ \begin{array}{l} z = -1 \quad N = -1.207 \\ z = - \quad N = -1.079 \\ z = +1 \quad N = -951 \end{array} \right.$

$$N \left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 9 \end{array} \right\} = - H = + 588$$

Con estos datos se calculan las sumas de los pesos virtuales, momentos estáticos, de inercia y centrífugos para cada línea de la sección, y llegamos á los siguientes valores:

$$m = \frac{1}{\Sigma L} \left\{ \frac{402,9}{3} \pi_k f^3 - \Sigma \left(\frac{4}{3} f^3 + 2 f^2 x \right) + \Delta c_r^3 \left(\frac{1}{3} f + \frac{1}{12} c_r \right) \right\}$$

$$V = \frac{1}{\Sigma J_z} \left\{ \frac{4.032}{3} \pi_k f^4 - \Sigma \left(\frac{2}{3} f^4 + 2 f^3 x \right) \right\}$$

$$H = - \frac{1}{\Sigma J_x} \left\{ \frac{4}{3} \pi_k f^3 (p - a) - \Sigma \left[\frac{4}{3} f_a^3 + f_p^3 (p - 2a) \right] - \Delta c_r \left[\frac{1}{3} af + \frac{1}{12} (ac_r - \frac{1}{5} c_r^2) \right] \right\}$$

En este caso $a = 1$; $f = 2$; $p = 2$

$$\Sigma J = 2 \left(1 + \frac{i}{i} \right) f + 2 \frac{i}{i} x = 12$$

$$\Sigma Jz = 2 f^2 \left\{ \frac{1 + \frac{i}{i}}{3} f + \frac{i}{i} x \right\} = 26,6$$

$$\Sigma Jx = 2 xf \left\{ a^2 \pm \frac{i}{i} (p - a)^2 \right\} + \frac{2}{3} \frac{i}{i} \left\{ a^3 \pm (p - a)^3 \right\} = 28$$

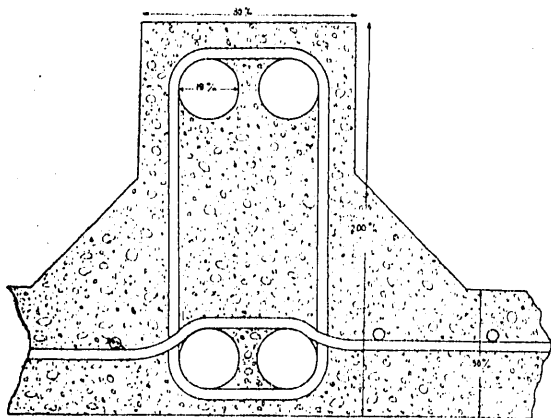
Los momentos isostáticos son:

$$m \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \end{array} \right\} = 0; \quad m \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2 \end{array} \right\} = \frac{1}{6} \Delta (c_r - a - z)^3;$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} 7 \\ 3 \end{array} \right\} = \frac{1}{6} c_r^3 \Delta - p (f + x) + \frac{1}{2} \Sigma (f + x)^2;$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 13 \end{array} \right\} = 2 px + 2 \Sigma fa + \frac{1}{2} \pi_k (f + x)^2.$$

Sección de la cuaderna maestra.



Las flexiones reales serán:

$$M \begin{cases} 2 \\ 1 \end{cases} = m - Vf + Hz$$

$$M \begin{cases} 3 \\ 2 \end{cases} = m - Vf + Hz + \frac{1}{6} \Delta (c_r - ax)^3$$

$$M \begin{cases} 7 \\ 3 \end{cases} = m + Vx - Ha + \frac{1}{6} \Delta c_r^3 - p(f+x) + \frac{1}{2} \Sigma (f+x)^2$$

$$M \begin{cases} 3 \\ 0 \end{cases} = m + Vx + H(p-a) - 2px + 2 \Sigma fx + \frac{1}{2} \pi_k (f+x)^2$$

En las que sustituyendo valores se reducen

$$M \begin{cases} 2 \\ 1 \end{cases} = 2.907 + 2.472 z. \text{ Valor máximo de } z = 0,33; M = -218$$

$$M \begin{cases} 3 \\ 2 \end{cases} = -299 + 247 z + \frac{1.000}{6} (0,33 - L)$$

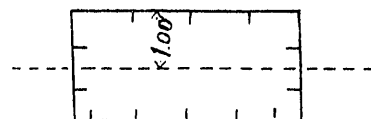
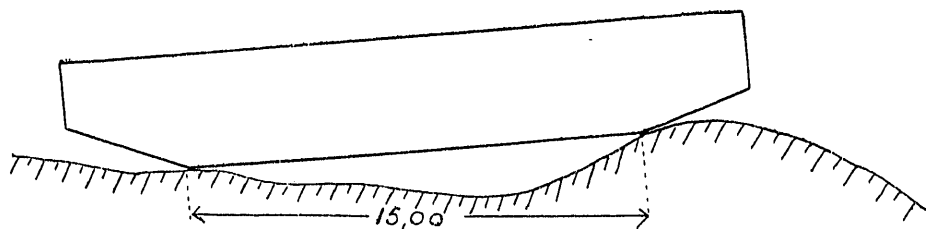
$$\text{para } \begin{cases} z = 0,33 \dots M = -218 \\ z = 0 \dots M = -293 \\ z = -1 \dots M = -154 \end{cases}$$

$$M \begin{cases} 7 \\ 3 \end{cases} = -2.110 - 512 (2+x) + 251 (2+x)^2$$

$$\text{para } \begin{cases} x = -2 \dots M = -154 \\ x = 0 \dots M = -478 \\ x = +2 \dots M = -794 \end{cases}$$

$$M \begin{cases} 13 \\ 0 \end{cases} = -1.356 - 652 x - 1.024 x + 2.008 x + \frac{1}{2} 378 (2-x)$$

$$\text{para } \begin{cases} x = +2 \dots M = -692 \\ x = 2 \dots M = -600 \\ x = -2 \dots M = 1.004 \end{cases}$$



Las compresiones normales son:

$$N \begin{cases} 3 \\ 1 \end{cases} = +V - \pi_c (p-a-c) \text{ para } \begin{cases} z = 1 \dots N = -1.603 \\ z = 0,33 \dots N = -1.688 \end{cases}$$

$$N \begin{cases} 7 \\ 3 \end{cases} = +H - \frac{1}{2} \Delta c_r^2$$

$$N \begin{cases} 7 \\ 0 \end{cases} = -V + \pi_c (p+a+z) - 2 \Sigma f =$$

$$\text{para } \begin{cases} z = -1 \dots N = -1.207 \\ z = 0 \dots N = -1.079 \\ z = +1 \dots N = -951 \end{cases}$$

$$N \begin{cases} 13 \\ 0 \end{cases} = -H = +588$$

El momento máximo es, pues, de 1.004 kilogrametros, y como estos momentos pueden cambiar de signo, compondremos las cuadernas con armaduras simétricas con las características siguientes: $q = 0,064$, $a = 50$, $c = 17,5$, $n'c = 2,5$, $n'' = \frac{2,5}{17,5} = 0,143$, de donde $n = 0,314$ $n' = 0,171$.

Con estos valores podemos calcular la presión en la arista más cargada y la tensión de las barras, que son respectivamente

$$H = 35,3 \text{ kg.} \quad A = 1.156$$

La sección de las barras serán $qac = 5,60$ centímetros cuadrados, lo que se consigue con dos barras de 19 milímetros.

Dada la forma de la chalana, el caso más grave que puede ocurrir para probar su resistencia transversal es quedar en seco apoyada por sus extremos con la carga completa.

Será el caso de una viga apoyada en sus extremos con una carga de 100 toneladas repartidas en la parte central de 15 metros.

La carga por metro lineal será $p = \frac{100}{15} = 6.666$ kilogramos, y el momento máximo en el $M = \frac{Pl^2}{8} = \frac{1.500.000}{8} = 188.000$ kilogrametros.

Para resistir este momento tenemos la viga hueca, cuya sección es la cuaderna maestra simétrica respecto al eje horizontal bajo el punto de vista de la resistencia, porque está constituida por cinco vigas longitudinales en el fondo y la cubierta, formadas cada una de cuatro hierros de 10 milímetros, totalizando 62,8 centímetros cuadrados de sección metálica, a la que hay que agregar 80 hilos de la tela metálica de 4 milímetros, que suman 10 centímetros cuadrados de sección, en total 72,8 centímetros cuadrados.

La carga del hierro será $\frac{188.000}{2 \times 72.800} = 12 \text{ kg.}$

Además de estas vigas longitudinales que corren por el fondo y la cubierta formados por cuatro hierros de 10 milímetros de diámetro, colocamos otras dos en los costados, una próxima al fondo donde son de temer los choques con las márgenes y otra al nivel de la línea de flotación, que llevará al exterior una defensa de madera que transmitirá a ésta los choques con los muelles y esclusas.

Para la construcción de la lancha empleamos un molde que se compone de una parte fija, la exterior, y una parte móvil, la interior. La primera se compone de marcos situados de metro en

metro, apoyados en el suelo y arriostrados con puntales y tirantes. Sobre estos marcos se clava el entablado general, de dos pulgadas de espesor.

Para el descimbramiento será fácil, quitando los puntales y tirantes superiores, separar los tableros laterales que forman los costados del casco y quedará libre éste.

El molde interior se compone de cuadernas dobles, que forman el molde de cada cuaderna y dejan paso a los nervios longitudinales, formados también por piezas dobles apoyadas sencillamente en las cuadernas. Entre los moldes de las cuadernas y nervios quedan espacios cuadrados, que se cierran con trozos de tablón de dos pulgadas, colocados uno á uno, según vaya ade-

lantando el hormigonado, y que se sujetan por sus bordes con listones clavados á las cuadernas.

Las cuadernas se sostienen provisionalmente colgándolas de los tirantes del molde exterior y acunándolas en los costados hasta que se haya hecho el forjado del fondo.

Esta cimbra cubica 26.371 metros cúbicos y se valora en 8.911,30 pesetas, cargando á cada barcaza la cuarta parte de esta suma; pero debemos advertir que el molde no queda inutilizado y que muy bien pueden construirse con él seis barcasas en vez de cuatro, obteniéndose entonces una gran economía en el coste.

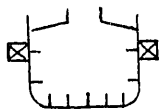
Este molde ha dado muy buen resultado en la construcción y en el descimbramiento, habiendo durado el hormigonado hasta la cubierta tres días. La cubierta, por su complicación, llevó más tiempo, pero esta parte de la obra no tiene importancia.

Se comenzó construyendo el molde exterior y sobre él se tejó la tela metálica, clavando los hilos en listones de 2 centímetros de grueso, apoyados en el molde. Terminada la tela se colocaron los hierros de las cuadernas y vigas longitudinales, atándolos unos á otros en los cruces y sujetándolos á la tela metálica.

Colocados los estribos de las vigas se procedió al hormigonado después de ensayar á los obreros en la colocación de los tableros y apisonado.

Antes de comenzar esta operación se quitaron á pedazos los listones que sujetaban la tela y se sustituyeron por pequeñas cuñas para conservar la distancia entre los hilos y el molde exterior y estas cuñas se fueron quitando á medida que avanzaba el hormigonado.

El hormigonado se hizo con toda la rapidez posible extendiendo el primer día todo el fondo hasta la primera viga-refuer-



zo de los costados, dejando la junta en el plano medio de estas vigas.

El segundo día se llegó al nivel de la línea de flotación donde se dejó la junta á nivel del plano medio de la viga correspondiente, con lo que quedó vencida toda dificultad de la obra.

No diremos nada de las dificultades de adquirir los hierros, de construir las piezas especiales como son los soportes del timón, argollones, escotillas, etc., que sería interminable relatar; baste decir que los hierros redondos hubo que adquirirlos en los comercios de Valladolid y Santander, de diámetros y longitudes diversas, y algunas de las piezas especiales fueron construidas gracias á la amabilidad de mi querido amigo y compañero don Eugenio Grasset en sus talleres de Madrid.

Las proporciones de cemento en la mezcla han sido de 500 kilogramos por metro cúbico de hormigón, 400 litros de arena y 800 de garbancillo.

JULIO MURÚA.

Pontevedra 13 de Septiembre de 1918.



LOS PARARRAYOS

POR

ACH. DELAMARRE

El presente artículo ha sido inspirado por la lectura de un folleto de un sabio americano O.-S. Peters. No tiene la pretensión de constituir ni una nueva teoría ni una enseñanza original, su objeto es sencillamente agrupar una serie de hechos, de resultados y de datos prácticos que es en vano buscar en otras publicaciones y que, según nuestra opinión, pueden presentar mucho interés á gran número de Ingenieros y de constructores.

I. RESPECTO Á LA UTILIDAD DE LOS PARARRAYOS. —Parece extraño, á primera vista, que en la misma patria de Franklin pueda ponerse en duda la utilidad del pararrayos, y, sin embargo, es innegable que en algunos países, especialmente en ciertas localidades de los Estados Unidos, prevalece la impresión de que la presencia de los pararrayos es una amenaza para el edificio. Esta opinión proviene principalmente de la aseveración hecha un poco á la ligera por la mayoría de los autores, de «que un pararrayos mal instalado es nocivo y peligroso». El público ha sacado inmediatamente en conclusión que el día menos pensado, bien como consecuencia del desgaste, bien por insuficiencia de conservación, etc., no llenando ya el pararrayos todas las condiciones necesarias, sus imperfecciones podrían aumentar los riesgos en vez de disminuirlos.

Estos temores no tienen en realidad fundamento alguno; podrían citarse infinitos ejemplos de edificios provistos de pararrayos, rotas sus conexiones con tierra y que sufrieron el golpe del rayo sin haber sufrido más perjuicios que la rotura de algunas piedras, un muro agrietado, etc., sin que se haya comprobado jamás el incendio. De estos hechos no debe evidentemente deducirse la justificación de que un pararrayos puede instalarse sin gran número de precauciones, pero sí puede sacarse en conclusión, que si para conseguir el máximo de protección es indispensable una instalación bien estudiada y cuidadosamente ejecutada, el pararrayos, aun mal entretenido, no es nunca causa de peligro. Por consiguiente, desde el punto de vista técnico el asunto relativo á la utilidad del pararrayos se resuelve sin dudar afirmativamente.

Ahora bien, ¿y desde el punto de vista comercial? ¿No son los gastos de instalación y de conservación más costosos que la prima de seguro contra incendios? En los Estados Unidos existen Sociedades constituidas exclusivamente para la especialidad de asegurar los inmuebles contra toda clase de perjuicios causados por el rayo. El estudio de sus estadísticas es muy instructivo.

Se comprueba, primeramente (lo que anteriormente se dudaba), que la proposición por unidad de superficie de los incendios ocasionados en las grandes poblaciones por el rayo es extremadamente baja comparada con la correspondiente á los incendios debidos á otras causas; así sucede que en 1912 en todo el Illinois, no comprendida la población de Chicago, la proporción fué del 5.71 por 100, mientras que en Chicago exclusivamente igual proporción fué únicamente del 0,56 por 100.

La proporción media en todos los Estados Unidos fué del 3 por 100, aproximadamente.

Si se examina el valor de los inmuebles incendiados por el rayo (que alcanza anualmente 40 millones de francos), comparándolo con el de todos los inmuebles quemados, se halla un 3,3 por 100, aproximadamente.

De estos datos debe resultar que las Compañías de seguros