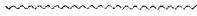


# MEMORIAL DE INGENIEROS.





# MEMORIAL DE INGENIEROS

DEL EJÉRCITO.

---

COLECCION DE MEMORIAS.

~~~~~  
TERCERA EPOCA.—TOMO III.

(XLI DE LA PUBLICACION.)  
~~~~~

Año 1886.



~~~~~  
MADRID.

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1886.



# ÍNDICE

DE LAS OBRAS SUELTAS QUE COMPRENEN LAS ENTREGAS

DEL

*MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO*

publicadas en el año de 1886.



MARVÁ.—*Descripcion y uso del escuadrímetro*, por el coronel graduado D. José Marv y Mayer, comandante de ingenieros y profesor de la academia del cuerpo.—Memoria premiada en el concurso de 1884-1885.—Consta de 92 páginas y 2 láminas.

MARV.—*Proyecto de puente metálico portátil para carreteras y vías férreas*, por el mismo.—Consta de 104 páginas y 8 láminas.

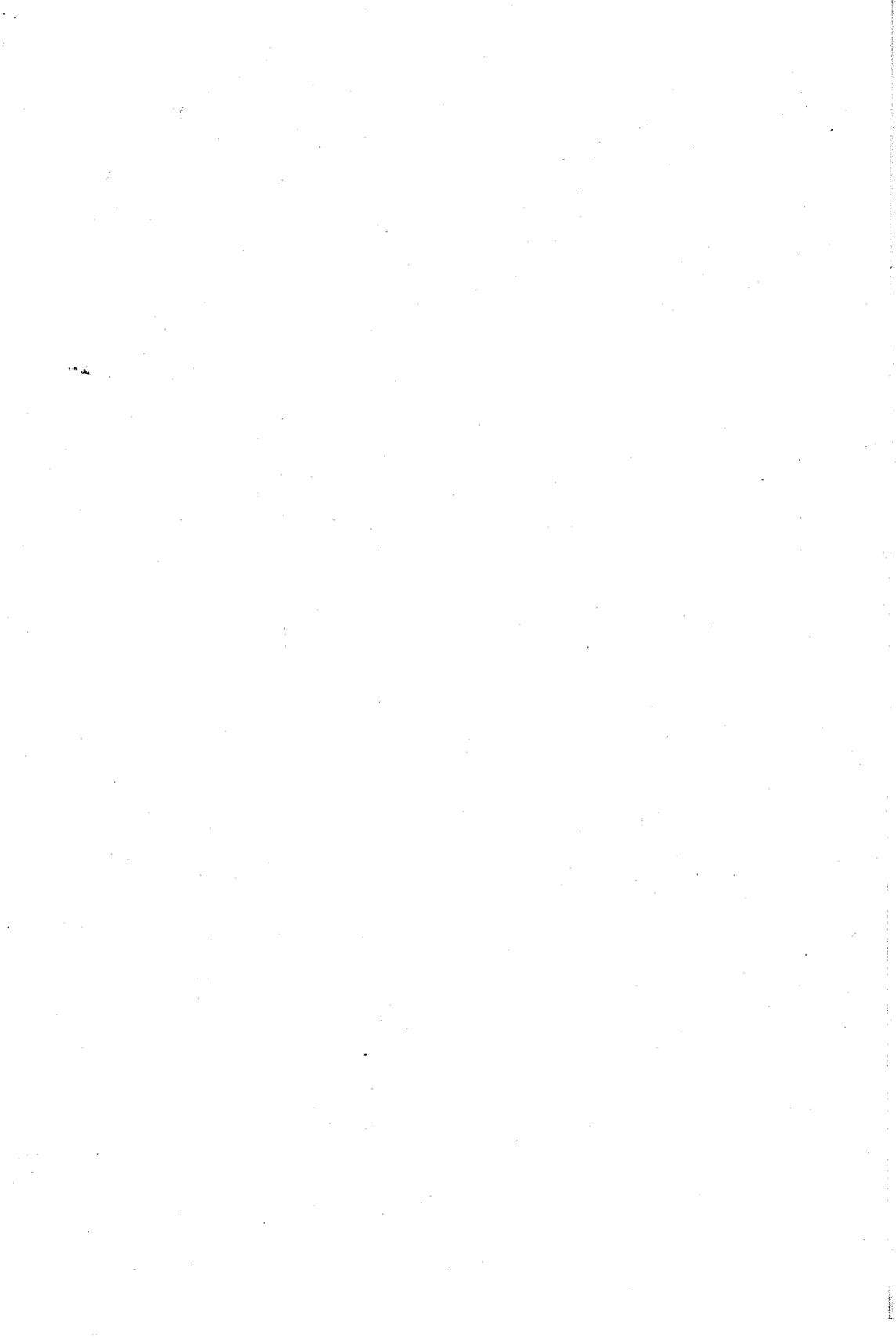
VIVES.—*Tranvías movidos por cables subterneos*, por el comandante de ejército D. Pedro Vives y Vich, capitan de ingenieros.—Consta de 79 páginas y 4 láminas.

URZAIZ.—*Apuntes sobre defensa de costas*, por el coronel graduado, comandante, D. Luis de Urzaiz y Cuesta, capitan de ingenieros.—Consta de VIII-31 páginas y una lámina.

QUIROGA.—*Observaciones concernientes á los cuerpos facultativos respecto á los proyectos de ley de ascensos y de recompensas militares, publicados en la GACETA DE MADRID de 18 de julio de 1886, con propuesta de arreglo entre lo proyectado y existente en dichos cuerpos para el caso en que esto último haya de variarse*, por D. Juan de Quiroga, brigadier de ingenieros.—Consta de VII-41 páginas.

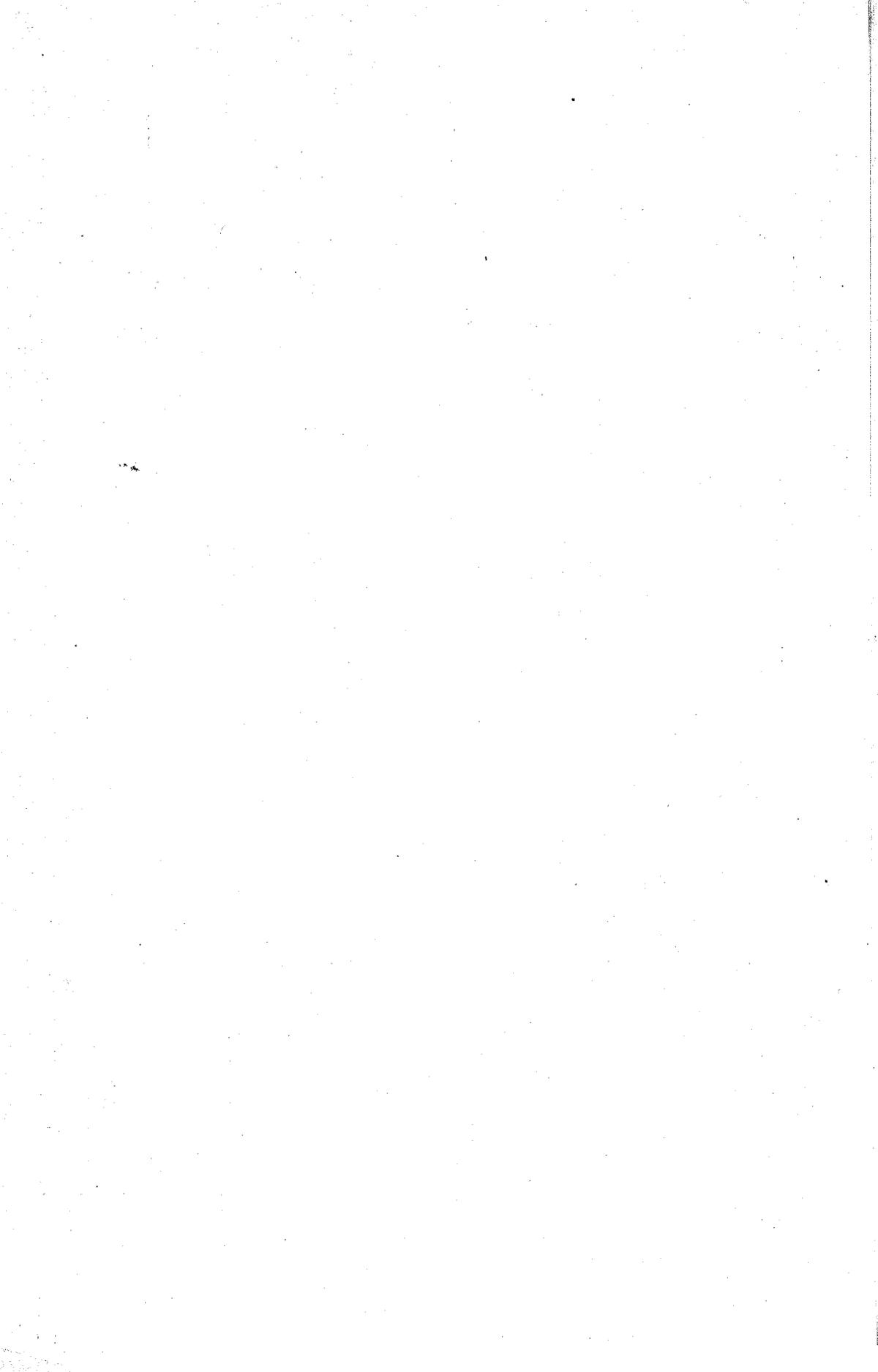
*ndice de las disposiciones insertas en la COLECCION LEGISLATIVA DEL EJÉRCITO, que pueden interesar  los lectores del MEMORIAL DE INGENIEROS.—1885-1886.—Consta de 20 páginas.*

---



# EL ESCUADRÍMETRO





DESCRIPCION Y USO  
DEL  
ESCUADRÍMETRO

POR EL CORONEL GRADUADO

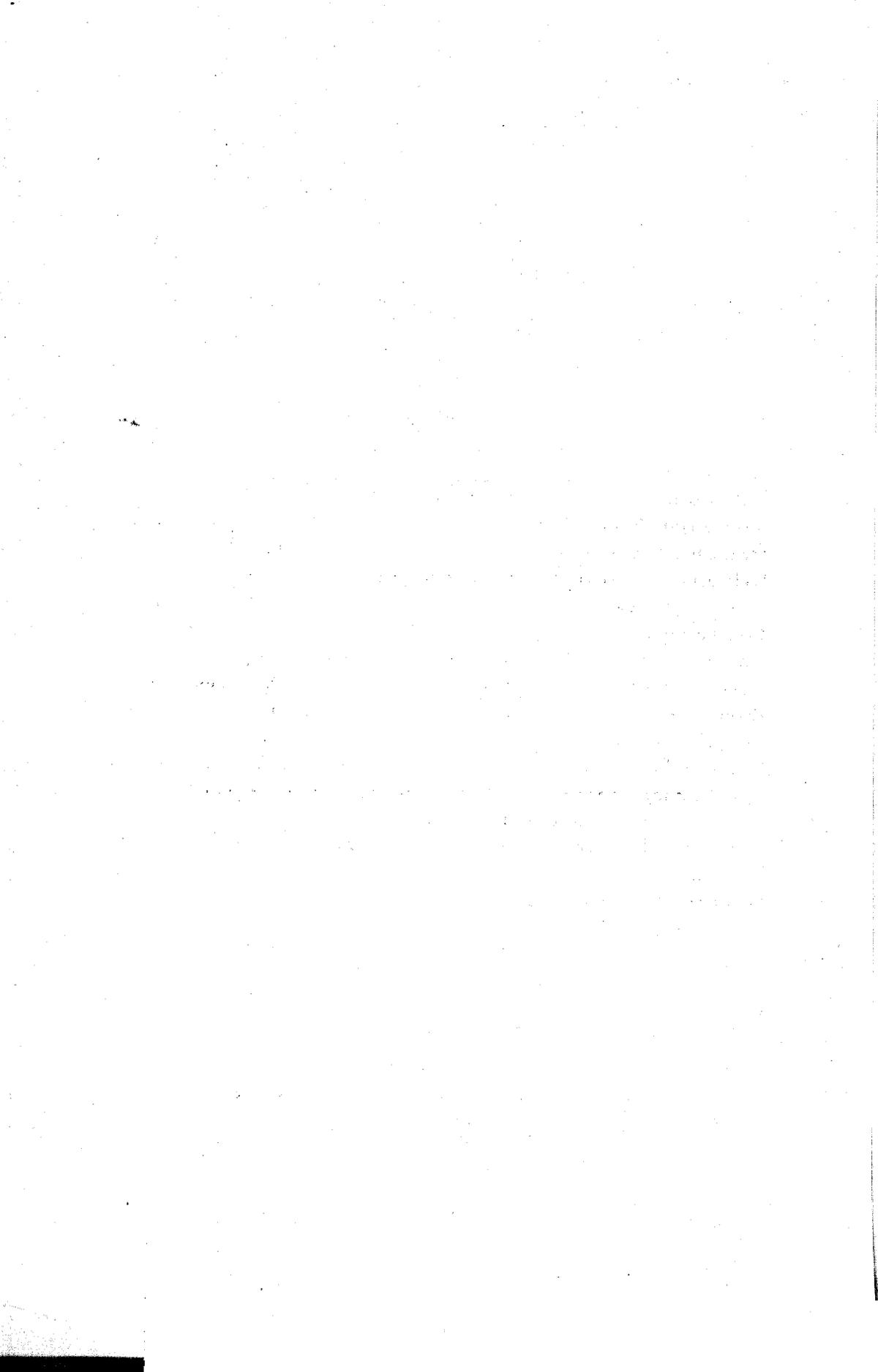
DON JOSÉ MARVÁ Y MAYER

COMANDANTE DE INGENIEROS

Y PROFESOR DE LA ACADEMIA DEL CUERPO

~~~~~  
MEMORIA PREMIADA EN EL CONCURSO DE 1884-1885.  
~~~~~

MADRID.  
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.  
1886.



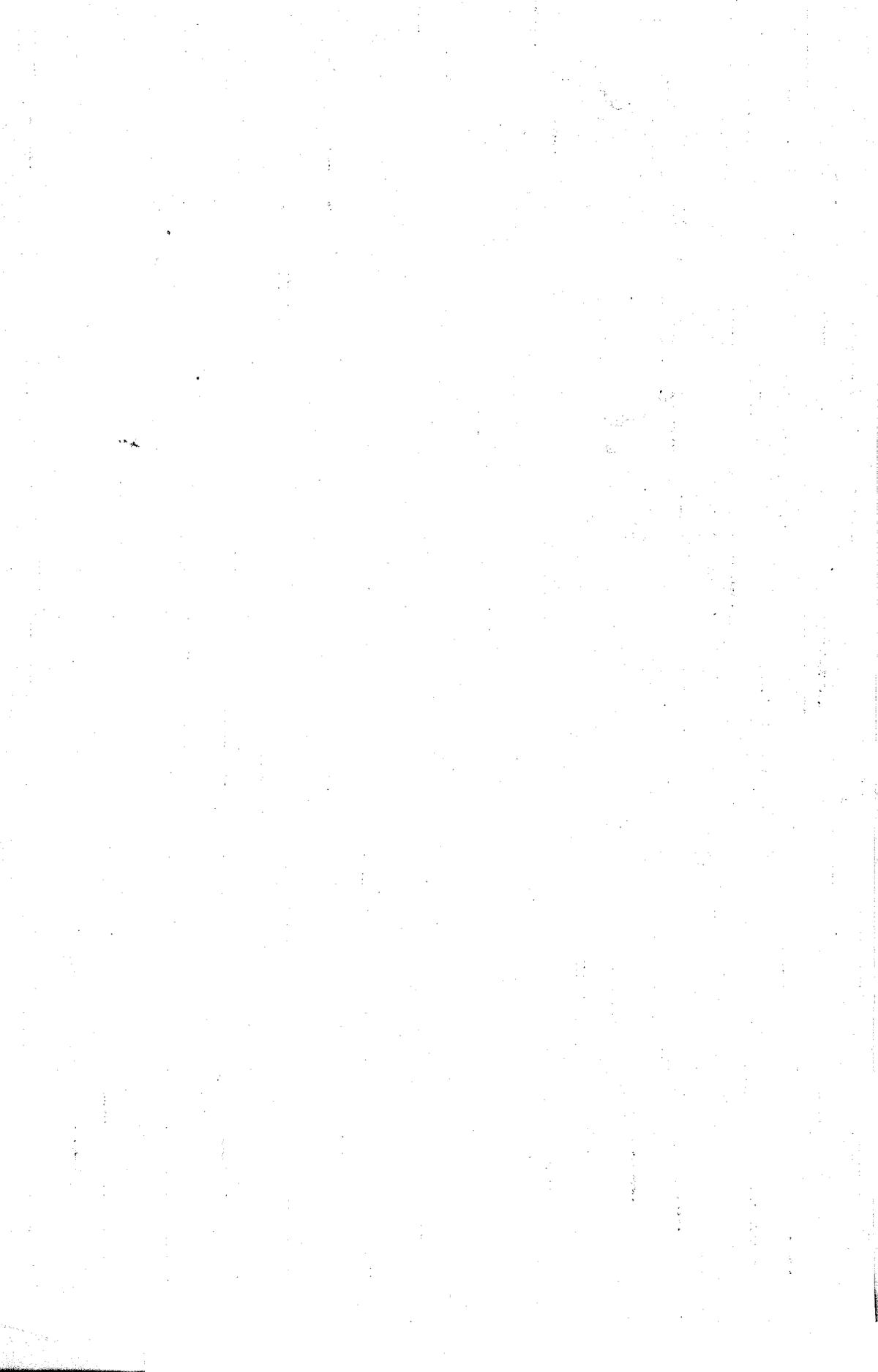
# DESCRIPCION Y USO DEL ESCUADRIMETRO.

## PRELIMINAR.

### NOTACIONES.

|                                                                                                   |              |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Longitud de las piezas. . . . .                                                                   | $l.$         |                                   |
| Diámetro de las piezas cilíndricas macizas. . . . .                                               | $d.$         | } Lám. 2. <sup>a</sup> , fig. 23. |
| Idem exterior de las id. huecas. . . . .                                                          | $d.$         |                                   |
| Idem interior de las id. id.. . . . .                                                             | $d'.$        |                                   |
| Lado mayor del rectángulo de escuadría en las piezas comprimidas. . . . .                         | $c.$         | } Lám. 2. <sup>a</sup> , fig. 18. |
| Lado menor del mismo. . . . .                                                                     | $e.$         |                                   |
| Lado de escuadría (en el rectángulo) paralelo al plano de fuerzas en las piezas flexadas. . . . . | $b.$         | } Lám. 2. <sup>a</sup> , fig. 6.  |
| El otro lado. . . . .                                                                             | $a.$         |                                   |
| Pesos aislados. . . . .                                                                           | $P-P_1-P_2.$ |                                   |
| Distancias de estos pesos á uno de los apoyos. . . . .                                            | $d_1-d_2.$   | } Lám. 2. <sup>a</sup> , fig. 11. |
| Peso repartido por metro lineal de viga. . . . .                                                  | $p.$         |                                   |
| Idem id. por metro cuadrado en suelos. . . . .                                                    | $p'.$        |                                   |
| Peso propio del material por metro lineal de viga ó pieza. . . . .                                | $P'.$        |                                   |
| Separacion de eje á eje de viga en los suelos. . . . .                                            | $h.$         |                                   |





---

## DESCRIPCION DEL ESCUADRIMETRO.

---

### I.

**1.**  **LACAS FIJAS Y MÓVILES.—Ejes.** El escuadrímetro se compone de dos planchas paralelas rectangulares (1) y (2) (lámina 1.<sup>a</sup>, figuras 5 y 6), entre las cuales corre una placa (3) perfectamente guiada.

En la cara ó plancha (1) (fig. 1) hay trazados dos sistemas de ejes rectangulares independientes: uno es el  $O-ABCD$ , y otro el  $O'-A'B'C'D'$ . El eje  $OD$  del primer sistema lo es juntamente con el  $DU$  de una parábola independiente de los ejes restantes.

A la derecha de los ejes  $OD-O'D'$  se han practicado dos aberturas de forma rectangular alargada, que permiten descubrir la placa (3). Esta placa puede moverse entre sus guías, paralelamente á los ejes  $CA-C'A$ .

En la cara (2) (fig. 2) se han dibujado tambien dos sistemas de ejes independientes  $O-MSNT$  y  $O'-M'S'N'T'$ . A la derecha del eje  $OT$  hay una abertura semejante á la de la cara (1).

**2. Reglillas de paralelas.**—Al escuadrímetro acompañan unas reglillas de trazar paralelas (fig. 3) que han de aplicarse en forma parecida á la que indican las figuras 4 y 8 de la lámina 2.<sup>a</sup>; es decir, de modo que una de ellas corte á los dos primeros ejes (puntos  $u$  y  $x$ ) y la otra á los dos restantes (puntos  $y$  y  $z$ ).

**3. Objeto de las reglillas de paralelas de las aberturas de las caras (1) y (2) y de la placa móvil.**—Los problemas de resistencia van á ser resueltos por las intersecciones de dos rectas paralelas con los ejes, convenientemente divididos y numerados (puntos  $u$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) (fig. 8, lám. 2.<sup>a</sup>). Los datos del problema harán conocer dos ó tres de estos puntos, y las lecturas hechas en los puntos restantes darán la solución ó soluciones de la cuestión.

Ahora bien: las divisiones y numeraciones de los ejes  $OD$  y  $O'D'$  de la cara (1) y del  $OT$  de la cara (2) han de ser diferentes para los diversos problemas de la misma especie, y según sea la naturaleza de los materiales: por esta razón se han practicado las aberturas rectangulares al lado de dichos ejes, y las diversas divisiones de éstos se han dibujado, formando escalas, en las caras de la placa móvil (3). Las escalas correspondientes á la cara (1) del escuadrímetro que hay que hacer coincidir con los ejes  $OD$  ú  $O'D'$ , según los casos, se distinguen con las letras  $A_1, B_1, C_1, \dots$  escritas á su pié (fig. 4, lám. 1.<sup>ª</sup>); y las dibujadas en la otra cara de la placa móvil, pertenecientes á la cara (2) y al eje  $OT$ , llevan por distintivo las letras  $A_2, B_2, C_2, \dots$  etc. De este modo, aunque se saque por completo la placa (3), podrá introducirse nuevamente, sin error, entre las guías.

El movimiento de la placa (3), á rozamiento suave entre sus guías, puede operarse sin dificultad en dos sentidos opuestos, haciendo así aparecer en las aberturas del escuadrímetro la escala correspondiente al problema que se trate de resolver.

## II.

### PROBLEMAS QUE RESUELVE EL ESCUADRÍMETRO

Y ESCALAS DE LA PLACA MÓVIL QUE HAY QUE EMPLEAR EN CADA CASO.

4. *Cara primera del escuadrímetro.*—Sirve para resolver los problemas de extensión y de compresión que manifiesta el cuadro siguiente:

| PROBLEMAS.                                       |                                                                                                                            | Escalas. | Sistema de ejes.                  |                          |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------------|
| <i>Extension.</i>                                | (1) Varillas de hierro. . . . .                                                                                            | $G_1$    | Parábola $UV$ .<br>Ejes $DU-DO$ . |                          |
|                                                  | (2) Cadenas de hierro. . . . .                                                                                             | $H_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (3) Cables de alambre. . . . .                                                                                             | $I_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (4) Cuerdas de cáñamo. . . . .                                                                                             | $L_1$    |                                   |                          |
| <i>Compresion.</i><br>Fórmula $P=R\omega$        | (5) Piezas cilíndricas de hierro ó<br>de fundicion, cuando su lon-<br>gitud es menor que dos veces<br>el diámetro. . . . . | $G_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (6) Columnas macizas y huecas<br>de fundicion. . . . .                                                                     | $A_1$    |                                   |                          |
| <i>Compresion.</i><br>Fórmulas<br>de Hodgkinson. | (7) Idem id. id. de hierro. . . . .                                                                                        | $B_1$    |                                   | Ejes<br>$O-A B C D$ .    |
|                                                  | (8) Piezas de encina fuerte. . . . .                                                                                       | $C_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (9) Idem de pino fuerte. . . . .                                                                                           | $D_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (10) Idem de encina floja. . . . .                                                                                         | $E_1$    |                                   |                          |
|                                                  | (11) Idem de pino flojo. . . . .                                                                                           | $F_1$    |                                   |                          |
| <i>Compresion.</i><br>Tablas de Morin            | (12) Madera ordinaria ó condicio-<br>nes ordinarias de resistencia.                                                        | $M_1$    |                                   | Ejes<br>$O'-A' B' C' D'$ |
|                                                  | (13) Madera muy buena ú obras<br>algo atrevidas. . . . .                                                                   | $N_1$    |                                   |                          |

5. *Cara segunda del escuadrímetro.*—Los ejes trazados en la cara (2) permiten resolver los problemas de flexion de piezas de madera ó de hierro.

Por lo que respecta al material madera observaremos que su calidad es variable, y tambien lo es el grado de solidez que puede darse á la construccion. Estas nuevas circunstancias (que se han tenido en cuenta en la construccion de las escalas) se distinguirán en adelante con números romanos de siguiente modo:

- Madera buena. Grado de solidez ordinario (construcciones permanentes). . . . .
  - Madera muy buena. Gran solidez. . . . .
  - Madera mediana. Grado de solidez mediano (construcciones provisionales).. . . . .
- } I. (\*)

(\*) En la construccion de las correspondientes escalas de fuerza se ha supuesto que el coeficiente de trabajo es  $R = 60$  kilogramos por centímetro cuadrado.

Maderas muy buenas. Grado de solidez ordinario (obras permanentes) } II. (\*)  
 Maderas buenas. (Obras provisionales). . . . . }

El cuadro siguiente manifiesta con detalle los problemas de flexion que resuelve la cara (2) del escuadrímetro:

| Material.                                                       | CASO DE FLEXION.                                                                                                                            | ESCALAS.       |           | Ejes.                 |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|
|                                                                 |                                                                                                                                             | Circunstancias |           |                       |
|                                                                 |                                                                                                                                             | I.             | II.       |                       |
| Madera (1).                                                     | Pieza empotrada en un extremo y cargada en el otro. . . . .                                                                                 | $A_2$          | $G_2$     | Ejes<br>$O-M'SN'T.$   |
|                                                                 | Pieza apoyada en dos puntos intermedios y cargada en los dos extremos. . . . .                                                              |                |           |                       |
| Madera (2).                                                     | Pieza apoyada en un punto medio y cargada en los dos extremos.                                                                              | $B_2$          | $H_2$     |                       |
|                                                                 | Pieza empotrada en un extremo y cargada uniformemente. . . . .                                                                              |                |           |                       |
| Madera (3).                                                     | Pieza apoyada en sus dos extremos y cargada en el punto medio                                                                               | $C_2$          | $L_2$     |                       |
|                                                                 | Pieza apoyada en los dos extremos y cargada uniformemente.                                                                                  |                |           |                       |
| Véanse las figuras 7 de la lámina 2. <sup>a</sup> (4) . . . . . | Pieza empotrada en sus dos extremos y cargada en el punto medio. . . . .                                                                    | $D_2$          | $K_2$     |                       |
|                                                                 | Pieza empotrada en un extremo, apoyada en el otro y cargada uniformemente. . . . .                                                          |                |           |                       |
| (5).                                                            | Pieza empotrada en los dos extremos y cargada uniformemente. . . . .                                                                        | $E_2$          | $N_2$     |                       |
| (6).                                                            | Pieza apoyada en tres puntos y cargada uniformemente. . . . .                                                                               | $F_2$          | $O_2$     |                       |
| (7).                                                            | Pieza apoyada ó empotrada en sus extremos y cargada con varias fuerzas dispuestas sin regularidad (fig. 11, lám. 2. <sup>a</sup> ). . . . . | $C_2$          | $L_2$     |                       |
| Hierro. . . . .                                                 | Vigas $\Gamma$ $T$ $L$ $\square$ en todos los casos de flexion. . . . .                                                                     | . . . . .      | . . . . . | Ejes<br>$O'-M'T'N'S'$ |

Las indicaciones de los dos cuadros anteriores están contenidas tambien en las pequeñas tablas X, Y, Z, dibujadas en las caras del escuadrímetro (figuras 1 y 2 de la lám. 1.<sup>a</sup>)

(\*) En la construccion de las escalas que tienen en cuenta estas circunstancias, se ha dado al coeficiente R el valor 80 kilogramos por centímetro cuadrado.

---

## USO DEL ESCUADRIMETRO.

---

### IV.

#### PROBLEMAS DE EXTENSION.

6.



de hacerse uso de la parábola dibujada en la primera cara. El eje de las abscisas está dividido de  $D$  á  $U$  en 30 partes: en él se han de buscar los diámetros  $d$  de los cables, varillas, hierros de eslabones en las cadenillas, etc., etc., expresados en número entero de milímetros. La ordenada correspondiente tomada en las escalas  $G_1$ ,  $H_1$ ,  $J_1$ ,  $L_1$  de la placa móvil dará el valor de la carga  $P$  en kilogramos; y el número escrito entre paréntesis, que se halla debajo de los valores de  $P$ , en las escalas, indica el peso  $P'$ , por metro lineal de varilla, cadena, cuerda ó cable.

7. *Resolucion general de los problemas.*—Para resolver el problema directo, conocida la carga  $P$ , averiguar el diámetro  $d$ : se empezará por hacer coincidir con el eje  $OD$  la escala correspondiente de la tablilla móvil, y en ella se buscará  $P$  (punto  $u$ ) (fig. 1, lám. 1.<sup>a</sup>): el punto  $r$  de la abscisa dará á conocer  $d$ .

Si por el contrario, es dado  $d$  y se desea hallar la carga  $P$ , se buscará el diámetro, expresado en milímetros, en el eje  $UD$  (punto  $r$ ), y de aquí deduciremos la carga  $P$  (punto  $u$ ), así como el peso  $P'$  por metro lineal.

Para los reconocimientos de obras son datos la fuerza  $P$  de traccion y el diámetro  $d$ , y lo que se desea saber es la garantía de seguridad que ofrece la construccion. Se hallará el valor  $P_1$ , correspondiente al diámetro conocido  $d$ , y se comparará con  $P$ .

8. *Varillas de hierro.*—El coeficiente de trabajo que se ha tenido en cuenta es de 6 kilogramos por milímetro cuadrado. Se empleará la escala  $G_1$ , cuyas divisiones representan 100 kilogramos, y por cada una de las cuales aumenta en 0,128 kilogramos el peso  $P'$  del metro lineal.

Si al resolver el problema directo, del modo expresado en el número anterior, nos hallásemos con que la carga  $P$  dada es mayor que la mayor de la escala (que es 4200) se dividirá por 4 para determinar el punto  $u$  (fig. 1 de la lámina 1.<sup>a</sup>), pero el diámetro  $d$  así obtenido (punto  $r$ ) habrá de multiplicarse por 2.

Si, en el problema recíproco, el valor de  $d$  que se conoce es mayor que 30 milímetros (última división del eje  $UD$ ) se tomará la mitad; pero el valor de  $P$  que obtengamos habrá de multiplicarse por 4.

**9. Cadenas.**—Se supone también un coeficiente de trabajo  $R = 6$  kilogramos por milímetro cuadrado.

Se hará uso de la escala  $H_1$ : las divisiones son de 100 kilogramos, y por cada una aumenta  $P'$ , peso del metro lineal, en 0,212 kilogramos.

Cuando  $P$  ó  $d$  no esten contenidos en los ejes, se seguirá el procedimiento indicado para igual caso en las varillas de hierro.

**10. Cables de alambre de hierro.**—Se supone que los cables tienen 6 torones y un alma central de cáñamo, y que cada toron se compone de 6 alambres.

Cada división de la escala  $I_1$  representa 50 kilogramos, y á cada una corresponde un aumento de 0,05 kilogramos en el valor de  $P'$ .

Los valores de  $d$  son los del diámetro total del cable.

**11. Cuerdas de cáñamo.**—El coeficiente de trabajo que se ha adoptado en la construcción de la escala  $L_1$ , es  $R = 1$  kilogramo por milímetro cuadrado, como para cargas algo permanentes.

Cada división de la escala representa 10 kilogramos, y por cada una aumenta el peso  $P'$  del metro lineal en 0,01 kilogramo.

Si  $P$  ó  $d$  no estuviesen en los ejes, se seguirá el procedimiento indicado para igual caso en las varillas de hierro.

Si se quiere que  $R$  sea igual á 2 ó 3 kilogramos por milímetro cuadrado, habrá que multiplicar por estos números los valores de  $P$  y  $P'$  cuando sea dado  $d$ ; y cuando la incógnita sea esta cantidad, habrá que dividir el valor de  $d$  obtenido por  $\sqrt{2} = 1,41$  ó por  $\sqrt{3} = 1,44$  respectivamente.

#### PIEZAS CILÍNDRICAS DE HIERRO COMPRIMIDAS CUANDO $l < 12 d$ .

**12.** Cuando la longitud sea menor que 12 diámetros, se resolverán los problemas exactamente lo mismo que para varillas de hierro extendidas, y haciendo uso de los mismos ejes y escalas.

## V.

## FLEXION DE PIEZAS DE MADERA.

## FUERZAS NORMALES AL EJE DEL PRISMA.

**13.** Se hará uso del sistema de ejes  $O-MSNT$  (cara segunda del escuadrímetro), empleando para los diversos casos de flexion las escalas que indica la tabla del núm. **5**.

En el eje  $OM$  han de tomarse los valores de la longitud ( $l$ ) del prisma en metros; las divisiones alcanzan de 1 á 10 metros, con subdivisiones de 2 en 2 décímetros.

En el eje  $OS$  se tomarán, expresados en número entero de centímetros, los lados ( $b$ ) de escuadría paralelos al plano de las fuerzas (fig. 6, lám. 2.<sup>a</sup>); comprende desde  $b = 4$  centímetros á  $b = 30$  centímetros.

El eje  $ON$  es el de los otros lados  $a$ , expresados tambien en centímetros, desde cero á  $a = 30$  centímetros.

El eje  $OT$  es el de las cargas, y con él habrá de coincidir la escala correspondiente al caso particular de flexion y circunstancias señaladas en la tabla del núm. **5**. Llamaremos  $P$  á la carga total, ya esté aplicada en un solo punto, ya esté repartida: en este último caso, si llamamos  $p$  á la carga que actúa en cada metro lineal de viga, será  $P = p l$ .

## RESOLUCION GENERAL DE LOS PROBLEMAS.

**14.** PRIMER PROBLEMA.—*Son datos del problema las dimensiones de la viga ( $l$ ,  $a$  y  $b$ ) y el caso de flexion. Se desea conocer la carga  $P$  que podrá soportar.*

Sea, para fijar las ideas, una pieza de madera, de circunstancias I (núm. **5**), apoyada en los dos extremos y cargada uniformemente. Son conocidos la longitud  $l = 4^m, 20$ ,  $a' = 10$  centímetros y  $b = 14$  centímetros. Se desea obtener la carga total  $P$ . La escala para el eje  $OT$  es la  $D_2$  (núm. **5**). Tómese  $l$  en el eje  $OM$  (fig. 8, lám. 2.<sup>a</sup>, punto  $u$ ),  $b$  en  $OS$  (punto  $x$ ) y  $a$  en  $ON$  (punto  $y$ ): colóquese una de las reglillas segun  $ux$ , y hágase pasar la paralela por el punto  $y$ : así se obtendrá el punto  $\tau$  en el eje  $OT$ , que dá  $P = 372$  kilogramos.

La carga  $p$  por metro lineal es  $\frac{P}{l} = 88,5$  kilogramos.

**15.** Si la seccion trasversal de la pieza es un cuadrado  $a = b$ , se tomará el mismo valor en los ejes  $OS - ON$ .

**16.** Si la seccion trasversal es circular, se toma el diámetro  $d$  en los dos ejes  $OS - ON$  y se opera como en los casos anteriores; pero el valor de  $P$  que se obtenga hay que multiplicarlo por 0,6.

**17.** SEGUNDO PROBLEMA.—*Conocidos el caso de flexion, la carga  $P$  y la longitud  $l$ , determinar los lados de escuadria a y  $b$*  (fig. 9, lám. 2.<sup>a</sup>).

Por el caso de flexion, se conocerá (tabla del núm. 5) la escala que hay que hacer coincidir con el eje  $OT$ .

El problema es indeterminado.

Tómese  $l$  en  $OM$  (punto  $u$ ) y  $P$  en  $OT$  (punto  $\zeta$ ). Todos los sistemas de paralelas  $ux - \zeta y$ ,  $ux' - \zeta y'$ ,  $ux'' - \zeta y''$ , etc., darán pares de valores de  $a$  y  $b$  que resuelven el problema: de ellos se escogerá el más conveniente, segun los marcos de madera de que se disponga.

EJEMPLO. Pieza apoyada en tres puntos y cargada uniformemente (caso sexto de flexion). Madera buena: se trata de una obra provisional (circunstancia II); corresponde la escala  $O_2$  (núm. 5).

Datos:  $P = pl = 1,600$  kilogramos.

$l = 4$  metros.

Resultan, entre otras muchas, las soluciones siguientes (fig. 9, lám. 2.<sup>a</sup>):

$b = 12$  centímetros (punto  $x$ )       $a' = 4$  centímetros (punto  $y'$ )

$b = 10$       »      ( »  $x'$ )       $a = 6$       »      ( »  $y'$ )

$b = 8$       »      ( »  $x''$ )       $a = 9,3$       »      ( »  $y''$ )

**18.** Si la seccion trasversal de la viga hubiese de ser un cuadrado, se elegirá entre todos los pares de valores de  $a$  y  $b$  aquel en que  $a = b$ . A este efecto se harán girar las reglillas alrededor de los puntos  $u$  y  $\zeta$  hasta conseguir dos lecturas iguales en los ejes  $OS$  y  $ON$ .

**19.** Si la seccion es circular, se multiplicará por 1,66 el valor de  $P$  que se nos ha dado, y se resolverá el problema como si la seccion fuese cuadrada. Las lecturas iguales hechas en los ejes  $QS$  y  $ON$  darán el diámetro  $d$  en centímetros.

**20.** TERCER PROBLEMA.—*Se conoce la carga  $P$ , la longitud ( $l$ ) y la escuadria ( $a, b$ ). Se desea saber las condiciones de resistencia de la construccion.*

Hállese el valor  $P_1$  de la carga que corresponde á los datos  $l, a$  y  $b$ , como en el primer problema (núm. 14) y compárese con  $P$ .

**21.** *Resolucion del segundo problema de flexion* (conocidas las cargas, determinar la escuadria) *cuando se trata de fuerzas aisladas situadas en puntos cualesquiera de la pieza.* (Caso 7 de la tabla del núm. 5.)

*Primer caso.* Piezas apoyadas en sus extremos.

Si es una fuerza sola  $P$  (fig. 10, lám. 2.<sup>a</sup>), y siendo conocida la distancia  $d$  al apoyo más inmediato, fórmese la relación  $\frac{d}{l} = m$ , búsquese este valor (ó su inmediato superior) como abscisa en el eje  $O'' A''$  dibujado en la cara 2 del escuadrímetro (véase también fig. 12, lám. 2.<sup>a</sup>) y el valor de  $P$  en el eje  $O'' B''$ : el punto correspondiente á estas ordenadas dará un valor  $P_1$ .

Con este valor de  $P_1$  como carga, resuélvase el problema en el sistema de ejes  $O-M S N T$  (núm. 17) empleando las escalas  $C_2$  ó  $L_2$  (\*).

EJEMPLO.  $P = 1,500$  kilogramos  $l = 6$  metros  $d = 1^m, 16$ .

Circunstancias I. Escala para el eje  $O T = C_2$ .

$$m = \frac{d}{l} = \frac{1,16}{6} = 0,18.$$

Las divisiones del eje  $O'' A''$  son 0,05-0,1-0,15, etc., aumentando en 0,05. Tómese el valor 0,2 inmediato superior á  $m = 0,18$ , y en el eje  $O B''$  el de  $P = 1,500$  y así se obtiene  $P_0 = 960$  kilogramos (punto  $t$ , fig. 17 de la lámina 2.<sup>a</sup>).

Con este valor  $P_0$  se resuelve el problema, según hemos visto en el número 17.

La cuestión, está, pues, reducida á sustituir el valor de  $P$  dado por otro  $P_0$  que dan los ejes  $O'' A'' - O'' B''$  una vez formada la relación  $m = \frac{d}{l}$ .

Si la fuerza  $P$  está aplicada en el punto medio,  $m = 0,05$  y  $P_0 = P$ .

**22.** Si fuesen varias las fuerzas aplicadas, por ejemplo  $P_1 - P_2 - P_3 - P_4$  (fig. 11, lámina 2.<sup>a</sup>), se formarán las relaciones  $\frac{d}{l}, \frac{d_2}{l}$  etc. (\*\*) y se hallarán en los ejes  $O'' A'' B''$  los valores  $P'_1 - P'_2 - P'_3 - P'_4$  que han de sustituir á las cargas dadas. Con la suma  $P_0 = P'_1 + P'_2 + \dots$  se resolverá el problema, buscando  $P_0$  en el eje  $O T$  para obtener el punto  $\zeta$  (fig. 9, lámina 2.<sup>a</sup>).

**23.** *Segundo caso.*—Piezas empotradas en sus dos extremos. Se procede del mismo modo, sin más diferencia que la de multiplicar por 2 el valor de  $P_0$  que se obtengan. En el eje  $O T$  se buscará  $2 P_0$ .

(\*) Según que las circunstancias del material y obra sean las I ó la II respectivamente (núm. 5).

(\*\*) Recordaremos que las distancias  $d$  se cuentan hasta el apoyo más próximo, y que cuando  $d = 0,5 \cdot l$ , la fuerza no cambia de valor.

## VI.

## PIEZAS FLEXADAS Y COMPRIMIDAS.

**24.** Conocidas las fuerzas (aisladas ó uniformemente repartidas) de flexion, las  $Q$  de compresion (fig. 13, lám. 2.<sup>a</sup>) y la longitud  $l$  del prisma, se desea conocer la escuadría.

Se supone que no hay que temer la flexion lateral, por efecto de las fuerzas  $Q$  de compresion.

Atendiendo solamente á la flexion se halla la escuadría de la pieza (lados  $a$  y  $b$ , núm. 17).

Por las fórmulas sencillas  $a' = \frac{Q}{60 b}$ , ó  $a = \frac{Q}{80 b'}$  (segun que concurran las circunstancias I ó II del núm. 5), se calculará el suplemento  $a'$  de anchura que ha de darse á  $a$ . Los lados de escuadría definitivos son  $a_1 = a + a'$ , y  $b$ , todo expresado en centímetros.

**25.** Igual procedimiento se empleará cuando  $Q$  sea fuerza de extension.

**26.** Piezas inclinadas sujetas á la accion de fuerzas verticales.—Se supone que el apoyo superior es vertical (fig. 14, lám. 2.<sup>a</sup>).

Se trata de determinar la escuadría, conocidas las cargas, la longitud  $l$  del prisma y su inclinacion respecto á la horizontal.

Estas piezas resultan flexadas y comprimidas, y por lo tanto su escuadría se determina como en el caso precedente (núm. 24).

**27.** Por lo que respecta á la flexion, determínese  $a$  y  $b$ , lados de escuadría, como si la fuerza fuese horizontal, tomando como longitud suya, no  $l$ , sino su proyeccion horizontal. Para ello, entre los ejes  $OM-OS$  se han dibujado varias rectas que parten del origen  $O$  (fig. 2, lám. 1.<sup>a</sup>), y cuyas inclinaciones son de  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{2}{10}$  .....  $\frac{12}{20}$ . Sobre ella se busca  $l$  (punto  $m$ , fig. 9, lám. 2.<sup>a</sup>) y se deduce en seguida su proyeccion (punto  $u$ ): este punto, en union del  $z$  dado por la carga total  $P$ , servirá para hallar  $a$  (punto  $y$ ) y  $b$  (punto  $x$ ).

**28.** Para determinar la compresion  $Q$  se toma de  $H$  á  $r$  (fig. 2, lám. 1.<sup>a</sup> y fig. 17, lám. 2.<sup>a</sup>) en la escala de fuerzas  $HH'$ , dibujada en el escuadrímetro, el valor de  $\frac{1}{2} P$  (mitad de la carga total), y la interseccion de  $rs$  con la línea  $HS$  de inclinacion igual á la de la pieza dará  $Q = HS$ , con aproximacion suficiente en todos los casos.

Para apreciar  $HS$  llévese sobre  $HH'$ . Al propio tiempo obtenemos en  $sr$  el empuje horizontal que sufre el apoyo inferior.

**29.** Determinado  $Q$  se calculará el incremento  $a'$  que ha de sufrir el valor de  $a$ , lado de escuadría determinado por la flexion, por las fórmulas

$$a' = \frac{Q}{60b} \quad \text{ó} \quad \frac{Q}{80b} \quad (\text{núm. 24}).$$

## VII.

### PROBLEMAS DE FLEXION RELATIVOS Á VIGAS DE HIERRO

#### LAMINADAS Ó COMPUESTAS.

**30.** A este efecto sirven los ejes  $O'-M' S' N' T'$  de la cara segunda del escuadrímetro (fig. 2, lám. 1.<sup>a</sup>) y las tablas que se hallan al final de esta instrucción, de las cuales, la primera parte corresponde á los hierros doble T laminados, la segunda á los de igual forma, pero compuestos de escuadras y plancha de palastro, y la tercera á los hierros de T sencilla y angulares de lados iguales ó desiguales.

Las tablas contienen datos de hierros, cuyas dimensiones de sección transversal son diferentes, por variaciones en la altura, lado, espesor del alma ó nervios, etc. Para cada hierro (y segun que se les quiera hacer trabajar en la flexion á  $R=6$ , 7 ú 8 kilogramos por milímetro cuadrado) (\*), hay escrito un número abstracto de varias cifras, que representamos, en general, por la letra  $K$ , y en otra columna próxima otros números concretos, que expresan el peso en kilogramos del metro lineal de viga de hierro correspondiente.

**31.** Por ejemplo: para la viga doble T, compuesta de ángulos de  $60 \times 60 \times 8$  y alma de palastro de  $0^m,005$  de espesor, en la que la altura es de  $0^m,45$ , siendo el coeficiente de trabajo  $R$  de 6 kilogramos, hallaremos que  $K$  es igual á 41136, y pesa dicha viga 48,7 kilogramos por metro lineal (tabla II, pág. 37).

Del mismo modo veríamos que para una viga laminada, doble T, en la cual:

$$\text{Altura} = 0^m,13.$$

$$\text{Ancho de las tablas} = 50 \text{ milímetros.}$$

$$\text{Espesor medio de las tablas} = 10 \text{ milímetros.}$$

$$\text{Espesor del alma} = 10 \text{ milímetros.}$$

$R = 7$  kilogramos por milímetro cuadrado,  $K$  vale 4256, y el peso por metro lineal es 15,9 kilogramos (tabla I, pág. 29).

**32.** *Ejes.*—Las divisiones del eje  $O' M'$  representan los valores de la car-

(\*)  $R = 6$  corresponde al trabajo ordinario.

$R = 7$  se aplica á los hierros buenos.

$R = 8$  para hierros muy buenos ó construcciones atrevidas.

ga  $p$  por metro lineal de viga, cuando ésta funciona aisladamente, ó de la carga  $p'$  por metro cuadrado en los suelos. Cada division vale 20 kilogramos hasta los 500, y 50 kilogramos desde 500 á 1000.

En el eje  $O' S'$  se han de tomar los valores de la longitud  $l$  de viga entre apoyos, expresada en metros.

Las divisiones del eje  $O' N'$  representan la separacion  $h$ , en metros, que hay entre dos vigas continuas de un suelo ó entramado semejante, contadas de eje á eje de viga.

Por último: el eje  $O' T'$  da los valores del número abstracto  $K$  de que hemos hablado anteriormente.

#### CÁLCULO DE SUELOS.

**33.** Se supone que las vigas están apoyadas en sus extremos y cargadas uniformemente, como es costumbre en esta clase de problemas.

**34.** PRIMER PROBLEMA.—*Conociendo la carga  $p'$  por metro cuadrado de piso, la longitud  $l$  de la viga y la separacion  $h$  entre cada dos contiguas, hallar las dimensiones más convenientes de la seccion transversal.*—Tomando en los ejes (fig. 22, lám. 2.<sup>a</sup>) los valores de  $p'$  (punto  $u$ ),  $l$  (punto  $x$ ) y  $h$  (punto  $y$ ) la paralela  $y\zeta$  á  $xu$  da el valor de  $K$  (punto  $\zeta$ ). Búsquese  $K$  en las tablas y elíjase, entre todas las vigas para las cuales  $K$  tenga el valor encontrado, la más conveniente á nuestro propósito, ya por su poco peso, ya por sus dimensiones ó por el valor de  $R$ .

**35.** Si la recta  $y\zeta$  no cortase al eje  $O' T'$  se tomará para  $h$  un valor  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ , etc., del verdadero, y los valores de  $K$  dados por el punto  $\zeta$  se multiplicarán por 2, 3, etc.

**36.** SEGUNDO PROBLEMA.—*Para una de las secciones de hierros que contienen las tablas, conociendo además  $l$  y  $p'$ , determinar la distancia  $h$  á que habrán de colocarse.*—Se conocerá  $K$  por las tablas: buscando este valor, así como los de  $l$  y  $p'$ , en los ejes, obtendremos los puntos  $\zeta$ ,  $x$  y  $u$ , y se deducirá por tanto  $y$ , es decir, el valor de  $h$ .

**37.** Si  $K$  fuese mayor que 16.000, número límite de las divisiones del eje  $O' T'$ , dividase por 10 para obtener el punto  $\zeta$ , pero el valor de  $h$  que se obtenga habrá de ser multiplicado por 10.

**38.** TERCER PROBLEMA.—*Conocida la viga (es decir,  $K$ ) la longitud  $l$  y la separacion  $h$ , determinar la carga  $p'$  kilogramos por metro cuadrado de piso.*—En este problema se conocen los puntos  $\zeta$ ,  $y$  y  $u$ . La recta  $xu$  dará á conocer  $u$ , ó sea el valor de  $p'$  (fig. 22, lám. 2.<sup>a</sup>).

Si el valor conocido de  $K$ , fuese superior á 16.000, que es el número mayor de la escala  $O' T'$ , se dividirá por 2, 3, 4, etc., para obtener el punto  $\zeta$ , é igual operacion se efectuará con el valor de  $h$  para obtener el punto  $\gamma$ .

La misma observacion es aplicable al caso semejante del problema cuarto que sigue.

**39. CUARTO PROBLEMA.**—*Para una cierta viga de las tablas ( $K$ ), siendo datos la carga por metro cuadrado ( $p'$ ) y la separacion  $h$  de eje á eje, se desea conocer la longitud entre apoyos ( $l$ ).*

Se tienen los puntos  $\zeta$ ,  $\gamma$  y  $u$ . La paralela  $u x$  á  $\gamma \zeta$  da  $x$ , es decir,  $l$ .

#### VIGAS AISLADAS SOMETIDAS Á FLEXION.

**40. Vigas apoyadas en los dos extremos y cargadas uniformemente.**—Todos los problemas se resuelven como los anteriores, sin más diferencia que en el eje  $O' N'$  (fig. 22, lám. 2.<sup>a</sup>) se tomará siempre un mismo punto  $m$ , el correspondiente á la division 1 metro.

**41. PRIMER PROBLEMA.**—*Datos:  $l$  y  $p$  (carga en kilogramos por metro lineal). Se desea conocer la seccion de viga más conveniente.*

Se tiene el punto  $u$  por el valor de  $p$  y el  $x$  por el de  $l$ . Trazando por  $m$  una paralela á  $u x$ , obtendremos en  $\zeta'$  el valor de  $K$ , con el cual se acude á las tablas para elegir la viga más conveniente.

Si la recta  $m \zeta'$  no cortase al eje  $O' T'$ , se seguirá el procedimiento ya explicado en el núm. 35; es decir, se tomará en el eje  $O' N'$  no el punto  $m$ , sino otro de abscisa  $\frac{x}{2}$ ,  $\frac{x}{3}$ ,  $\frac{x}{4}$ , etc., teniendo cuidado después de multiplicar por 2, 3, 4, etc., los valores de  $K$ .

**42. SEGUNDO PROBLEMA.**—*Conociâa la viga (es decir,  $K$ ) y su longitud  $l$ , determinar la carga  $p$  por metro lineal.*—Son conocidos los puntos  $\zeta'$  y  $x$ . Apóyese una reglilla en  $m \zeta$ , y hágase pasar las otras  $x$ : de este modo obtendremos  $p$  en el punto  $u$  (fig. 22, lám. 2.<sup>a</sup>).

Cuando  $K$  fuese superior á 16.000, se dividirá por 2, 3, 4, etc., y se elegirá en el eje  $O' N'$  un punto de abscisa  $\frac{x}{2}$ ,  $\frac{x}{3}$ ,  $\frac{x}{4}$ , de la del punto  $m$ .

**43. Otros casos de flexion.**—En los problemas anteriores se ha supuesto que la viga estaba apoyada en los dos extremos y cargada uniformemente á razon de  $p$  kilogramos por metro líneal. Se seguirá exactamente el mismo método cuando las vigas esten en los casos señalados con el número 4 en la tabla del núm. 5.

Si las vigas estuviesen en otro caso distinto de los consignados en la ta-

bla (núm. 5) ya citada, se resolverían los problemas como lo acabamos de hacer para las piezas apoyadas, pero recordando que cada kilogramo de peso en estas equivale á:

$\frac{1}{8}$  de kilogramo para las piezas del caso 1.º

$\frac{1}{4}$  Idem para las del 2.º

$\frac{1}{2}$  Idem para las del 3.º

$\frac{3}{2}$  Idem para las del 5.º

$\frac{2}{4}$  Idem para las del 6.º

Así, pues, cuando el peso  $p$  sea dato de la cuestión (problema 1.º), se dividirá dicho valor por  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$  ..... 4, y el cociente es el que hay que buscar en el eje  $O' M'$ .

Si  $p$  es incógnita (problema 2.º), el valor hallado por los métodos anteriores habrá de multiplicarse por  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  ..... 4.

## VIII.

### PIEZAS COMPRIMIDAS.

#### PROBLEMAS RESUELTOS POR LAS FÓRMULAS DE HODGKINSON.

**44.** Se empleará el sistema de ejes  $O-ABCD$  de la cara primera del escuadrímetro (fig. 1, lám. 1.ª).

En el eje  $OA$  se han de tomar las longitudes  $l$  de las piezas en metros. Tiene este eje dos numeraciones: una ordinaria por la parte superior y otra romana por la inferior; en ambos los crecimientos  $0^m,20$  -  $0^m,40$  -  $0^m,60$  y  $0^m,80$ , existen de metro á metro, excepto de II á IV en que solamente hay una división intermedia por metro, que corresponde al crecimiento  $0^m,50$ .

En el eje  $OB$  se tomarán, expresados en centímetros, los lados menores  $e$  de escuadría, si se trata de piezas de sección rectangular, ó los diámetros  $d$  cuando la sección sea circular. Tiene, como el eje  $OA$ , dos numeraciones, una á la derecha en cifras árabes, que comprende de 4 á 10, de  $\frac{1}{4}$  de centímetro en  $\frac{1}{4}$  de centímetro, y otra romana, á la izquierda, que comprende de X á XX de medio en medio centímetro.

En el eje  $OC$  se han de tomar los valores de los lados mayores de escua-

dría  $c$  ó de los diámetros  $d$ , expresados en centímetros. También tiene dos numeraciones, una árabe por encima y otra romana por debajo.

Se ha de emplear á un tiempo en los tres ejes  $OA-OB-OC$  la numeración árabe ó la romana, y nunca la árabe en unos y la romana en otros.

El eje  $OD$  es el de las cargas  $P$ : para los diversos problemas se tomarán las escalas de la placa móvil, ya indicadas en la tabla del núm. 4.

Cuando se tome la numeración romana en los tres ejes, hay que tomar en las escalas del eje  $OD$  los números escritos entre paréntesis, que son el doble de los de la numeración ordinaria.

#### COLUMNAS MACIZAS DE FUNDICION.

**45.** Fórmula  $P = 1800 \frac{d^4}{l^2}$ . Escala  $A_1$ .

Cada división vale 1000 kilogramos, si se emplean las numeraciones ordinarias, y 2000 kilogramos cuando se emplean las romanas: es decir, los números encerrados en paréntesis en la escala  $A_1$ .

**46.** PRIMER PROBLEMA.—*Son conocidos el diámetro  $d$  y la longitud  $l$ : se busca la carga  $P$ .*—Se toma  $l$ , en metros, en el eje  $OA$  (fig. 1, lám. 2.<sup>a</sup>) (punto  $u$ ); el diámetro, en centímetros, se toma en el eje  $OB$  (punto  $x$ ) y en el  $OC$  (punto  $y$ ): la paralela  $y\zeta$  á  $ux$  dará el punto  $\zeta$ , es decir, la carga  $P$  (\*).

**47.** SEGUNDO PROBLEMA.—*Dadas  $P$  y  $l$  determinar  $d$ .*

Serán conocidos los puntos  $u$  y  $\zeta$  (fig. 1). Hágase pasar por ellos dos rectas paralelas tales que los puntos  $x$  é  $y$  den la misma numeración, y ella nos dará á  $d$ . Esta operación se hace muy fácilmente con las reglillas.

Recordaremos que los puntos  $u$ ,  $x$  é  $y$  han de tomarse en la misma numeración, árabe ó romana, y que en este último caso el punto  $\zeta$  ha de buscarse en los números de la escala  $A_1$ , escritos entre paréntesis.

#### COLUMNAS MACIZAS DE HIERRO.

**48.** Fórmula  $P = 3.600 \frac{d^4}{l^2}$ . Escala  $B_1$ .

Los problemas se resuelven exactamente lo mismo que los de columnas de fundición.

---

(\*) El valor de  $P$  no ha de ser nunca mayor que el que dá la parábola  $UV$ . Compruébese cuando  $l$  sea pequeño.

## COLUMNAS HUECAS DE FUNDICION.

49. Fórmula  $P = 1.800 \frac{d^4 - d'^4}{l^2}$ . Escala  $A_1$ .

Diámetro exterior de la columna  $= d$ .

Diámetro interior. . . . .  $= d'$ .

En la resolución de los problemas consideraremos que la resistencia de las columnas huecas es la diferencia de resistencias de las columnas macizas de diámetros  $d$  y  $d'$ .

50. PRIMER PROBLEMA.—*Se conocen los diámetros  $d$  y  $d'$  y la longitud  $l$  de la columna: se desea conocer la carga  $P$  que puede resistir.*

Búsquese la carga  $P_d$  que puede resistir la columna maciza de diámetro  $d$  (núm. 56) y la  $P_{d'}$  correspondiente á la columna de diámetro  $d'$ .

$P$  será igual á  $P_d - P_{d'}$ .

51. SEGUNDO PROBLEMA.—*Se dá el peso  $P$  y la longitud  $l$ : se desea conocer los diámetros  $d$  y  $d'$ .*

Generalmente se dá  $d$ ; si no, se le asigna un valor arbitrario, *a priori*, y se halla el peso  $P_d$ , que es capaz de soportar una columna maciza de este diámetro (núm. 56). Réstese de este peso el peso dado  $P$ , y la diferencia  $P_d - P = P_{d'}$  será el peso correspondiente á la columna maciza de diámetro  $d'$ , pues que hemos dicho que  $P = P_d - P_{d'}$ .

Conocido  $P_{d'}$  hállase entonces fácilmente el diámetro  $d'$  correspondiente á este peso (núm. 47, problema segundo).

52. EJEMPLO.  $P = 16.000$  kilogramos,  $l = 4$  metros.

Hagamos  $d = 13$  centímetros  $P_d = 32.000$  kilogramos;

y como  $P = 16.000$

---

resulta  $P_{d'} = 16.000$ ;

y á  $P_{d'}$  corresponde  $d' = 11$  centímetros.

El espesor de la columna será, pues, de 1 centímetro.

53. Observaciones.—1.<sup>a</sup>  $P_d$  no debe nunca ser menor que  $P$ , porque la resistencia de la columna maciza de diámetro  $d$  tiene que ser mucho mayor que la de la columna hueca que tenga igual diámetro exterior. Si  $P_d$  es menor que  $P$ , es prueba de que el diámetro  $d$  que nos han dado, ó hemos fijado arbitrariamente *a priori*, es muy pequeño.

En el problema anterior si hacemos  $d = 10,5$  centímetros, resulta:

$P_d = 13.600 < P$ .

2.<sup>a</sup> Puede suceder que  $d'$  resulte poco menor que  $d$ , de modo que el espesor de la columna sea inadmisibile por su pequeñez. Entónces se disminuye el valor fijado á  $d$  y se repiten los cálculos para obtener el nuevo valor de  $d'$ , que será menor que el anteriormente hallado.

En el ejemplo anterior si hacemos  $d = 18$  centímetros

$$\left. \begin{array}{l} P_d = 117572 \\ P = 16000 \\ P_{d'} = 101572 \end{array} \right\} \begin{array}{l} d' = 17,4 \text{ centímetros.} \\ \text{espesor } e = \frac{d - d'}{2} = 0,3 \text{ centímetros.} \end{array}$$

Este resultado prueba que hay que disminuir  $d$ . Habiendo  $d = 13$  centímetros se obtiene  $d' = 11$  centímetros y un valor admisible para  $e = 1$  centímetro.

COLUMNAS HUECAS DE HIERRO.

54. Fórmula  $P = 3600 \frac{d^4 - d'^4}{l^2}$ . Escala  $B_1$ .

Se opera como en el caso de columnas huecas de fundicion.

PIEZAS DE MADERA.

55. La fórmula para las vigas de seccion rectangular es

$$P = N \cdot \frac{u^3}{l^2};$$

siendo:

$l$  = longitud de la pieza.

$c$  = lado mayor de escuadría.  $\left. \begin{array}{l} \\ e = \text{lado menor de id. . . . .} \end{array} \right\} \text{Fig. 18, lám. 2.}^a$

$N = 25650$  para la encina fuerte. (Escala  $C_1$ )

$N = 21420$  para el pino fuerte. . . (Escala  $D_1$ )

$N = 18000$  para la encina floja. . . (Escala  $E_1$ )

$N = 16000$  para el pino flojo. . . . (Escala  $F_1$ )

La fórmula, y por tanto los ejes  $O - A B C D$  del escuadrímetro, supone que  $\frac{l}{e}$  está comprendido entre 30 y 45.

56. RESOLUCION GENERAL DEL PRIMER PROBLEMA.—*Dada la longitud ( $l$ ) y la escuadría ( $c$  y  $e$ ), averiguar la carga ( $P$ ).*

Fórmese  $\frac{l}{e}$  y véase si es mayor que 30 y menor que 45. En tal caso, há-

gase coincidir con el eje  $OD$  la escala correspondiente á la clase de madera (tabla del núm. 4): tómesese  $l$ , expresado en metros, en el eje  $OA$  (punto  $u$ ); el lado menor  $e$ , expresado en centímetros, en el eje  $OB$  (punto  $x$ , figura 1, lám. 2.<sup>a</sup>), y el lado  $c$ , en igual medida, en  $OC$  (punto  $y$ ). La paralela  $\gamma z$  á  $xu$  da la carga.

57. Si  $e$  fuese mayor que 10 centímetros se empleará la numeracion romana en los tres ejes, y la encerrada entre paréntesis en las escalas del eje  $OD$ .

58. RESOLUCION GENERAL DEL SEGUNDO PROBLEMA.—*Son conocidas la carga  $P$  y la longitud  $l$ : se desea obtener los lados  $c$  y  $e$ .* Sean, por ejemplo,  $P = 4000$  kilogramos  $l = 4$  metros. Madera de pino flojo (Escala  $F_1$ ).

Formo los valores límites que puede tener  $e$ , (y que son  $\frac{l}{30} = 13,3$  centímetros,  $\frac{l}{45} = 9$  centímetros) si es que se ha de verificar  $\frac{l}{e} > 30$   $\frac{l}{e} < 45$ .

Tomo  $l$  en  $OA$  (punto  $u$ , fig. 1, lám. 2.<sup>a</sup>),  $P$  en  $OD$  (punto  $z$ ), y  $\frac{l}{30}$  y  $\frac{l}{45}$  en  $OB$  (puntos  $x$  y  $x'$ .)

59. Si la paralela  $z y'$  á  $u x'$  da para  $c$  (punto  $y'$ ) un valor menor que 9 centímetros, que es el menor que puede tener  $e$ , el problema no puede resolverse por la fórmula de Hodgkinson, pues ella supone que  $c$  es el lado mayor.

60. Si  $c$  (punto  $y'$ ) resulta mayor que el valor  $\frac{l}{45}$  de  $e$ , (ó sea 9 centímetros en este problema) habrá varias soluciones del problema, y serán dadas por todo sistema de paralelas,  $u x'' - z y''$ , que partiendo de los puntos  $u$  y  $z$  esten comprendidas en los ángulos  $x u x' - y z y'$ , y den para  $c$  (punto  $y''$ ) valores menores que los de  $e$  (punto  $x''$ ).

61. Hé aquí algunas soluciones del problema numérico que antecede:

$$\begin{array}{ll} e = 13 \text{ centímetros} & c = 18 \text{ centímetros.} \\ e = 12 & c = 23 \end{array}$$

62. Si la seccion es cuadrada es preciso que  $c = e$ , es decir, que  $x''$  é  $y''$  den igual lectura. Así, pues, hay una sola solucion, ó ninguna.

63. RESOLUCION GENERAL DEL TERCER PROBLEMA.—*Datos:  $P$  y el lado menor  $e$ : incógnitas el lado mayor  $c$  y la longitud  $l$ .*

Fórmese  $30 e = l'$  y  $45 e = l''$  (puntos  $u$  y  $u'$  del eje  $OA$ . Figura 2 de la lám. 2.<sup>a</sup>): tomo en  $OB$  el valor de  $e$  (punto  $x$ ) y el de  $P$  en  $OD$  (punto  $z$ ):  $x u - x u'$  serán los límites de las posiciones de la primera reglilla, y  $z y - z y'$  los de la segunda.

Todo sistema de paralelas,  $z y'' - x u''$ , comprendido en los ángulos

$u x u' - y z y'$ , y tal que  $c$  (punto  $y''$ ) dé mayor valor que el  $e'$  dado, resolverá el problema:  $l$  es dado por  $u''$ .

**64.** Si la seccion es cuadrada se tomará  $c = e$  en el eje  $OC$  (punto  $y''$ ); el punto  $u''$  dará el valor de  $l$ ; si  $u''$  cae fuera de  $u u'$ , no hay solucion.

**65.** RESOLUCION GENERAL DEL CUARTO PROBLEMA.—Dado  $P$  y el lado mayor  $c$ , determinar el menor  $e$  y la longitud  $l$ .

Conocemos el punto  $z$  por  $P$  (fig. 3, lám. 2.<sup>a</sup>) y el  $y$  por  $c$ . Todas las paralelas  $x u$ ,  $x' u'$ , etc., darán soluciones al problema siempre que resulten para  $e$  (puntos  $x - x' - x'' \dots$ ) valores menores que el de  $c$ , y con tal de que  $\frac{l}{c} > 30$ ,  
 $\frac{l}{c} < 45$ , condiciones de fácil verificacion.

**66.** QUINTO PROBLEMA.—Son conocidos  $P$ ,  $l$ ,  $c$  y  $e$ , y se desea averiguar en qué condiciones de resistencia está la pieza.

Hállese el peso  $P_1$  que corresponde á los valores  $l$ ,  $c$  y  $e$  dados (problema primero, núm. 56) y compárese con  $P$ .

**67.** Caso de piezas cilíndricas.—Cuando las piezas son de seccion circular el peso que pueden soportar es los  $\frac{3}{5}$  del correspondiente á la viga cuadrada circunscrita.

Así, cuando la incógnita sea el peso, se resolverá el problema como si la pieza fuese de seccion cuadrada, y se tomará los  $\frac{3}{5}$  del valor de  $P$  obtenido.

Si, por el contrario, es  $P$  dato del problema, se multiplicará por  $\frac{5}{3}$  y se operará como si la viga fuese de seccion cuadrada: el valor de  $e$  será el del diámetro  $d$ .

En todos casos de relacion  $\frac{l}{e}$  es ahora  $\frac{l}{d}$ , y debe estar comprendida entre 30 y 45.

## IX.

### PIEZAS DE MADERA COMPRIMIDAS,

CALCULADAS SEGUN LAS TABLAS DE MORIN.

**68.** Siempre que sea posible, es decir, que  $\frac{l}{e} > 30$   
 $\frac{l}{e} < 45$  debe hacerse uso de las fórmulas de Hodgkinson, y por tanto, de los procedimientos que preceden, que conducen á iguales resultados. De ser imposible, se empleará el

método siguiente, que conduce á resultados iguales á los que dan las tablas de Morin (\*).

Hágase uso de los ejes  $O' - A' B' C' D'$ , cara (1) del escuadrímetro (fig. 1, lám. 1.<sup>a</sup>)

En el  $O' A'$  se buscará uno cualquiera de los dos lados de escuadría  $c$  ó  $e$ , expresado en centímetros, y en el  $O' B'$  el otro. Es indiferente, pues las líneas  $u x - u' x'$  que resultan de cambiar los ejes, son paralelas.

El eje  $O' C'$  da los valores de  $P$ . Tiene dos numeraciones: la superior, hasta 9000, se usa cuando se emplean en el eje  $O' D'$ , los números escritos con cifras mayores, y la inferior, de 0 á 36.000, cuando se hace uso de los números de dicho eje  $O' D'$  escritos en cifras pequeñas.

Las divisiones del eje  $O' D'$  marcan la relacion  $\frac{l}{e}$  desde 12 á 72 (\*\*), escrita en cifras pequeñas, y de 36 á 72 en cifras mayores. Estas divisiones son distintas, segun sea la calidad de la madera y el grado de seguridad de la construccion: por esta razon se han formado las dos escalas  $M_1$  y  $N_1$ , que deben emplearse en los casos indicados en la tabla del núm. 4; es decir,  $M_1$  para la madera ordinaria ó condiciones ordinarias de resistencia, y  $N_1$  para madera muy buena ú obras algo atrevidas (\*\*\*) .

**69.** *Resolucion general de los problemas, suponiendo la seccion rectangular ó cuadrada.*—1.º Conocidos l longitud, y  $c$  y  $e$  escuadría, determinar  $P$ .

Sea  $l = 2$  metros     $c = 20$  centímetros     $e = 5$  centímetros.

Condiciones ordinarias de madera: Escala  $M_1$ ;

Fórmese la relacion  $\frac{l}{e} = \frac{2}{0,05} = 40$ . Tómese (fig. 4, lám. 2.<sup>a</sup>) uno de los lados, por ejemplo, el  $e = 5$  centímetros en el eje  $O' A'$  (punto  $u$ ); el otro lado  $c = 20$  centímetros en  $O' B'$  (punto  $x$ ) y la division 40 de la escala  $M_1$  (punto  $z$ ). Colóquese una de las reglillas de  $u$  á  $x$ , hágase pasar la otra por  $z$ , y así obtendremos el punto  $y$  que dá  $P = 1700$  kilogramos.

Siempre que se pueda se utilizarán las divisiones de la escala  $M_1$ , escritas

(\*) Mr. Morin emplea la fórmula  $P = R \cdot c \cdot e$ , dando á  $R$  valores que varian con la relacion  $\frac{l}{e}$ .

(\*\*) Para valores de  $\frac{l}{e} < 12$ , se ha de emplear la fórmula  $P = 60 c \cdot e$ , que por su sencillez no necesita facilidades mayores de aplicacion.

(\*\*\*) En la construccion de  $M_1$  se ha supuesto que el coeficiente de trabajo es  $R = 60$  kilogramos por centímetro cuadrado; y para  $N_1$ ,  $R = 80$  kilogramos por centímetro cuadrado.

con cifras de mayor tamaño (de  $\frac{l}{e} = 32$  á  $\frac{l}{e} = 72$ ), en cuyo caso ha de leerse  $P$  en la numeracion superior del eje  $O' C'$ . Por lo demás, si se toma  $\frac{l}{e}$ , que en este ejemplo es igual á 40, en los números escritos con cifras pequeñas (punto  $\zeta'$ ) obtendremos el mismo valor  $P = 1700$  (punto  $y'$ ) en la numeracion interior del eje  $O' C'$ .

Si el lado mayor  $c = 20$  se toma en el eje  $O' A'$  (punto  $u'$ ), y el menor  $e = 5$  centímetros en  $O' B'$  (punto  $x'$ ), la recta  $u' x'$  resulta paralela á  $ux$ : de modo que se obtendrá las mismas rectas paralelas  $\zeta y$  ó  $\zeta' y'$ , es decir, el mismo valor de  $P$ .

Todas estas observaciones son aplicables á los problemas siguientes:

**70.** Para piezas de seccion cuadrada  $c = e$ , se opera idénticamente.

**71.** SEGUNDO PROBLEMA.—*Conocidos el peso  $P$  y la longitud  $l$ , calcular la escuadria  $c$  y  $e$ .*

Sea  $P = 1000$  kilogramos,  $l = 4$  metros. Se va á emplear la escala  $M_1$ .

Comiéncese por fijar arbitrariamente la relacion  $\frac{l}{e}$ , y supongamos  $\frac{l}{e} = 40$ ; es decir,  $e = \frac{l}{40} = 10$  centímetros.

Búsquese la division 40 del eje  $O' D'$  (punto  $\zeta$ , fig. 5, lám. 2.<sup>a</sup>), el valor de  $P$  en  $O' C'$  (punto  $y$ ) y el de  $e$  supuesto,  $e = 10$  centímetros, en  $O' R'$  (punto  $u$ ). La recta  $ux$ , paralela á  $\zeta y$ , resuelve el problema siempre que el punto  $y$  dé para  $c$  un valor menor que el supuesto de  $e$ . En el caso actual no se satisface esta condicion, pues resulta  $c = 6$  centímetros, menor que  $e = 10$  centímetros: esto nos dice que hemos de tomar un punto  $\zeta'$  más próximo al origen, ó, lo que es lo mismo, que hemos de dar á  $\frac{l}{e}$  un valor mayor que 40.

Haciendo á  $\frac{l}{e} = 48$ , resulta  $e = \frac{l}{48} = 8,3$  centímetros: las rectas paralelas son entonces  $y \zeta' - u' x'$ , y se obtiene  $c = 11$  centímetros (punto  $x'$ ), valor admisible, pues que es mayor que  $e = 8,3$  centímetros.

**72.** Para las piezas de seccion cuadrada ha de obtenerse  $c = e$ : esto exige varios tanteos.

**73.** TERCER PROBLEMA.—*Se conocen  $P$ ,  $l$  y el lado menor  $e$ .*

Fórmese  $\frac{l}{e}$ , y así conoceremos los tres puntos  $u$ ,  $\zeta$  é  $y$ : las reglillas nos darán  $x$ ; es decir,  $c$ . Si resulta  $c < e$ , el problema no tiene solucion.

- 74.** Para secciones cuadradas ha de obtenerse  $c = e$ , lo cual es raro.
- 75.** CUARTO PROBLEMA.—*Conocida la carga y la longitud y escuadría de las piezas, determinar las condiciones de seguridad en que se halla la obra.*  
 Determínese, como en el primer problema, el valor  $P_1$  de la carga que corresponde á los datos  $l, c$  y  $e$ , y compárese con el de  $P$ .  
 Lo mismo se hará en el caso de seccion cuadrada.
- 76.** *Caso de piezas cilíndricas.*—Se seguirá la regla del núm. **67**.

## X.

## CERCHAS DE TIRANTE HORIZONTAL.

**77.** *Determinacion de la fuerza máxima de compresion del par y de la extension del tirante.*

Se suman todas las fuerzas  $P_1$  que obran en los nudos ó articulaciones de los pares (figuras 19, 20 y 21 de la lám. 2.<sup>a</sup>). Llamemos  $P$  á esta suma (\*).

Tómese  $\frac{1}{2} P$  en la escala  $HH'$  (cara (2) del escuadrímetro), de  $H$  á  $r$  (figura 17, lám. 2.<sup>a</sup>), y la interseccion de  $rs$  con la recta  $Hs$  de inclinacion, igual á la del par, dará:

$$Hs = \text{compresion máxima del par,}$$

$$sr = \text{extension del tirante.}$$

Para medir  $Hs$  y  $sr$  se llevarán sobre la escala  $HH'$ .

La determinacion de las escuadrías del par y del tirante se hará segun ya hemós visto en los problemas de los números **55** y **8**.

---

(\*)  $P = 3 P_1$  en las figuras 19 y 20.  
 $P = 7 P_1$  en la figura. 21.

TABLA I.

---

HIERROS DOBLE T LAMINADOS.



| ALTURA<br>—<br>m m. | TABLAS.             |                                | ALMA.<br>Espesor.<br>—<br>m m. | VALOR DE K. |       |       | PESO<br>del<br>metro lineal.<br>—<br>Kilógramos. |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------------------------------|
|                     | Ancho.<br>—<br>m m. | Espesor<br>medio.<br>—<br>m m. |                                | R = 6       | R = 7 | R = 8 |                                                  |
| 80                  | 38                  | 6                              | 6                              | 936         | 1038  | 1248  | 6,50                                             |
| 80                  | 41                  | 6                              | 4                              | 952         | 1104  | 1264  | 6,25                                             |
| 80                  | 42                  | 6                              | 10                             | 1144        | 1344  | 1523  | 9                                                |
| 80                  | 45                  | 6                              | 8                              | 1160        | 1362  | 1544  | 8,7                                              |
|                     |                     |                                | 6                              | 1296        | 1512  | 1728  | 8,77                                             |
|                     |                     |                                | 7                              | 1344        | 1568  | 1790  | 9,4                                              |
|                     |                     |                                | 8                              | 1392        | 1624  | 1856  | 10,03                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 1440        | 1680  | 1920  | 10,66                                            |
|                     |                     |                                | 10                             | 1488        | 1736  | 1984  | 11,29                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 1536        | 1792  | 2048  | 11,92                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 1584        | 1848  | 2112  | 12,55                                            |
| 80                  | 45                  | 8                              | 13                             | 1632        | 1904  | 2176  | 13,18                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 1680        | 1960  | 2240  | 13,81                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 1728        | 2016  | 2304  | 14,44                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 1776        | 2072  | 2368  | 15,07                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 1824        | 2128  | 2432  | 15,70                                            |
|                     |                     |                                | 18                             | 1872        | 2184  | 2496  | 16,33                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 1920        | 2240  | 2560  | 16,96                                            |
|                     |                     |                                | 20                             | 2016        | 2352  | 2688  | 17,59                                            |
|                     |                     |                                | 6                              | 1824        | 2160  | 2432  | 9,63                                             |
|                     |                     |                                | 7                              | 1920        | 2240  | 2560  | 10,40                                            |
| 100                 | 45                  | 8,5                            | 8                              | 1968        | 2296  | 2624  | 11,17                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 2064        | 2308  | 2742  | 11,94                                            |

| ALTURA<br>—<br>m m. | TABLAS.             |                                | ALMA.<br>Espesor.<br>—<br>m m. | VALOR DE K. |       |       | PESO<br>del<br>metro lineal.<br>—<br>Kilógramos. |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------------------------------|
|                     | Ancho.<br>—<br>m m. | Espesor<br>medio.<br>—<br>m m. |                                | R = 6       | R = 7 | R = 8 |                                                  |
| 100                 | 45                  | 8,5                            | 10                             | 2160        | 2520  | 2880  | 12,71                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 2208        | 2576  | 2944  | 13,48                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 2304        | 2688  | 3072  | 14,25                                            |
|                     |                     |                                | 13                             | 2400        | 2800  | 3200  | 15,02                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 2448        | 2856  | 3264  | 15,79                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 2544        | 2968  | 3392  | 16,56                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 2640        | 3080  | 3520  | 17,33                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 2688        | 3136  | 3884  | 18,10                                            |
|                     |                     |                                | 18                             | 2784        | 3248  | 3712  | 18,87                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 2832        | 3304  | 3776  | 19,64                                            |
| 130                 | 50                  | 10                             | 20                             | 2928        | 3416  | 3904  | 20,41                                            |
|                     |                     |                                | 6                              | 3120        | 3640  | 4160  | 11,90                                            |
|                     |                     |                                | 7                              | 3264        | 3808  | 4352  | 12,90                                            |
|                     |                     |                                | 8                              | 3408        | 3976  | 4544  | 13,90                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 3504        | 4088  | 4672  | 14,90                                            |
|                     |                     |                                | 10                             | 3648        | 4256  | 4864  | 15,90                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 3792        | 4424  | 5056  | 16,90                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 3936        | 4592  | 5248  | 17,90                                            |
|                     |                     |                                | 13                             | 4080        | 4760  | 5440  | 18,90                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 4176        | 4872  | 5568  | 19,90                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 4320        | 5040  | 5760  | 20,90                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 4464        | 5208  | 5952  | 21,90                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 4608        | 5376  | 6144  | 22,90                                            |

| ALTURA<br>—<br>m m. | TABLAS.             |                                | ALMA.<br>Espesor.<br>—<br>m m. | VALOR DE K. |       |       | PESO<br>del<br>metro lineal.<br>—<br>Kilógramos. |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------------------------------|
|                     | Ancho.<br>—<br>m m. | Espesor<br>medio.<br>—<br>m m. |                                | R = 6       | R = 7 | R = 8 |                                                  |
| 130                 | 50                  | 10                             | 18                             | 4752        | 5545  | 6336  | 23,90                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 4848        | 5656  | 6464  | 24,90                                            |
|                     |                     |                                | 20                             | 4992        | 5824  | 6656  | 25,90                                            |
|                     |                     |                                | 7                              | 4608        | 5376  | 6144  | 16,30                                            |
|                     |                     |                                | 8                              | 4800        | 5600  | 6400  | 17,53                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 4992        | 5824  | 6656  | 18,76                                            |
| 160                 | 55                  | 10                             | 10                             | 5184        | 6048  | 6912  | 19,99                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 5424        | 6358  | 7104  | 21,22                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 5615        | 6552  | 7488  | 22,45                                            |
|                     |                     |                                | 13                             | 5808        | 6776  | 7744  | 23,68                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 6090        | 6990  | 8000  | 24,91                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 6192        | 7224  | 8256  | 26,14                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 6364        | 7448  | 8512  | 27,37                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 6624        | 7728  | 8832  | 28,60                                            |
|                     |                     |                                | 18                             | 6736        | 7852  | 9088  | 29,83                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 7008        | 8176  | 9344  | 31,06                                            |
| 180                 | 60                  | 10,5                           | 20                             | 7200        | 8400  | 9600  | 32,29                                            |
|                     |                     |                                | 7                              | 6192        | 7224  | 8256  | 18,50                                            |
|                     |                     |                                | 8                              | 6432        | 7504  | 8576  | 19,88                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 6672        | 7784  | 8896  | 21,26                                            |
|                     |                     |                                | 10                             | 6960        | 8126  | 9280  | 22,64                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 7200        | 8400  | 9600  | 24,02                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 7440        | 8680  | 9920  | 25,40                                            |

| ALTURA<br>—<br>m m. | TABLAS.             |                                | ALMA.<br>Espesor.<br>—<br>m m. | VALOR DE K. |       |       | PESO<br>del<br>metro lineal.<br>—<br>Kilógramos. |      |       |       |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------------------------------|------|-------|-------|
|                     | Ancho.<br>—<br>m m. | Espesor<br>medio.<br>—<br>m m. |                                | R = 6       | R = 7 | R = 8 |                                                  |      |       |       |
| 180                 | 60                  | 10,5                           | 13                             | 7728        | 9016  | 10304 | 26,78                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 14                             | 7968        | 9296  | 10644 | 28,16                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 15                             | 8256        | 9632  | 11008 | 29,54                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 16                             | 8496        | 9912  | 11328 | 30,92                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 17                             | 8784        | 10248 | 11712 | 32,30                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 18                             | 9024        | 10528 | 12032 | 33,68                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 19                             | 9264        | 10808 | 12352 | 35,06                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 20                             | 9552        | 11094 | 12736 | 36,44                                            |      |       |       |
|                     |                     |                                | 200                            | 65          | 10,5  | 7     | 6896                                             | 8512 | 9728  | 21,10 |
|                     |                     |                                |                                |             |       | 8     | 7632                                             | 8704 | 10176 | 22,64 |
| 9                   | 7968                | 9296                           |                                |             |       | 10624 | 24,18                                            |      |       |       |
| 10                  | 8256                | 9612                           |                                |             |       | 11008 | 25,72                                            |      |       |       |
| 11                  | 8692                | 10024                          |                                |             |       | 11456 | 27,26                                            |      |       |       |
| 12                  | 8880                | 10360                          |                                |             |       | 11840 | 28,80                                            |      |       |       |
| 13                  | 9216                | 10752                          |                                |             |       | 12288 | 30,34                                            |      |       |       |
| 14                  | 9555                | 11094                          |                                |             |       | 12736 | 31,88                                            |      |       |       |
| 15                  | 9840                | 11480                          |                                |             |       | 13120 | 33,42                                            |      |       |       |
| 16                  | 10276               | 11872                          |                                |             |       | 13568 | 34,96                                            |      |       |       |
| 17                  | 10512               | 12264                          | 14016                          | 36,50       |       |       |                                                  |      |       |       |
| 18                  | 10800               | 12600                          | 14400                          | 38,04       |       |       |                                                  |      |       |       |
| 19                  | 11136               | 12992                          | 14848                          | 39,58       |       |       |                                                  |      |       |       |
| 20                  | 11472               | 13384                          | 15296                          | 41,12       |       |       |                                                  |      |       |       |

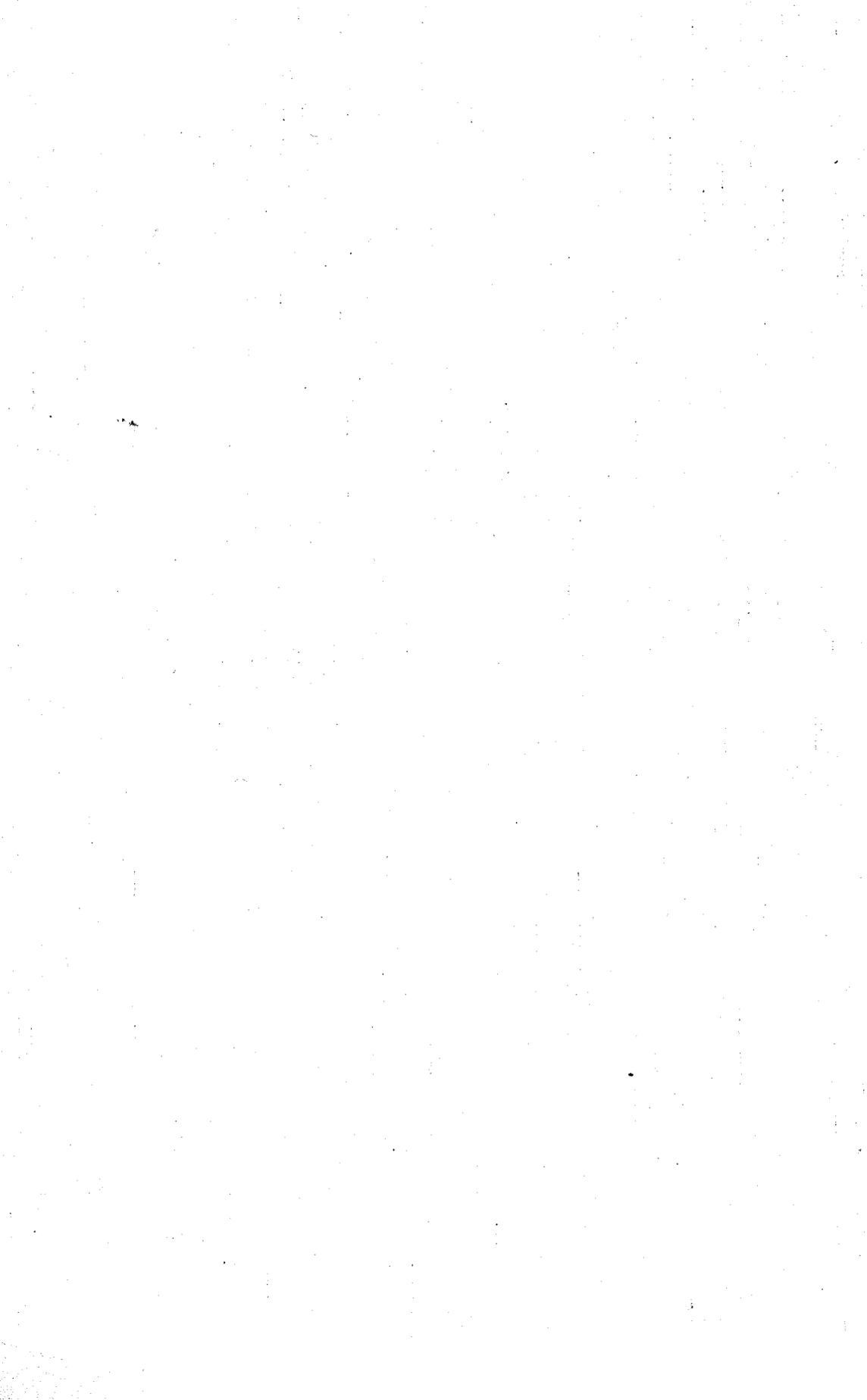
| ALTURA<br>—<br>m m. | TABLAS.             |                                | ALMA.<br>Espesor.<br>—<br>m m. | VALOR DE K. |       |       | PESO<br>del<br>metro lineal.<br>—<br>Kilógramos. |
|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------------------------------|
|                     | Ancho.<br>—<br>m m. | Espesor<br>medio.<br>—<br>m m. |                                | R = 6       | R = 7 | R = 8 |                                                  |
| 225                 | 70                  | 11,5                           | 8                              | 10272       | 11984 | 13693 | 25,10                                            |
|                     |                     |                                | 9                              | 10656       | 12482 | 14208 | 26,83                                            |
|                     |                     |                                | 10                             | 11088       | 12936 | 14784 | 28,56                                            |
|                     |                     |                                | 11                             | 11472       | 13384 | 15296 | 30,29                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 11904       | 13888 | 15872 | 32,02                                            |
|                     |                     |                                | 13                             | 12288       | 14336 | 16384 | 33,75                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 12672       | 14784 | 16896 | 35,48                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 13104       | 15288 | 17472 | 37,21                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 13488       | 15736 | 17984 | 38,94                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 13920       | 16240 | 18560 | 40,67                                            |
| 300                 | 145                 | 15                             | 18                             | 14304       | 16698 | 19072 | 42,40                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 14736       | 17192 | 19648 | 44,13                                            |
|                     |                     |                                | 20                             | 15120       | 17630 | 20160 | 45,86                                            |
|                     |                     |                                | 12                             | 35184       | 41048 | 46912 | 66,00                                            |
|                     |                     |                                | 13                             | 35904       | 41888 | 47872 | 68,34                                            |
|                     |                     |                                | 14                             | 36624       | 42728 | 48832 | 70,68                                            |
|                     |                     |                                | 15                             | 37344       | 43568 | 49792 | 73,02                                            |
|                     |                     |                                | 16                             | 38064       | 44408 | 50752 | 75,36                                            |
|                     |                     |                                | 17                             | 38784       | 45248 | 51712 | 77,70                                            |
|                     |                     |                                | 18                             | 39504       | 46088 | 52672 | 80,04                                            |
|                     |                     |                                | 19                             | 40224       | 46928 | 53632 | 82,38                                            |
|                     |                     |                                | 20                             | 40944       | 47768 | 54592 | 84,74                                            |



## TABLA II.

---

VIGAS DOBLE T COMPUESTAS.



..... ángulos de  $\frac{60 \times 60}{8}$ .

| Alturas, en metros,..... | VALOR DE K.                      |       |                                  |       |                                  |       | PESO                                                                       |       |
|--------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|-------|
|                          | R = 6                            |       | R = 7                            |       | R = 8                            |       | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |
|                          | Espesor del alma, en milímetros. |       | Espesor del alma, en milímetros. |       | Espesor del alma, en milímetros. |       |                                                                            |       |
|                          | 5                                | 10    | 5                                | 10    | 5                                | 10    | 5                                                                          | 10    |
| 0,15                     | 9128                             | 10032 | 10640                            | 11704 | 12160                            | 13376 | 37,10                                                                      | 42,90 |
| 0,20                     | 13760                            | 15360 | 16049                            | 17920 | 18342                            | 20480 | 39,00                                                                      | 46,80 |
| 0,25                     | 18736                            | 21232 | 21856                            | 24768 | 24969                            | 28307 | 41,00                                                                      | 50,70 |
| 0,30                     | 23984                            | 27584 | 27888                            | 32177 | 31872                            | 36774 | 42,90                                                                      | 54,80 |
| 0,35                     | 29480                            | 34376 | 34384                            | 40096 | 39296                            | 45824 | 44,80                                                                      | 58,50 |
| 0,40                     | 35200                            | 41600 | 41048                            | 48529 | 46912                            | 55462 | 46,80                                                                      | 62,40 |
| 0,45                     | 41136                            | 49232 | 47992                            | 57433 | 54848                            | 65638 | 48,70                                                                      | 66,20 |
| 0,50                     | 47288                            | 57288 | 55165                            | 66836 | 63048                            | 76384 | 50,90                                                                      | 70,10 |
| 0,55                     | 53648                            | 65744 | 62585                            | 76697 | 71526                            | 87654 | 52,60                                                                      | 74,00 |

EL ESCUADRIMETRO.

..... ángulos de  $\frac{60 \times 60}{8}$ .

| Alturas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |        |                                  |        |                                  |        | PESO                                                                       |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------|--------|
|                         | <i>R</i> = 6                     |        | <i>R</i> = 7                     |        | <i>R</i> = 8                     |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |                                                                            |        |
|                         | 5                                | 10     | 5                                | 10     | 5                                | 10     | 5                                                                          | 10     |
| 0,60                    | 58216                            | 74616  | 70252                            | 87052  | 80288                            | 99488  | 54,60                                                                      | 77,90  |
| 0,65                    | 66984                            | 83880  | 78148                            | 97860  | 89312                            | 111840 | 56,50                                                                      | 81,80  |
| 0,70                    | 73960                            | 93560  | 86301                            | 109149 | 98630                            | 124742 | 58,50                                                                      | 85,70  |
| 0,75                    | 81144                            | 105640 | 94668                            | 120909 | 108192                           | 138182 | 60,40                                                                      | 89,60  |
| 0,80                    | 88528                            | 114128 | 103292                           | 133145 | 118048                           | 152166 | 62,40                                                                      | 93,50  |
| 0,85                    | 96112                            | 125008 | 112128                           | 145840 | 128147                           | 166675 | 64,30                                                                      | 97,40  |
| 0,90                    | 103896                           | 136296 | 121212                           | 159012 | 138528                           | 181728 | 66,20                                                                      | 101,20 |
| 0,95                    | 111880                           | 147976 | 130524                           | 172636 | 149171                           | 197299 | 68,20                                                                      | 105,10 |
| 1,00                    | 120072                           | 172570 | 140084                           | 186748 | 160096                           | 213427 | 72,10                                                                      | 112,90 |



..... ángulos de  $\frac{70 \times 70}{7}$ .

| Alturas, en metros..... | VALOR DE K.                      |       |       |                                  |       |       |                                  |       |        | PESO                                                                       |       |       |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|--------|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                         | R = 6                            |       |       | R = 7                            |       |       | R = 8                            |       |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |       |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |       |       | Espesor del alma, en milímetros. |       |       | Espesor del alma, en milímetros. |       |        |                                                                            |       |       |
|                         | 7                                | 8     | 10    | 7                                | 8     | 10    | 7                                | 8     | 10     | 7                                                                          | 8     | 10    |
| 0,20                    | 14488                            | 14808 | 15448 | 16806                            | 17177 | 17919 | 19269                            | 19694 | 20545  | 39,92                                                                      | 41,48 | 44,60 |
| 0,25                    | 19904                            | 20400 | 21400 | 23088                            | 23664 | 24824 | 26472                            | 27132 | 28462  | 42,65                                                                      | 44,60 | 48,50 |
| 0,30                    | 25712                            | 26432 | 27902 | 29825                            | 30661 | 32666 | 34196                            | 35154 | 37109  | 45,38                                                                      | 47,72 | 52,40 |
| 0,35                    | 31856                            | 32832 | 34792 | 36952                            | 38085 | 40358 | 42368                            | 43666 | 46273  | 48,11                                                                      | 50,84 | 56,30 |
| 0,40                    | 38312                            | 39592 | 42152 | 44441                            | 45926 | 48896 | 50954                            | 52657 | 56062  | 50,84                                                                      | 53,96 | 60,20 |
| 0,45                    | 45080                            | 46696 | 49936 | 52292                            | 54167 | 57925 | 59956                            | 62105 | 66414  | 53,57                                                                      | 57,08 | 64,10 |
| 0,50                    | 52128                            | 54128 | 58128 | 60468                            | 62788 | 65108 | 69330                            | 71990 | 74650  | 56,30                                                                      | 60,20 | 68,00 |
| 0,55                    | 59488                            | 61904 | 66744 | 69006                            | 71808 | 74423 | 79119                            | 82332 | 88769  | 59,30                                                                      | 63,32 | 71,90 |
| 0,60                    | 67128                            | 70008 | 75768 | 77868                            | 81209 | 87890 | 89280                            | 93110 | 100771 | 61,76                                                                      | 66,44 | 75,80 |

EL ESCUADRIMETRO.

..... ángulos de  $\frac{70 \times 70}{7}$ .

| Alturas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |        |        |                                  |        |        |                                  |        |        | PESO                                                                       |       |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------|-------|--------|
|                         | <i>R</i> = 6                     |        |        | <i>R</i> = 7                     |        |        | <i>R</i> = 8                     |        |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | 7                                                                          | 8     | 10     |
|                         | 7                                | 8      | 10     | 7                                | 8      | 10     | 7                                | 8      | 10     | 7                                                                          | 8     | 10     |
| 0,65                    | 75056                            | 78432  | 86792  | 87064                            | 90981  | 100678 | 99824                            | 104310 | 115433 | 64,49                                                                      | 69,56 | 79,70  |
| 0,70                    | 83272                            | 87192  | 95032  | 96595                            | 101142 | 110237 | 110751                           | 115965 | 126392 | 67,22                                                                      | 72,68 | 83,60  |
| 0,75                    | 91776                            | 96272  | 105272 | 106460                           | 111675 | 122115 | 122062                           | 128041 | 140011 | 69,95                                                                      | 75,80 | 87,50  |
| 0,80                    | 100482                           | 105672 | 115912 | 116559                           | 122579 | 134457 | 133641                           | 140543 | 154162 | 72,68                                                                      | 78,92 | 91,40  |
| 0,85                    | 109624                           | 115400 | 126960 | 127163                           | 133864 | 147273 | 145799                           | 153482 | 168856 | 75,41                                                                      | 82,04 | 95,30  |
| 0,90                    | 118968                           | 125448 | 138408 | 138002                           | 145519 | 160553 | 158227                           | 166845 | 184082 | 78,14                                                                      | 85,16 | 99,20  |
| 0,95                    | 128600                           | 135816 | 150256 | 149176                           | 157546 | 174296 | 171038                           | 180635 | 199840 | 81,47                                                                      | 88,38 | 103,10 |
| 1,00                    | 138512                           | 146512 | 162512 | 160673                           | 169953 | 188513 | 184220                           | 194860 | 216140 | 84,20                                                                      | 91,40 | 107,00 |

..... ángulos de  $\frac{70 \times 70}{9}$ .

| Alturas, en metros..... | VALOR DE K.                      |        |        |                                  |        |        |                                  |        |        | PESO                                                                       |       |       |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                         | R = 6                            |        |        | R = 7                            |        |        | R = 8                            |        |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |       |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        |                                                                            |       |       |
|                         | 7                                | 8      | 10     | 7                                | 8      | 10     | 7                                | 8      | 10     | 7                                                                          | 8     | 10    |
| 0,20                    | 17464                            | 17784  | 18424  | 20258                            | 20659  | 21371  | 23227                            | 23652  | 24503  | 47,92                                                                      | 49,48 | 52,60 |
| 0,25                    | 23984                            | 24480  | 25480  | 27821                            | 28396  | 29556  | 31898                            | 32558  | 33888  | 50,65                                                                      | 52,60 | 56,50 |
| 0,30                    | 30912                            | 31632  | 33040  | 35857                            | 36693  | 38326  | 41112                            | 42070  | 43943  | 53,38                                                                      | 55,72 | 60,40 |
| 0,35                    | 38208                            | 39184  | 41144  | 44321                            | 45453  | 47727  | 50816                            | 52114  | 54721  | 56,11                                                                      | 58,84 | 64,30 |
| 0,40                    | 45816                            | 47095  | 53656  | 53146                            | 54631  | 62240  | 60935                            | 62637  | 71352  | 58,84                                                                      | 61,96 | 68,20 |
| 0,45                    | 53752                            | 55368  | 58608  | 62352                            | 64226  | 67985  | 71490                            | 73639  | 77948  | 61,57                                                                      | 65,08 | 72,10 |
| 0,50                    | 61976                            | 63976  | 67976  | 71892                            | 74212  | 78852  | 82428                            | 85088  | 90408  | 64,30                                                                      | 68,20 | 76,00 |
| 0,55                    | 70512                            | 72928  | 77768  | 81793                            | 84596  | 90210  | 93780                            | 96994  | 103431 | 67,03                                                                      | 71,32 | 79,90 |
| 0,60                    | 79320                            | 82200  | 87960  | 92071                            | 95352  | 102033 | 105495                           | 109326 | 111698 | 69,76                                                                      | 74,44 | 83,80 |
| 0,65                    | 88432                            | 91908  | 98568  | 102581                           | 106613 | 114338 | 117614                           | 122237 | 131095 | 72,49                                                                      | 77,56 | 86,70 |
| 0,70                    | 97824                            | 101744 | 109584 | 113475                           | 118023 | 127117 | 130105                           | 135319 | 145746 | 75,22                                                                      | 80,68 | 91,60 |

EL ESQUADRIMETRO.

..... ángulos de  $\frac{80 \times 80}{10}$ .

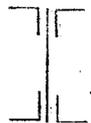
| Alturas, en metros..... | VALOR DE K.                      |        |        |                                  |        |        |                                  |        |        | PESO<br>por metro lineal en kilogramos, siendo<br>el espesor del alma, en milímetros. |        |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                         | R = 6                            |        |        | R = 7                            |        |        | R = 8                            |        |        |                                                                                       |        |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | 8                                                                                     | 10     | 12     |
|                         | 8                                | 10     | 12     | 8                                | 10     | 12     | 8                                | 10     | 12     |                                                                                       |        |        |
| 0,30                    | 37544                            | 38984  | 40424  | 43785                            | 45465  | 47144  | 50027                            | 51946  | 53864  | 65,52                                                                                 | 70,20  | 74,90  |
| 0,35                    | 46512                            | 48472  | 50432  | 54244                            | 56530  | 58816  | 61977                            | 64588  | 67200  | 68,64                                                                                 | 74,10  | 79,58  |
| 0,40                    | 55872                            | 58432  | 60992  | 65160                            | 68146  | 71131  | 74449                            | 77860  | 81271  | 71,76                                                                                 | 78,00  | 84,26  |
| 0,45                    | 65608                            | 68848  | 72088  | 76515                            | 80293  | 84072  | 87422                            | 91739  | 96057  | 74,88                                                                                 | 81,90  | 89,94  |
| 0,50                    | 75696                            | 79696  | 83696  | 88280                            | 92945  | 97610  | 100864                           | 106194 | 111524 | 78,00                                                                                 | 85,80  | 94,62  |
| 0,55                    | 86136                            | 90976  | 95816  | 100456                           | 106100 | 111745 | 114776                           | 121225 | 127674 | 81,12                                                                                 | 89,70  | 99,30  |
| 0,60                    | 96912                            | 102672 | 108432 | 113023                           | 119741 | 126458 | 129135                           | 136810 | 144485 | 84,24                                                                                 | 93,60  | 103,98 |
| 0,65                    | 108032                           | 114792 | 121552 | 125992                           | 133876 | 141760 | 143952                           | 152960 | 161968 | 87,36                                                                                 | 97,50  | 108,66 |
| 0,70                    | 119480                           | 127320 | 135160 | 139343                           | 148486 | 157630 | 159207                           | 169653 | 180100 | 90,48                                                                                 | 101,40 | 113,34 |



..... ángulos de  $\frac{90 \times 90}{10}$ .

| Almas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |        |        |                                  |        |        |                                  |        |        | PESO                                                                       |        |        |
|-----------------------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                       | <i>R</i> = 6                     |        |        | <i>R</i> = 7                     |        |        | <i>R</i> = 8                     |        |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |        |        |
|                       | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | 10                                                                         | 12     | 15     |
|                       | 10                               | 12     | 15     | 10                               | 12     | 15     | 10                               | 12     | 15     | 10                                                                         | 12     | 15     |
| 0,40                  | 63352                            | 65880  | 69752  | 73884                            | 76832  | 81348  | 84416                            | 87785  | 92944  | 84,00                                                                      | 90,24  | 99,60  |
| 0,45                  | 74848                            | 77888  | 82752  | 87058                            | 90836  | 96509  | 99468                            | 103785 | 110267 | 87,90                                                                      | 94,92  | 105,45 |
| 0,50                  | 86400                            | 90400  | 96400  | 100764                           | 105429 | 112426 | 115128                           | 120458 | 128453 | 91,80                                                                      | 99,60  | 111,20 |
| 0,55                  | 98584                            | 103424 | 110688 | 114973                           | 120618 | 129089 | 131363                           | 137812 | 147491 | 95,70                                                                      | 103,28 | 117,05 |
| 0,60                  | 111200                           | 116960 | 125600 | 129687                           | 136404 | 146481 | 148174                           | 155849 | 167362 | 99,60                                                                      | 107,96 | 122,90 |
| 0,65                  | 124240                           | 131000 | 141144 | 144894                           | 152778 | 164609 | 165549                           | 174557 | 188074 | 103,50                                                                     | 112,64 | 128,75 |
| 0,70                  | 137696                           | 145536 | 157296 | 160587                           | 169731 | 183446 | 183479                           | 193926 | 209596 | 107,40                                                                     | 117,32 | 134,60 |

EL ESCUADRIMETRO.



..... ángulos de  $\frac{80 \times 80}{8}$ .

| Alturas, en metros..... | VALOR DE K.                      |        |        |                                  |        |        |                                  |        |        | PESO                                                                       |       |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------|-------|--------|
|                         | R = 6                            |        |        | R = 7                            |        |        | R = 8                            |        |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |        |                                                                            |       |        |
|                         | 8                                | 10     | 12     | 8                                | 10     | 12     | 8                                | 10     | 12     | 8                                                                          | 10    | 12     |
| 0,30                    | 31832                            | 33272  | 34712  | 36925                            | 38803  | 40482  | 42336                            | 44334  | 46253  | 55,72                                                                      | 60,40 | 67,08  |
| 0,35                    | 39496                            | 41456  | 43416  | 46062                            | 48348  | 50633  | 52628                            | 55240  | 57851  | 58,84                                                                      | 64,30 | 71,70  |
| 0,40                    | 47544                            | 50104  | 52664  | 55448                            | 58433  | 61419  | 63352                            | 66763  | 70174  | 61,96                                                                      | 68,20 | 76,44  |
| 0,45                    | 55952                            | 59192  | 62432  | 65254                            | 69032  | 72811  | 74556                            | 78873  | 83190  | 65,08                                                                      | 72,10 | 81,12  |
| 0,50                    | 64172                            | 68712  | 72712  | 75470                            | 80135  | 84800  | 86228                            | 91558  | 96888  | 68,20                                                                      | 76,00 | 85,80  |
| 0,55                    | 73816                            | 78656  | 83496  | 86087                            | 91732  | 97377  | 98359                            | 104809 | 111258 | 71,32                                                                      | 79,90 | 90,48  |
| 0,60                    | 83248                            | 89008  | 94768  | 97087                            | 103805 | 110523 | 110927                           | 118603 | 126278 | 74,42                                                                      | 83,80 | 95,16  |
| 0,65                    | 93016                            | 99776  | 106536 | 108479                           | 116363 | 124247 | 123943                           | 132951 | 141959 | 77,54                                                                      | 87,70 | 99,84  |
| 0,70                    | 103120                           | 110960 | 118800 | 120263                           | 129407 | 138550 | 137407                           | 147854 | 158301 | 80,66                                                                      | 91,60 | 104,52 |



..... ángulos de  $\frac{80 \times 60}{7}$ . Los lados menores son verticales.

| Alturas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |       |                                  |        |                                  |        | PESO                                                                       |       |
|-------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------|-------|
|                         | <i>R</i> = 6                     |       | <i>R</i> = 7                     |        | <i>R</i> = 8                     |        | del metro lineal en kilógramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |       |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |       | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |                                                                            |       |
|                         | 8                                | 10    | 8                                | 10     | 8                                | 10     | 8                                                                          | 10    |
| 0,20                    | 15888                            | 16528 | 18529                            | 19275  | 21170                            | 22023  | 41,48                                                                      | 44,60 |
| 0,25                    | 21608                            | 22608 | 25200                            | 26366  | 28792                            | 30125  | 44,50                                                                      | 48,50 |
| 0,30                    | 27696                            | 29136 | 32300                            | 33979  | 36904                            | 38823  | 47,62                                                                      | 53,40 |
| 0,35                    | 34152                            | 36112 | 39829                            | 42115  | 45507                            | 48119  | 50,74                                                                      | 57,30 |
| 0,40                    | 40952                            | 43512 | 47760                            | 50745  | 54568                            | 57979  | 53,86                                                                      | 61,20 |
| 0,45                    | 48088                            | 51328 | 56082                            | 59861  | 64077                            | 68394  | 56,98                                                                      | 65,10 |
| 0,50                    | 55552                            | 59552 | 64787                            | 69452  | 74023                            | 79353  | 61,10                                                                      | 69,00 |
| 0,55                    | 63344                            | 68184 | 73874                            | 79519  | 84405                            | 90855  | 63,22                                                                      | 72,50 |
| 0,60                    | 71464                            | 77224 | 83344                            | 90062  | 95225                            | 102900 | 66,34                                                                      | 76,80 |
| 0,65                    | 79912                            | 86672 | 93197                            | 101081 | 106482                           | 115490 | 69,46                                                                      | 80,70 |
| 0,70                    | 88680                            | 96520 | 103423                           | 112566 | 118166                           | 128612 | 72,58                                                                      | 84,60 |

EL ESCUADRIMETRO.



..... ángulos de  $\frac{80 \times 60}{10}$ . Los lados menores son verticales.

| Alturas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |        |                                  |        |                                  |        | PESO                                                                       |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------|--------|
|                         | <i>R</i> = 6                     |        | <i>R</i> = 7                     |        | <i>R</i> = 8                     |        | del metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        | 10                                                                         | 12     |
|                         | 10                               | 12     | 10                               | 12     | 10                               | 12     | 10                                                                         | 12     |
| 0,20                    | 21328                            | 21968  | 24873                            | 25620  | 28419                            | 29272  | 55,80                                                                      | 58,92  |
| 0,25                    | 29088                            | 30088  | 33923                            | 35090  | 38759                            | 40092  | 59,70                                                                      | 63,60  |
| 0,30                    | 37408                            | 38936  | 43627                            | 45409  | 49846                            | 51882  | 63,60                                                                      | 68,28  |
| 0,35                    | 46840                            | 48800  | 54627                            | 56913  | 62414                            | 65026  | 67,50                                                                      | 72,96  |
| 0,40                    | 55176                            | 57736  | 64349                            | 67334  | 73522                            | 76933  | 71,40                                                                      | 77,64  |
| 0,45                    | 64736                            | 67976  | 75498                            | 79277  | 86260                            | 90578  | 75,30                                                                      | 82,32  |
| 0,50                    | 74712                            | 78712  | 87132                            | 91797  | 99553                            | 104883 | 79,20                                                                      | 87,00  |
| 0,55                    | 85104                            | 89944  | 99252                            | 104897 | 113401                           | 119850 | 83,10                                                                      | 91,68  |
| 0,60                    | 95896                            | 101656 | 111838                           | 118556 | 127781                           | 135456 | 87,00                                                                      | 96,36  |
| 0,65                    | 107104                           | 113864 | 124910                           | 132793 | 142716                           | 151723 | 90,90                                                                      | 101,04 |
| 0,70                    | 114344                           | 122154 | 133353                           | 142497 | 152363                           | 162810 | 94,80                                                                      | 105,72 |

EL ESCUADRIMETRO.



..... ángulos de  $\frac{90 \times 70}{10}$ . Los lados menores son verticales.

| Alturas, en metros..... | VALOR DE <i>K</i> .              |        |                                  |        |                                  |        | PESO                                                                       |        |
|-------------------------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------|--------|
|                         | <i>R</i> = 6                     |        | <i>R</i> = 7                     |        | <i>R</i> = 8                     |        | por metro lineal en kilogramos, siendo el espesor del alma, en milímetros. |        |
|                         | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        | Espesor del alma, en milímetros. |        |                                                                            |        |
|                         | 10                               | 12     | 10                               | 12     | 10                               | 12     | 10                                                                         | 12     |
| 0,20                    | 23304                            | 23944  | 27032                            | 27775  | 30994                            | 31845  | 61,60                                                                      | 64,72  |
| 0,25                    | 31884                            | 32848  | 36943                            | 38103  | 42357                            | 43687  | 65,50                                                                      | 69,40  |
| 0,30                    | 40952                            | 42394  | 47504                            | 48750  | 54466                            | 56381  | 69,40                                                                      | 74,08  |
| 0,35                    | 50536                            | 52496  | 58621                            | 60895  | 67212                            | 69819  | 73,30                                                                      | 78,76  |
| 0,40                    | 61576                            | 63136  | 71428                            | 73237  | 81896                            | 83970  | 77,20                                                                      | 83,40  |
| 0,45                    | 71056                            | 74296  | 82424                            | 86183  | 94504                            | 98813  | 81,10                                                                      | 88,12  |
| 0,50                    | 81952                            | 85952  | 95064                            | 99704  | 108996                           | 114316 | 85,00                                                                      | 92,80  |
| 0,55                    | 93272                            | 98112  | 108195                           | 113809 | 124051                           | 130488 | 88,90                                                                      | 97,48  |
| 0,60                    | 105008                           | 110768 | 121809                           | 128490 | 139660                           | 147321 | 92,80                                                                      | 102,16 |
| 0,65                    | 117144                           | 123904 | 135887                           | 143728 | 155801                           | 164792 | 96,70                                                                      | 106,84 |
| 0,70                    | 129696                           | 137536 | 150447                           | 159541 | 172495                           | 182992 | 100,60                                                                     | 111,52 |

4

EL ESCUADINMETRO.

49

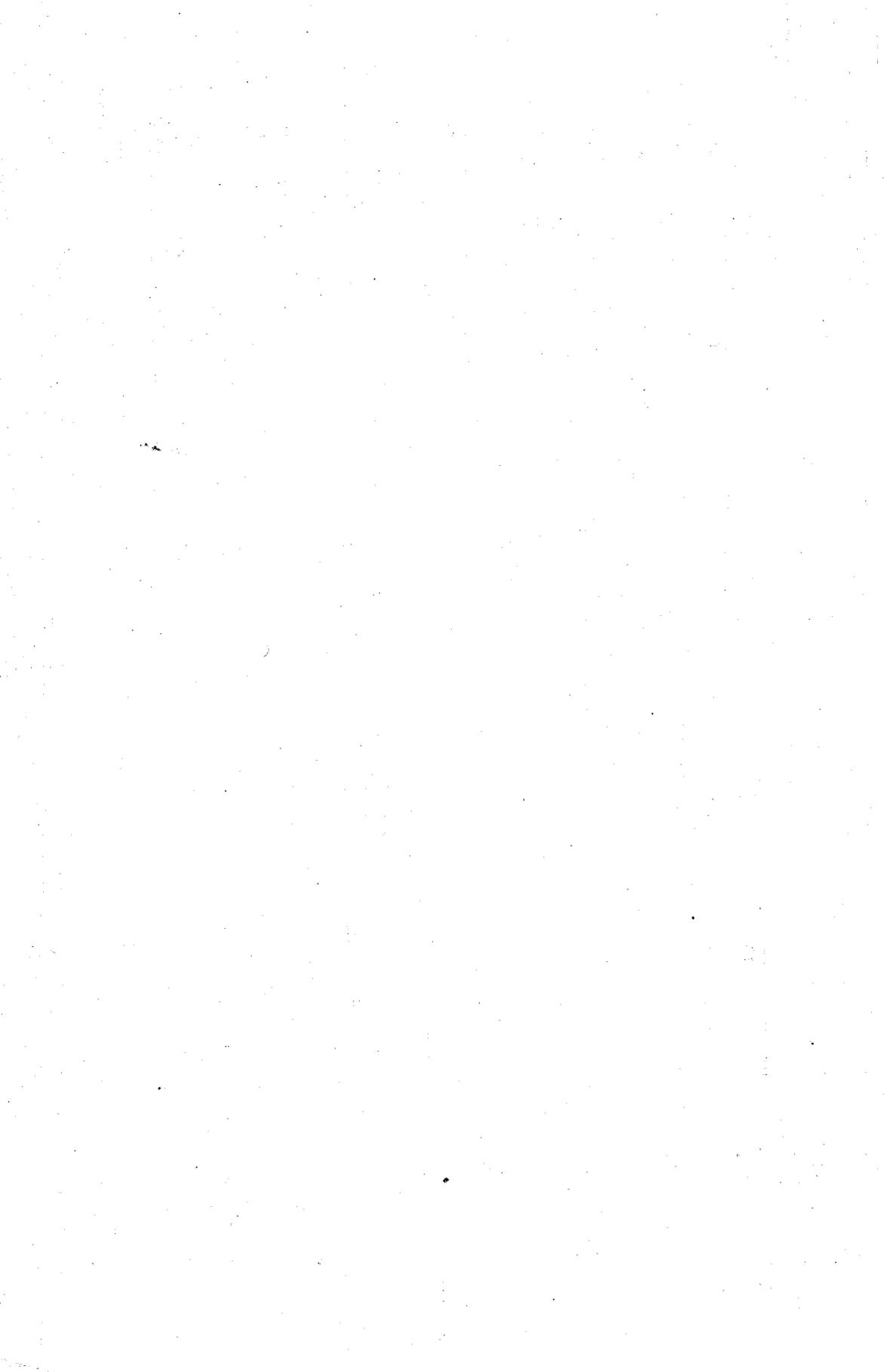


TABLA III.

---

HIERROS EN ESCUADRA Ó T SENCILLA.



| DIMENSIONES<br>de las escuadras en milímetros. | VALOR DE <i>K</i> . |               |               | PESO<br>del metro lineal<br>en kilógramos. |
|------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------------------------------------|
|                                                | <i>R</i> = 6.       | <i>R</i> = 7. | <i>R</i> = 8. |                                            |
| 20 × 20 × 3                                    | 13                  | 15            | 17            | 0,86                                       |
| × 4                                            | 17                  | 20            | 23            | 1,11                                       |
| × 5                                            | 21                  | 24            | 28            | 1,35                                       |
| × 6                                            | 24                  | 28            | 33            | 1,58                                       |
| 24 × 24 × 4                                    | 25                  | 30            | 34            | 1,34                                       |
| × 5                                            | 31                  | 36            | 42            | 1,65                                       |
| × 6                                            | 36                  | 42            | 48            | 1,96                                       |
| × 7                                            | 41                  | 48            | 55            | 2,19                                       |
| × 8                                            | 46                  | 54            | 62            | 2,50                                       |
| 28 × 28 × 4                                    | 36                  | 42            | 48            | 1,62                                       |
| × 5                                            | 44                  | 51            | 58            | 1,99                                       |
| × 6                                            | 51                  | 60            | 69            | 2,34                                       |
| × 7                                            | 58                  | 68            | 78            | 2,67                                       |
| × 8                                            | 65                  | 76            | 87            | 3,00                                       |
| 30 × 30 × 4                                    | 42                  | 49            | 56            | 1,74                                       |
| × 5                                            | 51                  | 59            | 68            | 2,11                                       |
| × 6                                            | 62                  | 73            | 83            | 2,49                                       |
| × 7                                            | 68                  | 79            | 90            | 2,86                                       |
| × 8                                            | 74                  | 87            | 99            | 3,24                                       |
| 35 × 35 × 5                                    | 67                  | 78            | 89            | 2,53                                       |
| × 6                                            | 76                  | 89            | 102           | 3,00                                       |
| × 7                                            | 86                  | 100           | 115           | 3,43                                       |
| × 8                                            | 105                 | 123           | 140           | 3,87                                       |
| 40 × 40 × 5                                    | 91                  | 106           | 121           | 2,92                                       |
| × 6                                            | 110                 | 128           | 147           | 3,46                                       |
| × 7                                            | 124                 | 145           | 166           | 3,98                                       |
| × 8                                            | 129                 | 151           | 172           | 4,30                                       |

| DIMENSIONES<br>de las escuadras en milímetros. | VALOR DE <i>K</i> . |              |              | PESO<br>del metro lineal<br>en kilogramos. |
|------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------|
|                                                | <i>R</i> =6.        | <i>R</i> =7. | <i>R</i> =8. |                                            |
| 40 × 40 × 9                                    | 153                 | 179          | 204          | 4,62                                       |
| 44 × 44 × 5                                    | 115                 | 134          | 153          | 3,24                                       |
| × 6                                            | 134                 | 156          | 179          | 3,83                                       |
| × 7                                            | 153                 | 179          | 204          | 4,42                                       |
| × 8                                            | 162                 | 201          | 210          | 4,98                                       |
| × 9                                            | 192                 | 224          | 256          | 5,55                                       |
| 45 × 45 × 5                                    | 120                 | 140          | 160          | 3,31                                       |
| × 6                                            | 139                 | 162          | 185          | 3,84                                       |
| × 7                                            | 166                 | 196          | 224          | 4,38                                       |
| × 8                                            | 182                 | 212          | 243          | 5,03                                       |
| × 9                                            | 201                 | 235          | 268          | 5,68                                       |
| 48 × 48 × 5                                    | 129                 | 151          | 172          | 3,55                                       |
| × 6                                            | 153                 | 179          | 204          | 4,20                                       |
| × 7                                            | 177                 | 207          | 236          | 4,86                                       |
| × 8                                            | 196                 | 229          | 262          | 5,48                                       |
| × 9                                            | 220                 | 257          | 294          | 6,10                                       |
| 50 × 50 × 5                                    | 148                 | 173          | 198          | 3,70                                       |
| × 6                                            | 177                 | 207          | 236          | 4,40                                       |
| × 7                                            | 201                 | 235          | 268          | 5,08                                       |
| × 8                                            | 225                 | 263          | 300          | 5,73                                       |
| × 9                                            | 249                 | 291          | 332          | 6,38                                       |
| 54 × 54 × 5                                    | 172                 | 201          | 230          | 4,01                                       |
| × 6                                            | 206                 | 240          | 275          | 4,76                                       |
| × 7                                            | 240                 | 280          | 320          | 5,51                                       |
| × 8                                            | 307                 | 358          | 409          | 6,28                                       |
| × 9                                            | 340                 | 397          | 454          | 7,05                                       |
| 55 × 55 × 5                                    | 182                 | 212          | 245          | 4,10                                       |

| DIMENSIONES<br>de las escuadras en milímetros. | VALOR DE K. |      |      | PESO<br>del metro lineal<br>en kilogramos. |
|------------------------------------------------|-------------|------|------|--------------------------------------------|
|                                                | R=6.        | R=7. | R=8. |                                            |
| 55 × 55 × 6                                    | 216         | 252  | 288  | 4,86                                       |
| × 7                                            | 249         | 291  | 332  | 5,62                                       |
| × 8                                            | 278         | 324  | 371  | 6,36                                       |
| × 9                                            | 307         | 358  | 409  | 7,10                                       |
| 60 × 60 × 6                                    | 254         | 296  | 339  | 5,33                                       |
| × 7                                            | 297         | 347  | 396  | 5,74                                       |
| × 8                                            | 322         | 392  | 448  | 6,14                                       |
| × 9                                            | 374         | 436  | 499  | 7,36                                       |
| × 10                                           | 408         | 476  | 544  | 8,58                                       |
| 70 × 70 × 7                                    | 412         | 481  | 550  | 7,26                                       |
| × 8                                            | 465         | 543  | 620  | 8,23                                       |
| × 9                                            | 513         | 599  | 684  | 9,19                                       |
| × 10                                           | 566         | 660  | 755  | 10,14                                      |
| 80 × 80 × 8                                    | 619         | 722  | 825  | 9,48                                       |
| × 9                                            | 686         | 800  | 915  | 10,60                                      |
| × 10                                           | 777         | 907  | 1036 | 11,74                                      |
| × 11                                           | 820         | 997  | 1094 | 12,80                                      |
| × 12                                           | 888         | 1036 | 1184 | 13,85                                      |
| 90 × 90 × 9                                    | 883         | 1030 | 1177 | 12,00                                      |
| × 10                                           | 969         | 1131 | 1292 | 13,26                                      |
| × 11                                           | 1060        | 1237 | 1440 | 14,50                                      |
| × 12                                           | 1142        | 1332 | 1523 | 15,75                                      |
| 100 × 100 × 10                                 | 1211        | 1413 | 1615 | 14,82                                      |
| × 11                                           | 1320        | 1540 | 1760 | 16,21                                      |
| × 12                                           | 1430        | 1668 | 1907 | 17,60                                      |
| × 13                                           | 1555        | 1814 | 2073 | 19,00                                      |
| × 14                                           | 1732        | 2021 | 2310 | 20,31                                      |

| DIMENSIONES<br>de las escuadras en milímetros.    | VALOR DE <i>K</i> . |              |              | PESO<br>del metro lineal<br>en kiógramos. |
|---------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------------------|
|                                                   | <i>R</i> = 6        | <i>R</i> = 7 | <i>R</i> = 8 |                                           |
| $\frac{35 \times 23}{5}$ } lado mayor vertical.   | 65                  | 76           | 87           | 2,07                                      |
| } lado menor vertical.                            | 28                  | 32           | 37           | »                                         |
| $\frac{80 \times 45}{8}$ } lado menor vertical.   | 275                 | 321          | 367          | 7,30                                      |
| } lado mayor vertical.                            | 564                 | 658          | 752          | »                                         |
| $\frac{100 \times 60}{10}$ } lado menor vertical. | 439                 | 512          | 585          | 11,70                                     |
| } lado mayor vertical.                            | 1116                | 1302         | 1488         | »                                         |
| $\frac{60 \times 80}{5}$ } lado mayor vertical.   | 563                 | 657          | 751          | 7,75                                      |
| $\frac{100 \times 70}{12}$ } lado menor vertical. | 705                 | 823          | 940          | 14,78                                     |
| $\frac{100 \times 70}{8}$ } lado mayor vertical.  | 929                 | 1084         | 1239         | 10,10                                     |
| $\frac{130 \times 75}{12}$ } lado menor vertical. | 836                 | 976          | 1115         | 18,00                                     |
| } lado mayor vertical.                            | 1955                | 2281         | 2607         | »                                         |
| $\frac{150 \times 90}{30}$ } lado menor vertical. | 1310                | 1528         | 1747         | 23,00                                     |
| } lado mayor vertical.                            | 3316                | 3869         | 4422         | »                                         |

---

# PRINCIPIOS

## EN QUE SE FUNDA EL ESCUADRIMETRO.

---

### ADVERTENCIA.



QUE los cálculos de resistencia de materiales son el fundamento de las concepciones de un ingeniero, no hay por qué demostrarlo, pues sabido es de cuantos cultivan el extenso campo de la arquitectura.

Y si tan necesarios son en el proyecto y ejecución de las obras civiles, ó de las militares erigidas en tiempo de paz, más importantes aparecen en su aplicación á las construcciones en campaña, pues que no disponiéndose en la mayor parte de los casos de materiales convenientes en calidad y dimensiones, sino, por el contrario, debiendo acomodarse el ingeniero á los recursos que la localidad presenta, es preciso saber disponer el conjunto y los detalles, de modo que á un tiempo se obtengan rapidez en la ejecución y solidez en la construcción.

Para *crear* en tan desfavorables condiciones, es preciso apelar á las teorías de resistencia de materiales.

Pero los cálculos á que debe entregarse el que proyecta, son muchas veces laboriosos, y preciso es confesar que no todas las ocasiones son á propósito para hacer integraciones ó hallar logaritmos de líneas trigonométricas.

Ménos, todavía, puede aconsejarse ni permitirse que obras tan interesantes como las que el ingeniero ejecuta, en paz ó en guerra, se construyan fiando á la casualidad su resistencia.

Cuanto tienda á disminuir trabajo y tiempo, en este punto, ha de ser forzosamente útil. Hé aquí el objeto que nos hemos propuesto con el *Escuadrímetro*, el cual, por la rapidez con que resuelve los problemas, puede prestar servicios, no solamente al ingeniero en campaña, sino también á los que, en todas épocas, estén encargados de proyectar y ejecutar una obra cualquiera.

Su manejo es, por otra parte, sencillísimo, y está al alcance hasta de los no iniciados en las ciencias físico-matemáticas.

Nuestra satisfacción será grande si este trabajo es considerado de alguna utilidad y con él prestamos algún servicio á nuestros compañeros.

---

El *Escuadrímetro* puede ser construido de madera fina, metal, etc., con las divisiones y ejes grabados á semejanza de los dobles decímetros, regla de cálculo y otros muchos aparatos ó instrumentos. La tablilla móvil puede moverse ó á rozamiento suave, como en el modelo que acompaña á esta Memoria, ó rodando sobre pequeñas ruedecillas, situadas entre las placas fijas 1 y 2.

---

Las circunstancias especiales del caso y el razonable temor de que el trabajo que presentamos no sea considerado digno de realización y aplicación, son los motivos que nos han impedido construir un modelo con los materiales ántes citados.

---

---

## PROBLEMAS DE EXTENSION.

---

1.  PARA todas las piezas sometidas á extension que considera el escuadrímetro, cuales son, varillas de hierro, cadenas, cables y cuerdas, la fórmula general que resuelve los problemas de resistencia es  $P=nd^2$ , en que  $P$  representa las cargas ó fuerzas de extension,  $d$  los diámetros de la seccion trasversal y  $n$  un coeficiente distinto para cada clase de pieza.

2. Esta ecuacion, que puede ponerse bajo la forma

$$d^2 = \frac{1}{n} P \quad \text{ó} \quad d^2 = \alpha P \quad [1],$$

representa una parábola, tal como la dibujada en la cara primera del escuadrímetro, siendo  $U$  el origen de coordenadas,  $UD$  el eje de las  $d$ , y la perpendicular levantada en  $U$  á  $UD$  el eje de los valores de  $P$ .

3. Trazada esta parábola para un cierto valor de  $\alpha$ , ó lo que es lo mismo, para una especie de pieza, sirve para otra distinta sin más que cambiar las divisiones ó numeracion del eje de los valores de  $P$ . Esta variacion es de ejecucion bien sencilla, pues llamando  $P_1$  á las nuevas cargas, y  $\alpha'$  al nuevo coeficiente, se tiene:

$$\left. \begin{aligned} d^2 &= \alpha P \\ d^2 &= \alpha' P_1 \end{aligned} \right\} P_1 = \frac{\alpha}{\alpha'} P \quad [2].$$

Hé aquí la razon de las escalas  $G_1 - H_1 - I_1 - L_1$  de la tablilla móvil y la fórmula general que ha presidido á su construccion.

4. Sumamente útil es, además, en todos estos problemas, el conocimiento del peso propio del material, ya porque el precio se deriva directamente del peso, ya por razones de transporte, ú otras varias que tanto interesan en las obras. Fácil es satisfacer esta interesante necesidad utilizando para ello las mismas escalas de fuerza  $P$ . En efecto: el peso  $P'$  del metro lineal de

cadena, varilla, cable ó cuerda, está dado por una expresion de la forma  $P' = m d^2$ , ó teniendo en cuenta que

$$d^2 = \alpha P, \quad P' = m \alpha P \quad \text{ó} \quad P' = B P \quad [3],$$

haciendo  $B = m \alpha$ .

Así, pues, multiplicando por  $B$  los números de las escalas  $G_1$  á  $L_1$ , se obtendrán los pesos propios correspondientes por metro lineal. Esto es lo que se ha hecho, encerrando dentro de un paréntesis los valores de  $P'$  para que no puedan ser confundidos con los de las cargas  $P$ .

5. Los números del eje  $UD$  expresan milímetros: cada dos milímetros efectivos representan un milímetro de diámetro  $d$  de varilla, cable ó cuerda, ó del hierro con que están fabricados los eslabones de las cadenas.

6. Si bien es cierto que la numeracion no alcanza más que hasta  $d=30$  milímetros (y esto se ha hecho así porque no resultasen demasiado grandes los ejes, ni demasiado pequeñas las divisiones), se puede, no obstante, utilizar para valores de  $d$  y de  $P$  superiores, pues la fórmula  $d^2 = \alpha P$  nos dice que multiplicando por 2 ó por 10 los diámetros, los pesos quedan multiplicados por  $2^2 = 4$  ó por  $10^2 = 100$ .

Resulta, por tanto, que cuando los valores de  $d$  que se nos dan sean mayores que 30 milímetros, se dividirán por 2 ó por 10, buscando estos cocientes en el eje  $UD$  y multiplicando despues los valores de  $P$  dados por las escalas  $G_1$  á  $L_1$  por los números 4 ó 100.

Recíprocamente, cuando sea dato el peso  $P$  y no se halle contenido en las escalas, se dividirá por 4 ó por 100, teniendo cuidado, despues, de dividir por 2 ó por 10 el valor que se obtenga para  $d$  en el eje  $UD$ .

7. De este modo pueden resolverse problemas relativos á piezas en que  $d$  valga desde 0 hasta 300 milímetros por una simple multiplicacion por 4 ó por 100, ó dividiendo por 2 ó por 10; y directamente, sin operacion auxiliar ninguna, para diámetros comprendidos entre 0 y 30 milímetros, que son los de frecuente empleo.

La formacion de las escalas de  $P$  y  $P'$  para cada clase de piezas se detalla á continuacion:

8. *Varillas de hierro*.—La fórmula es  $P = \frac{R \cdot \pi d^2}{4}$ .

Para un coeficiente de trabajo  $R$  de 6 kilogramos por milímetro cuadrado

$$P = 4,71 d^2 \quad [4].$$

Si  $d = 30$  milímetros  $P = 4,71 \times 30^2 = 4239$  kilogramos.

Fijando *a priori* la escala de fuerzas  $DV$  á razon de 50 kilogramos por

milímetro, resulta que  $D V = \frac{4239}{50} = 84,7$  milímetros. Una vez conocidos  $UD = 60$  milímetros y  $D V = 84,7$  milímetros, fácil es trazar la parábola.

9. En la escala  $G_1$  cada milímetro representa, pues, 50 kilogramos. De la ecuacion [4] se deduce  $d^2 = 0,212 P$ ; es decir, que  $\alpha = 0,212$  ecuacion [1].

10. Por lo que respecta á los pesos propios  $P'$ , por metro lineal, recordaremos que

$$P' = \frac{\pi d^2}{4} \times 1000 \times 0,0000078,$$

$$\text{ó } P' = 0,00612 d^2 \quad [5];$$

luego  $B$ , ecuacion [3], tendrá el valor que á continuacion se consigna, recordando que  $\alpha = 0,212$  y  $m = 0,00612$ ,

$$B = 0,001297.$$

Así, pues, tenemos

| Valores de $P$<br>en kilogramos. | Valores de $P' = B P$<br>en kilogramos. |
|----------------------------------|-----------------------------------------|
| 50                               | 0,064                                   |
| 500                              | 0,647                                   |
| 1000                             | 1,29                                    |
| 1500                             | 1,942                                   |
| 2000                             | 2,59                                    |
| 2500                             | 3,23                                    |
| 3000                             | 3,88                                    |
| 3500                             | 4,53                                    |
| 4000                             | 5,18                                    |
| 4500                             | 5,83                                    |
| 5000                             | 6,47                                    |

Los valores de  $P'$  están escritos debajo de los correspondientes de  $P$ , dentro de un paréntesis. A cada division de la escala de  $P$  corresponde, como vemos, un aumento de 0,064 kilogramos para  $P'$ .

11. *Cadenas.*—Se trata de cadenas ordinarias, de eslabones soldados, sin reforzar.

Está admitido que la carga de prueba y la resistencia son proporcionales á la seccion total de las dos ramas.

La carga de prueba aceptada es de 14 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion; segun es práctica, á la carga de trabajo ordinario corresponde la

mitad, ó sea 7 kilogramos. Para nuestros cálculos tomaremos 6 kilogramos en beneficio de la resistencia.

Segun esto,

$$P_1 = 2 \times \frac{\pi d^2}{4} \times 6 = 9,42 d^2 \quad [6]$$

$$\text{ó } d^2 = 0,106 P_1 \quad \alpha' = 0,106.$$

La relacion de  $P_1$  á los valores de  $P$  del caso anterior, es  $\frac{P_1}{P} = \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{2}{1}$ , ecuacion [2].

Ha de ponerse, pues, á las divisiones de la escala  $G_1$  numeracion doble para formar la  $H_1$  correspondiente á este caso; ó, lo que es lo mismo, cada milímetro representa 100 kilogramos.

**12.** La relacion del peso de una cadena y el de la varilla de hierro con que se han fabricado los eslabones, depende de que éstos sean anchos ó estrechos, largos ó cortos. Como término medio aceptable en las proporciones que de ordinario tienen los eslabones, el peso de una cadena es 3,33 veces el de una varilla de igual diámetro y de la misma longitud.

Para un metro será, tomando  $d$  en milímetros,

$$P' = 3,3 \frac{\pi d^2}{4} \times 1000 \times 0,0000078 = 0,02 d^2.$$

Segun esto,

$$B = \alpha' m = 0,106 \times 0,02 = 0,00212,$$

$$\text{ó } P' = 0,00212 P_1 \quad [7].$$

De esta fórmula deducimos:

| <u><math>P_1</math> en kilogramos.</u> | <u><math>P'</math> en kilogramos.</u> |
|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 100                                    | 0,212                                 |
| 1000                                   | 2,12                                  |
| 2000                                   | 4,25                                  |
| 3000                                   | 6,38                                  |
| 4000                                   | 8,49                                  |
| 5000                                   | 10,61                                 |
| 6000                                   | 12,74                                 |
| 7000                                   | 14,86                                 |
| 8000                                   | 16,99                                 |
| 9000                                   | 19,10                                 |
| 10000                                  | 21,23                                 |

**13. Cables de alambre.**—Los cables han de estar formados de seis torones, y cada uno de ellos de seis alambres y un alma central de cáñamo.

Llamando  $P_2$  á la carga,  $\delta$  al diámetro de los alambres y  $n$  al número de éstos, se debe tomar:

$$\delta = \frac{3}{8} \sqrt{\frac{P_2}{n}} \quad [8]$$

$$\text{ó } \frac{P_2}{n} = 7,11 \delta^2.$$

y para  $n = 36$ , que es el caso que consideramos

$$P_2 = 256 \delta^2;$$

y como  $d = 8 \delta$ ,

$$P_2 = 4 d^2 \quad [9].$$

La tensión por milímetros cuadrados que corresponde á esta fórmula es 9 kilogramos, admitida comunmente en Alemania.

Como para las varillas de hierro se dedujo que  $P = 4,71 d^2$ , resulta  $\frac{P}{P_2} = 0,85$ ; y como allí cada milímetro representaba 50 kilogramos, aquí representará  $\frac{50}{0,85} = 58,8$ .

A 100 kilogramos corresponden 1,7 milímetros.

**14.** El peso de un metro de cable de 36 hilos, es  $\frac{1}{1000}$  de la carga  $P_2$  que puede soportar. Fácil es deducir, pues, el peso del metro lineal.

**15. Cuerdas de cáñamo**—Para cargas algo permanentes,  $R$  no ha de exceder de un kilogramo por milímetro cuadrado; así, pues,

$$P_3 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 d^2 \quad [10];$$

comparando este valor con el  $P$  de las varillas, resulta:

$$\frac{P_3}{P} = \frac{0,785}{4,71} = \frac{1}{6}.$$

Cada milímetro habrá de representar, según esto, en la escala  $L_1$ ,

$$\frac{50}{6} = 8,33 \text{ kilogramos.}$$

**16.** Cuando las cargas sean momentáneas puede duplicarse, y aún triplicarse, el valor de  $P_3$ .

El peso del metro lineal de cuerda de cáñamo es, próximamente, la milésima parte de la carga que puede soportar con el coeficiente de trabajo

$R = 1$ . En efecto,

$$P' = \frac{\pi d^2}{4} \times 1000 \times 0,000001 = 0,000785 d^2$$

$$P_3 = 0,785 d^2.$$

De modo que  $P' = 0,001 P_3$  [11].

**17.** *Piezas cilíndricas de hierro, comprimidas según su eje, cuando  $l < 12 . d$ .*—Se hará uso de la escala  $G_1$  exactamente lo mismo que para las varillas sometidas á esfuerzos de extension.

### IDEA FUNDAMENTAL DEL ESCUADRÍMETRO.

**18.** Toda fórmula que tenga la forma

$$\frac{P}{A} = \frac{a^m b^n}{c^r} \quad [12],$$

puede ser calculada fácilmente valiéndose de dos ejes á ángulo recto  $A' C' - B' D'$  (fig. 4, lám. 2.<sup>a</sup>), convenientemente divididos, y de unas reglillas de paralelas dispuestas del modo indicado por las líneas de puntos.

En efecto: estas reglillas, al cortar á los ejes en los puntos  $u - x - y - z$ , forman con éstos dos triángulos rectángulos semejantes, en los cuales

$$\frac{O' z}{O' x} = \frac{O' y}{O' u};$$

de donde

$$O' z = \frac{O' x \times O' y}{O' u}.$$

Si se divide el eje  $O' A'$  en partes  $O' u - O' u' \dots$  proporcionales á  $c - c^2 - c^3 \dots c^r$ , numeradas respectivamente 1-2-3 .....  $r$ ; si, de la misma manera, hacemos que  $O' x - O' x' \dots$  sean proporcionales á  $a - a^2 - a^3 \dots a^m$ , y que  $O' y', O' y \dots$  lo sean á  $b - b^2 - b^3 \dots b^n$ , no cabe duda de que las dimensiones  $O' z', O' z \dots$ , obtenidas por paralelas á  $x u - x' u' \dots$  etc., representarán en una cierta escala los valores de  $\frac{a^m b^n}{c^r} = \frac{P}{A}$ ; es decir, los de  $P$ . Podremos, en consecuencia, numerar convenientemente estas divisiones; y siempre que sean conocidas tres de las cuatro cantidades  $P, a, b$  y  $c$ , se determinará con gran sencillez la cuarta, puesto que conocidos tres de los cuatro puntos  $u, x, y, z$ , las reglillas de paralelas determinan el punto restante, y la lectura de la division correspondiente el valor de la incógnita.

**19.** Se concibe desde luego la gran sencillez que ha de resultar para los cálculos mecánicos con el empleo de los dos ejes y de las reglillas de paralelas.

Pero para alcanzar estas ventajas es necesario que las fórmulas que resuelven los problemas de resistencia estén organizadas como la [12] del número anterior. Además, las divisiones de los ejes varían con los valores  $m$ ,  $n$  y  $r$  de los exponentes y con el del coeficiente  $A$ ; de modo que para los diversos problemas de resistencia, habrá necesidad de recurrir á sistemas diferentes de ejes, y tambien para cada problema en particular, cuando varíe la naturaleza del material que influye en el valor de  $A$ .

**20.** Hé aquí en términos generales cómo se han vencido las dificultades que dejamos señaladas.

Muchas de las fórmulas están ya organizadas como la [12]; otras han recibido esta forma por trasformaciones sencillas, cuyo detalle se expondrá al tratar en particular de los diversos problemas.

Afortunadamente son poco numerosas las variaciones de magnitud de los exponentes  $m - n - r$ ; de modo que por este concepto, con un corto número de sistemas de ejes se podrán resolver muchos problemas de naturaleza distinta. Pero no puede decirse lo mismo por lo que respecta al divisor  $A$ , que, como veremos, depende de circunstancias muy variables, referentes á la situación de cargas y á la naturaleza del material: para los problemas de fle-

xion de piezas escuadradas, por ejemplo, la fórmula es  $\frac{P}{A} = \frac{ab^2}{l}$ , y  $A$  tiene muchos valores distintos, que dependen de que los extremos estén empotrados, ó simplemente apoyados, de que las cargas estén distribuidas uniformemente, ó de modo irregular, etc.

Resulta, como consecuencia de la variabilidad de  $A$ , la necesidad de numerosos sistemas de ejes que, de aceptarlos, formarían un cuaderno voluminoso y poco manuable. Mas si se atiende á que las variaciones de  $A$  no afectan sino al eje  $O' D'$ , se presenta de seguida la solución del problema, que consiste en dibujar en tablilla aparte tantos ejes  $O' D'$  como sean necesarios para la resolución de las diversas cuestiones, y emplearlos en combinación con los ejes restantes, haciéndolos coincidir á voluntad con la prolongación del  $O' B'$ .

Esto se ha conseguido fácilmente practicando aberturas al lado de los ejes de numeración variable (véanse las figuras 1 y 2 de la lám. 1.<sup>a</sup>), las cuales permiten leer estas numeraciones en una tablilla móvil situada debajo (tablilla 3, fig. 4, lám. 1.<sup>a</sup>), que contiene las escalas ó divisiones correspondientes á cada caso.

**21.** La regla general de formación de las escalas de la tablilla móvil ha sido la siguiente:

En la fórmula general

$$\frac{P}{A} = \frac{a^m b^n}{c^r}$$

$a$ ,  $b$  y  $c$  son dimensiones lineales que tomaremos siempre en centímetros, y  $P$  significa pesos, que expresaremos en kilogramos.

Supongamos que se toma  $O'x'$  (fig. 4, lám. 2.<sup>a</sup>) igual al número de centímetros que hay en la cantidad  $a^m$ ,  $O'y'$  igual á un número  $b^n$  de centímetros y  $O'u'$  igual  $c^r$  centímetros. Claro es que  $\frac{P}{A}$  valdrá un número de kilogramos igual al de centímetros contenidos en  $O'\zeta'$ , y por tanto  $P$  será en kilogramos  $A$  veces el número de centímetros que tiene la longitud  $O'\zeta'$ .

Pero de tomar en escala natural  $O'x' = a^m$ ,  $O'y' = b^n$ ,  $O'u' = c^r$ , resultaría una figura desmesuradamente grande, y para eludir esta dificultad tomaremos (figuras 1 y 4, lám. 2.<sup>a</sup>):

$$Ox = \frac{1}{\alpha} O'x'$$

$$Oy = \frac{1}{\beta} O'y'$$

$$Ou = \frac{1}{\delta} O'u'$$

Por la semejanza de los triángulos  $Oux$  y  $Oy\zeta$  (fig. 1)

$$O\zeta = \frac{Ox \times Oy}{Ou},$$

ó sustituyendo los valores anteriores (figuras 1 y 2)

$$O\zeta = \frac{\delta}{\alpha\beta} O'\zeta'$$

$$O'\zeta' = \frac{\alpha\beta}{\delta} O\zeta.$$

Luego cada centímetro de  $O\zeta$  (fig. 1) vale  $\frac{\alpha\beta}{\delta}$  centímetros de  $O'\zeta'$  (figura 2), ó  $\frac{\alpha\beta}{\delta}$  kilogramos del valor de  $\frac{P}{A}$ . En resumen:

$$1 \text{ milímetro de } O\zeta \text{ (fig. 1)} = \frac{A \alpha \beta}{10 \delta} \text{ kilogramos de } P \quad [13].$$

**22.** Conviene tener presente que  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  expresan la relación que hay

entre las dimensiones verdaderas  $O'x' = a^m$ ,  $O'y' = b^n$ ,  $O'u' = c^r$  y las  $Ox-Oy-Oz$ , expresadas todas en centímetros.

La fórmula [13] es la que hemos empleado para la construcción de las escalas de la tablilla móvil (3).

FLEXION.

I.

PIEZAS DE MADERA

SUJETAS Á LA ACCION DE FUERZAS NORMALES Á SU EJE, SITUADAS EN EL MISMO PLANO.

**23.** Este caso es de frecuentísimo uso en la práctica. Todo cuanto contribuya á la fácil y pronta resolución de los problemas á que da lugar, tiene que ser forzosamente interesante.

**24.** *Vigas de seccion rectangular.*—Los ejes elegidos son los  $OMSN T$  de la segunda cara del escuadrímetro (fig. 2, lám. 1.<sup>a</sup>).

La fórmula correspondiente es:

$$\frac{1}{n} Pl = \frac{R a b^2}{6} \quad [14]$$

ó

$$\frac{P}{\frac{1}{6} R n} = \frac{a b^2}{l} \quad [15]$$

$a$  y  $b$ , lados de escuadría (fig. 6, lám. 2.<sup>a</sup>), y  $l$  longitud, se expresarán en centímetros; y  $R$ , coeficiente de trabajo, en kilogramos por centímetro cuadrado;  $n$  es un número que tiene los valores siguientes:

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | $n$ .                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                    |
| 1. <sup>o</sup> | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza empotrada en un extremo y cargada} \\ \text{en el otro. . . . .} \\ \text{Pieza apoyada en uno ó dos puntos equi-} \\ \text{distantes de los extremos y cargada en} \\ \text{estos extremos. . . . .} \end{array} \right\}$ | $\left. \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right\}$                              |
| 2. <sup>o</sup> | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza empotrada en un extremo y cargada} \\ \text{uniformemente. . . . .} \end{array} \right\}$                                                                                                                                   | $\left. \begin{array}{l} 2 \end{array} \right\}$                                   |
| 3. <sup>o</sup> | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pieza apoyada en sus extremos y cargada} \\ \text{en el punto medio. . . . .} \end{array} \right\}$                                                                                                                               | $\left. \begin{array}{l} 4 \end{array} \right\}$                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   | $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{Figuras 7, lám. 2.a}$ |

|                 |                                                                                |    |   |                                 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|---|---------------------------------|
|                 | Pieza apoyada en sus extremos y cargada uniformemente. . . . .                 | 8  | } | Figuras 7, lám. 2. <sup>a</sup> |
| 4. <sup>o</sup> | Pieza empotrada en los dos extremos y cargada en el punto medio. . . . .       | 8  |   |                                 |
|                 | Pieza empotrada en un extremo, apoyada en el otro y cargada uniformemente. . . | 8  |   |                                 |
| 5. <sup>o</sup> | Pieza empotrada en los dos extremos, cargada uniformemente. . . . .            | 12 |   |                                 |
| 6. <sup>o</sup> | Pieza apoyada en tres puntos, cargada uniformemente. . . . .                   | 32 |   |                                 |
|                 |                                                                                |    |   |                                 |

**25.** Como la cara segunda del escuadrímetro ha de contener otro sistema de ejes (el  $O' M' S' N' T'$ ), las dimensiones de todos ellos deben ser pequeñas si no se quiere dar á aquél volúmen excesivo.

El mayor valor de  $l = 10$  metros = 1000 centímetros, está representado por 5 centímetros: resulta, pues,  $\delta = \frac{1000}{5} = 200$  (núm. **21**).

El eje  $OS$  es el de los valores de  $b$ , lado de escuadria paralelo á las fuerzas (fig. 6, lám. 2.<sup>a</sup>) tomados en centímetros, así como los de  $a$  y  $l$ : en él se han tomado, á partir del origen, magnitudes proporcionales á los cuadrados de los números 4, 5, 6 ..... hasta 30, segun indica la tabla siguiente:

| b en centímetros. | b <sup>2</sup> | Ordenadas en milímetros. | b en centímetros. | b <sup>2</sup> | Ordenadas en milímetros. |
|-------------------|----------------|--------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|
| 4                 | 16             | 1,6                      | 18                | 324            | 32,4                     |
| 5                 | 25             | 2,5                      | 19                | 361            | 36,1                     |
| 6                 | 36             | 3,6                      | 20                | 400            | 40,0                     |
| 7                 | 49             | 4,9                      | 21                | 441            | 44,1                     |
| 8                 | 64             | 6,4                      | 22                | 484            | 48,4                     |
| 9                 | 81             | 8,1                      | 23                | 529            | 52,9                     |
| 10                | 100            | 10,0                     | 24                | 576            | 57,6                     |
| 11                | 121            | 12,1                     | 25                | 625            | 62,5                     |
| 12                | 144            | 14,4                     | 26                | 676            | 67,6                     |
| 13                | 169            | 16,9                     | 27                | 729            | 72,9                     |
| 14                | 196            | 19,6                     | 28                | 784            | 78,4                     |
| 15                | 225            | 22,5                     | 29                | 841            | 84,1                     |
| 16                | 256            | 25,6                     | 30                | 900            | 90,0                     |
| 17                | 289            | 28,9                     |                   |                |                          |

Los límites 4 y 30 centímetros comprenden los casos ordinarios de la práctica.

No es fácil que las piezas sometidas al cálculo tengan ménos de 4 centímetros de lado  $b$ , ni es frecuente tampoco que  $b$  sea superior á 30 centímetros (\*).

Al mayor valor de  $b = 30$  centímetros corresponde  $b^2 = 900$ , y esta cantidad está representada en el eje  $OS$  por 9 centímetros. La relacion es de  $\frac{1}{100}$ , y  $\delta = 100$ .

En el eje  $ON$  se han de tomar los valores de  $a$ .

La numeracion alcanza á 30 centímetros, correspondiendo á una dimension absoluta de 3 centímetros; la relacion es, pues, de  $\frac{1}{10}$ , y  $\alpha$  vale, por lo tanto, 10.

**26.** Una vez conocidos los valores de  $\alpha$ ,  $\delta$  y  $\delta$ , es necesario, para poder formar las divisiones del eje  $OT$  (que es el de los valores de  $P$ ) el conocimiento de  $A = \frac{Rn}{6}$ .

Pero  $A$  es funcion de  $R$  y de  $n$ . El coeficiente de trabajo  $R$  de la madera depende de la calidad de ésta y del grado de solidez que se quiera dar á la construccion; le asignaremos los valores 60 y 80 kilogramos correspondientes á las circunstancias señaladas con los números I y II en la *Instruccion para el uso del escuadrímetro* (núm. 5). En cuanto á  $n$ , ya hemos visto (número 24) los valores que tomaba segun los casos.

$$\text{Para } R = 60. \dots \dots \dots \frac{\alpha \delta A}{10 \delta} = 5 n.$$

$$\text{Para } R = 80. \dots \dots \dots \frac{\alpha \delta A}{10 \delta} = 6,6 n.$$

De la combinacion de magnitudes de  $R$  y de  $n$ , resultan los casos siguientes:

---

(\*) Aun para este último caso pueden servir los ejes. En efecto, á valores de  $b$  que sean 2, 3, etc. veces mayores, corresponden otros de  $P$  que serán 4, 9, etc. veces más grandes. Si, pues, el valor conocido de  $b$  fuese superior á 30 centímetros, se operaria con  $\frac{1}{2} b$ , teniendo cuidado de multiplicar  $P$  por 4. Cuando sea conocido  $P$  se dividirá por 4; y el valor de  $b$  que se obtenga habrá de duplicarse.

| Valores de $n$ . | Valor en kilogramos de un milímetro de la escala $O T$ . |                 |
|------------------|----------------------------------------------------------|-----------------|
|                  | $R = 60$                                                 | $R = 80$        |
| 1                | 5 ( $A_2$ )                                              | 6,6 ( $G_2$ )   |
| 2                | 10 ( $B_2$ )                                             | 13,2 ( $H_2$ )  |
| 4                | 20 ( $C_2$ )                                             | 26,4 ( $L_2$ )  |
| 8                | 40 ( $D_2$ )                                             | 52,8 ( $K_2$ )  |
| 12               | 60 ( $E_2$ )                                             | 79,2 ( $N_2$ )  |
| 32               | 160 ( $F_2$ )                                            | 211,0 ( $O_2$ ) |

Con arreglo á estos resultados se han construido las escalas  $A_2$  á  $O_2$  dibujadas en la cara segunda del escuadrímetro.

**27. Caso de seccion cuadrada.**—La seccion cuadrada es un caso particular de la rectangular: aquél en que  $a = b$ . Los mismos ejes y las mismas escalas de la tablilla móvil son aplicables.

**28. Caso de seccion circular.**—Los problemas referentes á piezas de seccion circular pueden ser referidos á los concernientes á secciones cuadradas, mediante sencillísimas operaciones.

Si se comparan los pesos que son capaces de resistir con igual coeficiente de seguridad, piezas idénticas, una de seccion circular de diámetro  $d$ , y otra de seccion cuadrada de lado  $d$ , encontramos

$$\text{Para la de seccion cuadrada. . . . . } \frac{R d^3}{6} = \frac{1}{n} P l.$$

$$\text{Para la de seccion circular. . . . . } \frac{R \pi d^3}{32} = \frac{1}{n} P_1 l.$$

$$\text{Luego } P : P_1 :: \frac{1}{6} : \frac{\pi}{32};$$

$$\text{de donde } \begin{cases} P_1 = 0,588 P & \text{ó próximamente } P_1 = 0,6 P, \\ P = 1,66 P_1. \end{cases}$$

Si, pues, la incógnita es el peso  $P_1$ , hállese el correspondiente  $P$  á la seccion cuadrada por medio del sistema de ejes, y aféctesele del coeficiente 0,6. Cuando, por el contrario, fuese conocido  $P_1$ , multiplíquese por 1,66 y la dimension encontrada en los ejes  $OS$ ,  $ON$  será el diámetro  $d$ .

**29. Caso de fuerzas aisladas distribuidas de un modo cualquiera.**—Es frecuente el caso de una viga que hallándose apoyada por sus extremos, se

encuentra cargada con un peso no aplicado en su punto medio, ó con varios distribuidos de modo irregular.

Este problema, cuya resolucion da lugar en la práctica á operaciones pesadas, puede ser resuelto prontamente por medio de los ejes  $O M S N T$ , mediante una sencilla operacion preliminar, que consiste en convertir las cargas dadas del problema en otras equivalentes, para los efectos de la flexion, aplicadas al punto medio de la viga, con lo cual queda el caso reducido al señalado con el núm. 3 en el pequeño cuadro que figura en la segunda cara del escuadrímetro.

Sea  $P$  una fuerza aplicada á la distancia  $d$  del apoyo izquierdo de una viga de longitud  $l$  (fig. 10, lám. 2.<sup>a</sup>); la reaccion  $X$  de este apoyo se obtiene por la ecuacion

$$Xl = P(l-d),$$

de donde

$$X = P \frac{l-d}{l}$$

ó haciendo  $\frac{d}{l} = m$ ,

$$X = P(1-m).$$

El momento máximo de flexion, que tiene lugar para la seccion en que está aplicada la fuerza, vale

$$M_0 = Xd = Xml,$$

ó sustituyendo el valor anterior de  $X$

$$M_0 = (1-m)m \times Pl.$$

Una fuerza  $P_1$ , aplicada en el punto medio de la viga, produciria momento máximo de flexion

$$M'_0 = \frac{1}{4} P_1 l.$$

Para que los efectos producidos por ambas fuerzas sean equivalentes, es preciso que  $M_0 = M'_0$  ó

$$(1-m)mPl = \frac{1}{4} P_1 l,$$

es decir:

$$P_1 = 4(1-m)m \cdot P.$$

La fuerza  $P$  tiene, pues, que ser multiplicada por el factor  $4(1-m)m$ , para que el caso quede convertido en el de pieza apoyada en los extremos y cargada en el punto medio.

**30.** Con objeto de abreviar todavía más las operaciones, se ha hallado la

equivalencia de  $P_1$  y  $P$  para valores de  $m$  de 0 á 0,45, creciendo de 0,05 en 0,05, y este es el objeto de las escalas comprendidas entre los ejes  $O'' B'' - O'' A''$ . En el primero de ellos debe buscarse el valor de  $P$ , y en el segundo el de  $m$ : el punto de encuentro de las ordenadas da el valor de  $P_1$ .

La escala de los valores de  $P$  es de 50 kilogramos por milímetro. Las escalas restantes de los valores de  $P_1$  serán de  $4(1-m)m \times 50 = 200(1-m)m$  kilogramos por milímetro.

Así se ha obtenido:

|                           | Kilogramos<br>por<br>milímetro. | Milímetros<br>por cada<br>100 kilogramos. |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| Para $m = 0,05$ . . . . . | 9,5                             | 10,5                                      |
| $m = 0,1$ . . . . .       | 18                              | 5,55                                      |
| $m = 0,15$ . . . . .      | 25,5                            | 3,92                                      |
| $m = 0,20$ . . . . .      | 32                              | 3,10                                      |
| $m = 0,25$ . . . . .      | 37,5                            | 2,66                                      |
| $m = 0,30$ . . . . .      | 42                              | 2,38                                      |
| $m = 0,35$ . . . . .      | 45,5                            | 2,2                                       |
| $m = 0,40$ . . . . .      | 48                              | 2,08                                      |
| $m = 0,45$ . . . . .      | 49,5                            | 2,02                                      |

Inútil es añadir que no es necesario considerar valores de  $m$  superiores á 0,50, pues que  $d$  representa la distancia al apoyo más próximo.

**31.** Si hay más de una fuerza (fig. 11, lám. 2.<sup>a</sup>) se hará con cada una la operación anterior, y la suma de todas las fuerzas  $P_1$  será la que habrá de considerarse definitivamente. No es otra cosa que la aplicación del método de superposición de efectos.

Resumiendo: con los ejes  $OMSN T$ , y escalas  $C_2$  ó  $L_2$  (según el coeficiente de trabajo) se resuelve el problema, después de haber hallado  $P_1$  ó  $\Sigma(P_1)$  en los ejes  $O'' A'' - O'' B''$ .

## II.

## PIEZAS FLEXADAS Y COMPRIMIDAS SEGUN SU EJE.

CASO EN QUE NO SEA DE TEMER LA FLEXION LATERAL.

**32.** Atendiendo solamente á la flexion, calculemos la escuadría, y sean  $a$  y  $b$  los lados correspondientes (fig. 13, lám. 2.<sup>a</sup>).

La fórmula es

$$\frac{R' a b^2}{6} = M_0,$$

de modo que la compresion  $R'$  por unidad superficial, experimentada por las fibras que más trabajan en la flexion, es

$$R' = \frac{6 M_0}{a b^2}.$$

Atendiendo á la fuerza  $Q$  de compresion directa, calculemos la escuadría que por este concepto le corresponde á la viga, conservando el lado  $b$  ántes obtenido, será:

$$Q = R'' \times a' b,$$

de modo que la compresion por unidad superficial debida á la fuerza  $Q$ , es

$$R'' = \frac{Q}{a' b} \quad [16].$$

Si aceptamos como escuadría definitiva los lados  $(a + a') = a_1$  y  $b$ , los valores de  $R'$  y  $R''$  anteriores, se convierten en

$$R' = \frac{6 M_0}{a_1 b^2} \quad \text{»} \quad R'' = \frac{Q}{a_1 b},$$

y la compresion máxima total  $R = R' + R''$  por unidad superficial es,

$$R = \frac{6 M_0}{a_1 b^2} + \frac{Q}{a_1 b},$$

que es la fórmula que se emplea en la resolucion de los problemas de esta especie.

Esto nos demuestra la bondad del procedimiento, puesto que conduce á los mismos resultados que los dados por las fórmulas deducidas teóricamente.

Luego para el cálculo de piezas flexadas y comprimidas, hállese los lados  $a$  y  $b$  como si se tratase únicamente de la flexion, y añádase al lado  $a$  el complemento  $a' = \frac{Q}{R'' b}$  (deducido de la fórmula [16]) correspondiente á la compresion que produce la fuerza  $Q$ .

$R''$  se hará igual á 60 ú 80, segun que las piezas de madera estén en las circunstancias I ó II (núm. 5 de la *Instruccion*).

**33.** Unicamente es admisible cuanto dejamos dicho para el caso en que no sea de temer la flexion lateral: de otro modo, la expresion [16] (núm. 32) no es aplicable.

**34.** Si la fuerza  $Q$  fuese de extension, se operaria de igual modo por idénticas razones.

### III.

#### PIEZAS INCLINADAS

##### SUJETAS Á LA ACCION DE FUERZAS VERTICALES.

**35.** En este caso, muy frecuente en la práctica, la pieza resulta flexada y comprimida segun su eje. La flexion es producida por las componentes de las fuerzas normales al eje de la viga: la compresion se debe á las componentes segun este eje.

**36.** *Flexion.*—Por lo que respecta á la flexion, la pieza se encuentra en el mismo caso que la viga proyeccion horizontal sometida á las fuerzas proyeccion; y esta circunstancia importantísima simplifica de un modo notable el cálculo.

**37.** *Compresion.*—Consideremos, en primer lugar, el caso de una fuerza única (fig. 15, lám. 2.<sup>a</sup>). Prolónguese la reaccion  $DC$ , que ha de ser normal al apoyo superior, hasta que corte en  $C$  á la fuerza  $P$ , y como el equilibrio exige que las fuerzas sean concurrentes,  $AC$  será la direccion de la reaccion  $H$  correspondiente al apoyo inferior.

El triángulo de las fuerzas  $nr m$  (fig. 16), cuyos lados son paralelos á los del triángulo  $ABC$ , da

$$nr = P \quad \gg \quad mn = \text{reaccion } H \quad \gg \quad mr = \text{reaccion } L.$$

La proyeccion de la reaccion  $H$  sobre el eje de la pieza  $AD$  dará á conocer el valor de la compresion  $Q$ : es decir, que si por  $m$  se traza  $ms$  paralela á  $AD$  y  $ns$  perpendicular á  $ms$ ,  $Q$  es igual á  $ms$ .

Pero  $ms$  es poco diferente de  $mt$ , y  $mt$  es la hipotenusa del triángulo rectángulo  $mt r$ , en el cual  $tr = tn = \frac{1}{2} P$ . La igualdad de  $nt$  y  $tr$  se deduce de la de  $NC$  y  $NB$ , demostrada por la de los triángulos  $ANB$  y  $NCD$ , en los cuales  $AN = ND$ , siendo además iguales los ángulos en  $N$  y los  $A$  y  $D$ .

Si las fuerzas estuviesen uniformemente repartidas (fig. 14), la compre-

sion en el punto medio de la pieza, que es la que hemos de considerar, porque en ella ocurre el momento máximo  $M_0$  de flexion, es exactamente  $mt$  (figura 16), pues de  $ms$  ha de descontarse la proyeccion  $st$  de  $\frac{1}{2} pl$ , ó sea de las cargas que hay de  $N$  á  $D$ .

Por estò, en general, hemos hecho  $Q = mt$ ; es decir, á la hipotenusa del triángulo rectángulo formado con el cateto  $\frac{1}{2} P$ , siendo la inclinacion de la hipotenusa la misma que tiene la pieza, y este triángulo se forma inmediatamente con la escala  $HH'$  y líneas diversamente inclinadas, dibujadas en la cara segunda del escuadrímetro. (Véase lám. 1.<sup>a</sup>, fig. 2, y lám. 2.<sup>a</sup>, fig. 17.) El cateto horizontal  $rs$  da, además, el empuje horizontal que sufre el apoyo inferior de la viga.

**38.** Resumiendo: el caso presente se reduce por modo sencillísimo, fundado en lo que precede, al caso de pieza flexada por fuerzas normales al eje, y comprimida. La escuadría  $a \times b$  correspondiente á la flexion, se determinará por medio de las reglillas de paralelas, en los ejes  $OMSN'T$ , tomando en el eje  $OM$  de las longitudes de la pieza, no la verdadera, sino la de su proyeccion horizontal, y hé aquí la razon de las líneas diversamente inclinadas de  $\frac{1}{10}$  á  $\frac{12}{10}$ , que se han dibujado en el cuadrante  $MOS$ .

La compresion  $Q$ , fácilmente hallada en el eje  $HH'$  y líneas inclinadas de  $\frac{1}{10}$  á  $\frac{12}{10}$ , determinará el complemento  $a'$  de escuadría, mediante la sencilla expresion  $\frac{Q}{60b}$  ó  $\frac{Q}{80b}$ . Recordemos que  $a$ ,  $b$  y  $a'$  han de estar expresados en centímetros.

De este modo, problemas de prolija resolucion son resueltos en breves instantes por medio del escuadrímetro.

#### IV.

##### PROBLEMAS DE FLEXION

###### RELATIVOS Á VIGAS DE HIERRO LAMINADAS Ó COMPUESTAS.

**39.** Interesantes servicios presta el sistema de ejes  $O'M'S'N'T'$ , contenido en la segunda cara del escuadrímetro, como que resuelve los pesados problemas de flexion relativos á vigas de hierro de secciones diversas, y los resuelve del modo más satisfactorio, cual es presentando diversas soluciones de la cuestion, esto es, diversos perfiles de viga capaces de resistir á las car-

gas datos del problema, y dando medios de conocer cuál es la más conveniente de todas.

Se reconocerá la dificultad que se encuentra en el cálculo de vigas de esta clase, recordando que en la fórmula  $\frac{RI}{\nu} = \frac{1}{n} Pl$ , el momento de inercia  $I$  tiene valores de esta forma:  $\frac{1}{2} (a b^3 - a' b'^3 - a'' b''^3 - a''' b'''^3 \dots)$  para las vigas doble T. La formación del valor de  $I$ , y por tanto del momento resistente  $\frac{RI}{\nu}$ , cuando es conocida la viga y lo que se busca es el peso, exige mucho tiempo; y todavía es más penoso el método si lo que se desea obtener es el perfil de viga más conveniente una vez conocidas las cargas  $P$ , pues hay que dar valores arbitrarios á todas las cantidades que entran en el valor de  $I$ , ménos á una, y es necesario que á ésta resulte valor admisible, lo cual no sucederá las más de las veces sino despues de prolijos ensayos ó tanteos.

Si el perfil trasversal de la viga no tiene dos ejes de simetría, como acontece en las de T sencilla, escuadras  $U$ , etc., el procedimiento ordinario de cálculo es más prolijo aún; no solamente por la mayor complicacion de las fórmulas que dan los valores de  $I$ , sino tambien porque es preciso *a priori* determinar el centro de gravedad de la seccion y sus distancias  $\nu, \nu'$  á las fibras extremas. Hé aquí, por ejemplo, para la T sencilla los valores de  $I, \nu$  y  $\nu'$ .

$$I = \frac{1}{3} (a (\nu^3 - h^3) + a' (h^3 + \nu'^3))$$

$$\nu = \frac{a h'^2 + a' b' (b + h')}{2(a b - (a - a') b')}

$$\nu' = b - \nu.$$$$

Así podrá formarse idea de lo penoso de los procedimientos ordinarios que ha dado lugar á la construccion de tablas que los faciliten, tales como las de Riche, Forest, Huléwitz y otros, pero que no resuelven por completo las dificultades ni son aplicables á todos los problemas, mientras que con el sistema de ejes  $O', M', S', N', T'$  y las tablas I, II y III que acompañan á la *Instruccion* se resuelven todos, y con mayor sencillez y prontitud.

**40.** Los ejes y tablas citados sirven para hierros de T sencilla, tubulares rectangulares; U, angulares; y dobles T, laminadas ó compuestas. El coeficiente de trabajo del hierro puede ser de 6, 7 ú 8 kilogramos por milímetro cuadrado. Son aplicables: 1.º, para el cálculo de suelos, traveseros de puentes (y áun cuchillos ó vigas principales en los de pequeña importancia), viguetas de armaduras, y en general para toda clase de vigas espaciadas  $h$  y sujetas á

$p'$  kilogramos de carga por metro cuadrado de piso; 2.º, vigas aisladas sometidas á  $p$  kilogramos por metro lineal.

**41.** Se supone que las vigas están apoyadas en sus extremos. Si alguno de los apoyos, ó ambos, están sustituidos por empotramientos, el problema se resuelve mediante una sencilla multiplicacion.

**42.** *Fundamento del sistema.*—Partiremos de la fórmula de flexion

$$\frac{RI}{\nu} = \frac{1}{n} p l^2.$$

Estando situadas las vigas á la distancia  $h$ , y siendo  $p'$  el peso por metro cuadrado de piso, sobre cada metro lineal de viga obra  $p' \times h = p$ ; luego

$$\frac{RI}{\nu} = \frac{1}{n} p' h l^2,$$

$$\text{ó } \frac{nRI}{\nu} = p' h l^2.$$

Llamemos  $K$  al primer miembro  $\frac{nRI}{\nu}$ : será

$$K = p' h l^2,$$

$$\text{ó } K = \frac{h l^2}{\frac{1}{p'}}.$$

Se han calculado los valores de  $K$  correspondientes á vigas de secciones variadas en formas y magnitudes, para el caso de que los extremos estén apoyados (es decir, que  $n=8$ ) y para valores de  $R$  iguales á 6, 7 y 8 kilogramos, y con ellos se han formado tablas en las cuales consta tambien el peso del metro lineal de cada viga distinta.

En el eje  $O'M'$  hemos tomado valores proporcionales á  $\frac{1}{p'}$ : en los  $O'S'$  y  $O'N'$  magnitudes proporcionales respectivamente á  $l^2$  y á  $h$ . Por último, el eje  $O'T'$  contiene los valores de  $K$ .

Con las tablas y los ejes quedan resueltos los problemas todos que pueden presentarse.

Si la viga es de seccion conocida, las tablas darán el valor de  $K$  para el coeficiente  $R$  de trabajo admitido, es decir, un punto del eje  $O'T'$ ; y por medio de las reglillas de paralelas se podrá conocer una de las tres cantidades  $l$  (longitud);  $p'$  (peso por metro cuadrado de suelo) ó  $h$  (separacion de vigas) conocidas que sean las otras dos.

Si son datos del problema el coeficiente  $R$  del trabajo del hierro,  $p'$ ,  $l$  y  $h$ ,

y lo que se busca es una viga económica, es decir, que pese poco, los ejes y reglillas de paralelas darán á conocer en el eje  $O' T'$  un número, que es el valor de  $K$ . Se acudirá con él á las tablas, y todas las secciones de hierros para las cuales  $K$  tenga el valor encontrado, ó aproximado por exceso, resuelven el problema: de ellas se elegirá la más conveniente, que las más de las veces será la que pese ménos, pero que en otras ocasiones pudiera ser la que tenga cierta altura para conseguir tambien la rigidez deseada.

**43.** Cuando las vigas estén aisladas se tomará invariablemente en el eje  $O' N'$  el punto  $m$  (fig. 2, lám. 1.<sup>a</sup>) correspondiente á  $h = 1$  metro.

En efectó: la carga  $p$  por metro lineal en vigas aisladas es la misma que les corresponderia estando formando piso con otras, si la separacion de vigas fuèsè de un metro y la carga por metro cuadrado valiese  $p'$  en kilógramos.

Si la viga, en vez de estar apoyada en sus extremos y cargada uniformemente, se hallase en cualquiera de las circunstancias que constituyen el caso cuarto de flexion (fig. 7, lám. 2.<sup>a</sup>), los problemas se resolverian de igual modo, pues el valor de  $n$  es el mismo, 8; y por tanto, no han variado los valores de  $K$ .

Para los demás casos,  $n$  vale 1, 2, 4, 12 y 32, en vez de 8. Quiere esto decir que los valores de  $K$  han de ser  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{2}$ , 4 veces los de las tablas; ó lo que es lo mismo, que el sencillo procedimiento anterior es aplicable tambien á estos casos, teniendo en cuenta tan sólo que cada kilógramo de peso cuando la pieza está apoyada en sus extremos y cargada uniformemente, equivale á

|               |                                      |   |
|---------------|--------------------------------------|---|
| $\frac{1}{8}$ | de kilógramo para las vigas del caso | 1 |
| $\frac{1}{4}$ | id.                                  | 2 |
| $\frac{1}{2}$ | id.                                  | 3 |
| $\frac{3}{2}$ | id.                                  | 5 |
| 4             | id.                                  | 6 |

Así, pues, cuando la incógnita sea  $p'$ , el valor hallado habrá de multiplicarse por  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$  ... . 4; y si el peso  $p'$  es dato del problema, se dividirá por  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$  ..... 4, y este cociente es el que habrá de buscarse en el eje  $O' M'$ .

**44.** Cuando  $K$  sea mayor que 16000, mayor de las divisiones del eje  $O' T'$ , divídase por 10; sólo habrá que multiplicar por 10 el valor de  $h$  encontrado.

Recíprocamente: si la recta  $\gamma \zeta$  (fig. 8, lám. 2.<sup>a</sup>) no corta al eje  $O' T'$ , tó-

mese un valor de  $h$  diez veces menor, y multiplíquese por 10 el valor de  $K$  que se encuentre.

**45.** Mucha mayor utilidad reportan los ejes  $O' M' S' N' T'$ , que las tablas de Riche: éstas no resuelven más que los problemas en que son conocidos  $P$  y  $l$ , y áun para ello hay que hacer los cálculos referentes á la formación de  $M_0$ : supónese además, que el coeficiente  $R$  tiene, únicamente, el valor 6 kilogramos, mientras que con el auxilio de las tablas del escuadrímetro se puede dar á  $R$  cualquiera de los valores 6, 7 y 8.

**46.** De todos modos, las tablas de Riche pueden utilizarse en combinación con el escuadrímetro. No hay más que multiplicar por  $n$  los valores del momento  $M_0$  que contienen dichas tablas, para obtener el valor de  $K$ . Y cuando la incógnita sea el perfil transversal de viga, bastará dividir por  $n$  el valor que hallemos en el eje  $O' T'$ , y acudiendo con el cociente á las tablas de Riche encontraremos la solución del problema.

**47.** Hé aquí cómo se han obtenido las divisiones de los diversos ejes.

Tomando en la fórmula  $K = \frac{h l^2}{\frac{1}{p'}}$ ,  $h$  y  $l$  en metros y  $p'$  en kilogramos,

$K$  vendrá expresado en kilográmetros, y si representamos por  $\alpha$ ,  $\epsilon$  y  $\delta$  la relación que existe entre los verdaderos valores de  $h$ ,  $l^2$  y  $\frac{1}{p'}$  y los que tomemos en los ejes  $O' M' - O' S' - O' N'$ , resulta que cada metro lineal del eje  $O' T'$  representará  $\frac{\alpha \epsilon}{\delta}$  kilográmetros, y cada milímetro  $\frac{\alpha \epsilon}{1000 \delta}$ .

En los valores de  $h$ , cada decímetro está representado por 0<sup>m</sup>,006. Resulta  $\alpha = \frac{100}{6}$ .

También  $l^2 = 10^{-2} = 100$ , está representado por 0<sup>m</sup>,1:  $\epsilon = 1000$ .

Para  $p' = 200$ ,  $\frac{1}{p'} = \frac{1}{200} = 0,005$  está representado por 0,06; luego

$$\delta = \frac{5}{60},$$

de modo que

$$\frac{\alpha \epsilon}{1000 \delta} = \frac{\frac{100}{6} \times 1000}{1000 \times \frac{5}{60}} = 200.$$

Es decir, que cada milímetro de  $O' T'$  representa 200 kilográmetros.

48. Los problemas quedan resueltos con suficiente exactitud.

Un error de medio milímetro, por ejemplo, en la determinación del punto  $\zeta$ , del eje  $O' T'$ , equivale á 100 kilogrametros, cantidad insignificante al lado de los números 8000, 10000 ..... 16000, que puede tener  $K$ .

## COMPRESION.

### I.

#### PIEZAS DE MADERA, HIERRO Ó FUNDICION,

COMPRESIDAS SEGUN SU EJE.—FÓRMULAS DE HODGKINSON.

49. Las fórmulas dadas por Hodgkinson, que resuelven los problemas de piezas comprimidas segun su eje, son:

$$\text{para madera } P = A \frac{c e^3}{l^2},$$

$$\text{para hierro } \left\{ \begin{array}{l} \text{columnas macizas } P = A \frac{d^4}{l^2} = A \frac{d \cdot d^3}{l^2}. \\ \text{fundicion..} \left\{ \begin{array}{l} \text{columnas huecas } P = A \frac{d^4 - d'^4}{l^2} = A \frac{d \cdot d^3}{l^2} - A \frac{d' \cdot d'^3}{l^2}. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Todas ellas tienen la organizacion general  $\frac{P}{A} = \frac{a^n b^n}{c^r}$ ; pues el valor de  $P$  en las columnas huecas, que parece diferente, puede considerarse como la diferencia de los de  $P_d$  y  $P_{d'}$ , siendo

$$P_d = A \frac{d \cdot d^3}{l^2} \quad P_{d'} = A \frac{d' \cdot d'^3}{l^2}.$$

Estos problemas pueden ser, pues, tratados como los precedentes, y resueltos con sencillez por medio de un sistema de ejes rectangulares y las reglillas de paralelas.

Los ejes correspondientes á estos casos son los  $O A B - C D$  de la primera cara del escuadrímetro. Como la fórmula general es  $\frac{P}{A} = \frac{c e^3}{l^2}$ , es decir, como son constantes los exponentes de  $c$ ,  $e$  y  $l$ , las divisiones de los tres primeros ejes  $O A - O B - O C$ , serán las mismas para todos los casos.

Las divisiones del cuarto eje, ó sea del que determina  $P$ , serán diferentes para los diversos valores de  $A$ , segun ya hemos visto en otro lugar, es decir,

segun la naturaleza del material. En la tablilla móvil se han dibujado por esta razon seis escalas distintas, correspondientes á los siguientes materiales:

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| Fundicion de hierro.. . . . . | $A_1$ |
| Hierro. . . . .               | $B_1$ |
| Encina fuerte. . . . .        | $C_1$ |
| Pino fuerte.. . . . .         | $D_1$ |
| Encina floja. . . . .         | $E_1$ |
| Pino flojo. . . . .           | $F_1$ |

Las divisiones de los ejes  $OA - OB - OC$ , aunque comunes á todos los problemas de compresion en que nos ocupamos, se han subordinado al caso de piezas de madera, por las razones que veremos á continuacion, y de aquí el que tratemos en primer lugar de este material.

**50.** *Piezas de madera.*—En la fórmula de Hodgkinson  $P = A \frac{c e^3}{l^2}$ ,

$c$  es el lado mayor de escuadría expresado en centímetros.

$e$  el lado menor de id. en id.

$l$  longitud de la viga, en id.

$A$  un coeficiente numérico, que vale

|   |                           |
|---|---------------------------|
| } | 25650 para encina fuerte. |
|   | 21420 para pino fuerte.   |
|   | 18000 para encina floja.  |
|   | 16000 para pino flojo.    |

La fórmula es aplicable únicamente cuando  $\frac{l}{e}$  está comprendido entre 30 y 45.

Para  $e = 10$  centímetros, el máximo de  $l$  es  $44 \times 10 = 4^m,4$ .

Si  $e = 20$  centímetros, el máximo de  $l$  es  $44 \times 20 = 8^m,8$ .

**51.** Con el objeto de hacer las divisiones más grandes y numerosas, á fin de conseguir mayor exactitud en la resolucion de los problemas sin dar excesiva magnitud al escuadrímetro, no consideraremos valores de  $e$  mayores que 20 centímetros, ni de  $c$  superiores á 30 centímetros: haremos, además, una primera division en el eje  $OB$  que alcance hasta 10 centímetros, y su correspondiente en el  $OA$  hasta  $4^m,4$  distinguiendo á ambas con numeracion ordinaria; y otra segunda division que alcanza de 10 á 20 centímetros en  $OB$  y de 2 metros á  $8^m,8$  en  $OA$ , con numeracion romana.

Claro es que pudiéramos haber aceptado una sola division: la de las cifras romanas; pero entónces las subdivisiones de 0 á 10 centímetros para los valores de  $e$ , y 0 á 2 metros para los de  $l$ , hubieran resultado muy confusas, dando lugar á grandes errores en los valores de  $P$ .

En el eje  $OC$  tambien hay dos numeraciones distintas: árabe y romana; y en los tres han de corresponderse, como es natural, la primera y la segunda.

**52.** La pieza de  $e = 20$  centímetros  $\times c = 30$  centímetros de escuadría, es la mayor de las que pueden calcularse. El valor de  $l$  para el cual esta viga resistiria un máximo, es  $30 \times 20 = 600$  centímetros = 6 metros. Resulta de aquí que la numeracion del eje  $OD$  ha de llegar á

$$P = A \frac{30 \times 20^3}{600^2} = \frac{2}{3} A \text{ kilogramos;}$$

es decir:

|             |            |                     |
|-------------|------------|---------------------|
| $P = 10666$ | kilogramos | para pino flojo.    |
| $P = 12000$ | id.        | para encina floja.  |
| $P = 14280$ | id.        | para pino fuerte.   |
| $P = 17100$ | id.        | para encina fuerte. |

**53.** En la numeracion árabe del eje  $OA$ , para  $l = 4$  metros = 400 centímetros, vale  $l^2 = 160000$ , y esta magnitud está representada por 4 centímetros:

la escala es, pues, de  $\frac{1}{40000}$  ó  $\delta = 40000$  (núm. **22**).

Si  $e = 10$  centímetros, se tiene  $e^3 = 1000$ , y á este número corresponde una dimension en el eje  $OB$  de 8 centímetros. La escala es de  $\frac{8}{1000}$ , y

$$\delta = \frac{1000}{8}.$$

Finalmente, en el eje  $OC$  cada centímetro representa 10; por tanto  $\alpha = 10$ .

En resumen (expresion [13] del número **22**), cada milímetro de eje  $OD$

representa  $\frac{\alpha \delta}{10 \delta}$  .  $A$  kilogramos ó sea  $\frac{10 \times \frac{1000}{8}}{10 \times 40000} \times A = \frac{1}{320} A$ .

En la numeracion romana,  $\delta = 80000$ ,  $\delta = 1000$  y  $\alpha = 5$ ; cada milímetro de  $OD$  equivale á  $\frac{1000 \times 5}{10 \times 80000} \times A = \frac{1}{160} A$ ; ó lo que es lo mismo, el doble, justamente, de la numeracion árabe. Por esta razon no hay necesidad, realmente, de escribir doble numeracion en las escalas del eje  $OD$ ; bastando recordar que cuando se emplee la numeracion romana en los tres ejes  $OABC$ , ha de considerarse duplicados los números de dichas escalas.

A continuacion se expresa el valor de cada milímetro de eje  $OD$  en kilogramos de  $P$  para los diversos materiales y numeraciones de  $OABC$ , y, recíprocamente, el número de milímetros correspondientes á 100 kilogramos.

| MATERIAL.              | KILÓGRAMOS POR MILÍMETRO. |                    | MILÍMETROS CORRESPONDIENTES Á 100 KILÓGRAMOS. |                    |
|------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|--------------------|
|                        | Numeracion ordinaria.     | Numeracion romana. | Numeracion ordinaria.                         | Numeracion romana. |
| Encina fuerte. . . . . | 80                        | 160                | 1,25                                          | 0,625              |
| Pinó fuerte. . . . .   | 67                        | 134                | 1,492                                         | 0,746              |
| Encina floja. . . . .  | 56,25                     | 112,50             | 1,77                                          | 0,885              |
| Pino flojo. . . . .    | 50                        | 100                | 2                                             | 1                  |

**54.** Por lo que respecta á los ejes  $OA$  y  $OB$ , hé aquí las magnitudes lineales de ordenadas correspondientes á las diversas divisiones:

## Eje O A.

## Numeracion árabe.

| $l$ , en metros. | $l^2$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. | $l$ , en metros. | $l^2$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. |
|------------------|------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| I                | 10000                  | 2,5                      | 2,75             | 75600                  | 18,90                    |
| 1,25             | 15600                  | 3,9                      | 3                | 90000                  | 22,50                    |
| 1,50             | 22500                  | 5,62                     | 3,25             | 105600                 | 26,40                    |
| 1,75             | 30600                  | 7,65                     | 3,50             | 122500                 | 30,62                    |
| 2                | 40000                  | 10                       | 3,75             | 140600                 | 35,01                    |
| 2,25             | 50600                  | 12,65                    | 4                | 160000                 | 40                       |
| 2,50             | 62500                  | 15,50                    |                  |                        |                          |

## Numeracion romana.

| $l$ , en metros. | $l^2$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. | $l$ , en metros. | $l^2$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. |
|------------------|------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| II               | 40000                  | 5,00                     | 5,75             | 330600                 | 41,32                    |
| 2,50             | 62500                  | 7,81                     | VI               | 360000                 | 45,00                    |
| III              | 90000                  | 11,25                    | 6,25             | 390600                 | 48,32                    |
| 3,50             | 122500                 | 15,31                    | 6,50             | 422500                 | 52,81                    |
| IV               | 160000                 | 20,00                    | 6,75             | 455600                 | 56,95                    |
| 4,25             | 180600                 | 22,32                    | VII              | 490000                 | 61,25                    |
| 4,50             | 202500                 | 25,31                    | 7,25             | 525600                 | 65,70                    |
| 4,75             | 225600                 | 28,20                    | 7,50             | 562500                 | 70,31                    |
| V                | 250000                 | 31,25                    | 7,75             | 600600                 | 75,00                    |
| 5,25             | 275600                 | 34,85                    | VIII             | 640000                 | 80,00                    |
| 5,50             | 302500                 | 37,56                    |                  |                        |                          |

**Eje O B.**

*Numeracion ordinaria.*

| $e$ , en centímetros. | $e^3$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. | $e$ , en centímetros, | $e^3$ , en centímetros | Ordenadas en milímetros. |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| 4,00                  | 64                     | 5,12                     | 8,25                  | 561                    | 44,80                    |
| 4,50                  | 91                     | 7,29                     | 8,50                  | 614                    | 49,12                    |
| 5,00                  | 125                    | 10,00                    | 8,75                  | 670                    | 53,60                    |
| 5,50                  | 163                    | 13,30                    | 9,00                  | 729                    | 58,32                    |
| 6,00                  | 216                    | 17,28                    | 9,12                  | 758                    | 60,64                    |
| 6,25                  | 244                    | 19,70                    | 9,25                  | 791                    | 63,30                    |
| 6,50                  | 274                    | 21,96                    | 9,38                  | 825                    | 66,00                    |
| 6,75                  | 307                    | 24,50                    | 9,50                  | 857                    | 68,58                    |
| 7,00                  | 343                    | 27,44                    | 9,62                  | 890                    | 71,20                    |
| 7,25                  | 381                    | 30,50                    | 9,75                  | 926                    | 74,10                    |
| 7,50                  | 421                    | 33,74                    | 9,88                  | 964                    | 77,12                    |
| 7,75                  | 465                    | 37,20                    | 10,00                 | 1000                   | 80,00                    |
| 8,00                  | 512                    | 40,96                    |                       |                        |                          |

La numeracion romana es doble de la ordinaria.

**55. Caso de seccion circular.**—La fórmula de Hodgkinson, se deriva de esta otra

$$P = N \frac{EI}{l^3}.$$

Si la seccion es circular, de diámetro  $d$ ,

$$P_1 = \frac{NE}{l^3} \times \frac{\pi}{64} d^4.$$

Cuando la seccion sea el cuadrado circunscrito,

$$P_2 = \frac{NE}{l^3} \times \frac{1}{12} d^4.$$

De modo que

*a*

$$P_1 : P_2 :: \frac{\pi}{64} : \frac{1}{12} :: 37,6 : 64,$$

ó próximamente

$$P_1 = \frac{3}{5} P_2.$$

**56. Cargas en movimiento.**—Una carga en movimiento equivale á otra estática, multiplicada por un cierto factor que es funcion, entre otras cosas, de la velocidad y del coeficiente de elasticidad  $E$ . El valor de  $E$  entra en el denominador en dicho coeficiente, de modo que cuanto más elástica sea la materia, es decir, que cuanto menor sea  $E$ , mayor será el coeficiente.

Para la madera,  $E$  es, término medio, diez veces menor que para el hierro, y no debe, por tanto, prescindirse de la circunstancia de *movilidad* de las cargas. En muchas obras se ha tomado para el coeficiente de trabajo de la madera que se halle en tales condiciones la mitad del valor ordinario, lo cual equivale á duplicar las cargas móviles y considerarlas, en el cálculo, como si fuesen graduales.

**57. Columnas macizas de fundicion. Caso en que  $l > 12 d$ .**

Supondremos que los extremos de la columna son planos y están perfectamente sujetos, como en empotramientos. Esta hipótesis se hace siempre para el cálculo de columnas.

La carga de fractura es:

$$P_1 = 4 \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

siendo  $E$  = coeficiente de elasticidad.

$I$  = momento de inercia de la seccion trasversal con respecto á un diámetro.

$l$  = longitud de la columna.

Tomando la décima parte de  $P_1$  como carga de trabajo ordinario, será:

$$P = 0,4 \pi^2 \frac{EI}{l^2},$$

ó

$$P = 0,193 E \frac{d^4}{l^2}.$$

Si las dimensiones se toman en centímetros,  $E$  vale, término medio,  $93 \times 10^4$ ; y

$$P = 180000 \frac{d^4}{l^2} \quad [17].$$

Esta fórmula es la que emplearemos. Sus resultados difieren muy poco de

los obtenidos por la de Hodgkinson (\*), y en cambio su aplicacion es mucho más sencilla.

En el hierro,  $E$ , es dos veces mayor que en la fundicion: la fórmula será:

$$P = 360000 \frac{d^4}{l^2}.$$

Cada milímetro de la escala de fuerzas representa  $\frac{1}{320} A$  (núm. 53) si se emplea la numeracion ordinaria en los ejes  $O A B C$ , y  $\frac{1}{160}$  cuando se use la romana.

En este caso  $A$  vale 180000 para la fundicion y 360000 para el hierro. Las escalas se arreglarán del modo siguiente:

| MATERIAL.          | KILÓGRAMOS POR MILÍMETRO. |                    | ESCALAS. |
|--------------------|---------------------------|--------------------|----------|
|                    | Numeracion ordinaria.     | Numeracion romana. |          |
| Fundicion. . . . . | 562                       | 1124               | $A_1$    |
| Hierro. . . . .    | 1124                      | 2248               | $B_1$    |

**58. Columnas huecas de fundicion y de hierro.**—Sirven los mismos ejes y escalas. El procedimiento está fundado en que la resistencia de una columna hueca es la diferencia de resistencias de las columnas macizas, cuyos diámetros fuesen iguales á los diámetros exterior é interior de aquélla.

Así se desprende de la fórmula:

$$P = A \frac{d^4 - d'^4}{l^2} = A \frac{d^4}{l^2} - A \frac{d'^4}{l^2}.$$

---

(\*) En la fórmula de Hodgkinson  $P = N \frac{d^{3.56}}{l^{1.7}}$ , el valor de  $N$  para la carga de fractura es de 1070000. Para la de trabajo ordinario ha de tomarse  $\frac{1}{6}$  á  $\frac{1}{7}$ , esto es, de 153000 á 178000;  $d$  y  $l$  vienen expresados, tambien, en centímetros.

II.

PIEZAS DE MADERA COMPRIMIDAS SEGUN SU EJE

CALCULADAS SEGUN LAS TABLAS DE MORIN.

59. Siendo la fórmula de Hodgkinson aplicable únicamente á los casos en que  $\frac{l}{e}$  está comprendido entre 30 y 45, necesario se hace resolver los problemas cuando  $\frac{l}{e}$  sea mayor que 45 ó menor que 30.

Emplearemos el método que consiste en hacer uso de la fórmula de la compresion simple  $P = R \cdot c \cdot e$ , dando á  $R$  los valores consignados en la siguiente tabla que Morin dedujo de las experiencias de Rondelet, en la cual  $R$  está afectado de un coeficiente que decrece cuando  $\frac{l}{e}$  aumenta.

| $\frac{l}{e}$   | 1   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22    | 24   | 28   | 32   | 36   | 40   | 44   | 48   | 54   | 60   | 66   | 72   |
|-----------------|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fraccion de $R$ | $R$ | 0,74 | 0,70 | 0,66 | 0,62 | 0,58 | 0,545 | 0,50 | 0,43 | 0,37 | 0,32 | 0,28 | 0,22 | 0,17 | 0,13 | 0,09 | 0,06 | 0,04 |
| Para $R = 60$   | 60  | 44,4 | 42   | 40   | 37   | 35   | 33    | 30   | 26   | 21   | 19   | 17   | 13,2 | 11   | 8    | 5,4  | 3,6  | 2,4  |
| Para $R = 80$   | 80  | 59,2 | 56   | 52,8 | 49,6 | 46,4 | 43,6  | 40   | 34,4 | 29,6 | 25,6 | 22,4 | 17,6 | 13,6 | 10,4 | 7,2  | 4,8  | 3,2  |

60. Los ejes  $O' A' B' C' D'$  de la primera cara del escuadrímetro resuelven el problema.

La fórmula  $P = R \cdot c \cdot e$ , se puede poner bajo la forma

$$P = \frac{R e}{\frac{1}{c}}$$

A  $R$  debe dársele los valores contenidos en los renglones tercero y cuarto de la tabla anterior, segun que se quiera adoptar un coeficiente ordinario de trabajo de 60 ú 80 kilogramos por centímetro cuadrado, teniendo en cuenta que  $c$  y  $e$  han de estar expresados en centímetros.

El eje  $O' A'$  representa los valores de uno de los lados de escuadría, del  $e$  por ejemplo. La escala es de  $\frac{1}{10}$ , ó  $\alpha = 10$ .

El eje  $O' B'$  es el de los valores de  $\frac{l}{c}$ . La escala es de 40 ó  $\delta = \frac{1}{40}$ .

El eje  $O' D'$  representa los valores de  $R$ , por más que se ha escrito al lado de cada uno la relacion  $\frac{l}{e}$  correspondiente. Cuando  $R = 60$ , para las cifras grandes, la escala es de  $\frac{4}{10}$ , ó  $\delta = 2,5$ ; y para las cifras pequeñas  $\delta = 10$ .

Cada milímetro, en el caso de  $\delta = 2,5$  representa, pues,  $\frac{10 \times 2,5}{10 \times \frac{1}{40}} = 100$  ki-

lógramos, y en el segundo caso ( $\delta = 10$ )  $\frac{10 \times 10}{10 \times \frac{1}{40}} = 400$  kilogramos (véase

expresion 13 del núm. 22). Esto hace que el eje  $O' C'$ , que es el de los pesos  $P$ , tenga dos numeraciones; una por la parte superior, que ha de emplearse cuando se utilicen los números de cifras pequeñas del eje  $O' D'$ , y otra inferior, que corresponde á los números de cifras grandes de este último eje.

**61.** El eje  $O' D'$  tiene que ser diferente cuando se parte de  $R = 80$  kilogramos. Esto dá lugar á la formacion de dos escalas para este eje: una la del párrafo anterior, que se señala con la letra  $M_1$ , y otra la que lleva al pié la letra  $N_1$ . Claro es que si las divisiones del eje  $O' C'$  han de ser invariables, las de las escalas  $M_1$  y  $N_1$  han de variar en la misma relacion que los números **61** y **81**.

**62.** Hé aquí la razon de poner en las escalas  $M_1$  y  $N_1$  dos especies de division distintas. Es conveniente que las divisiones del eje  $O' C'$  sean tales que cada milímetro represente el menor número posible de kilogramos, dadas las dimensiones del escuadrímetro, á fin de que los errores que puedan resultar al aplicar las reglillas de paralelas sean pequeños; pero para valores de  $\frac{l}{e}$  pequeños corresponden ordenadas muy grandes en el eje  $O' D'$ ; así, cuando  $\frac{l}{e} = 12$ , si se continúa con la escala de valores correspondientes á las cifras grandes, la ordenada de  $O' D'$  sería de  $4 \times 44,4 = 176$  milímetros cuando  $R = 60$  kilogramos, y  $4 \times 59,2 = 236$  milímetros para  $R = 80$ . Estas dimensiones son inadmisibles, y por esta razon se ha tomado la cuarta parte de estos valores para los de  $R$ , correspondientes á  $\frac{l}{e} > 12$ , lo cual ha obligado á multiplicar por 4 los números del eje  $O' C'$ , dando lugar á la numeracion escrita por debajo de dicho eje.

**63.** Hé aquí las magnitudes absolutas de las diversas ordenadas en los ejes  $O' A' - B' C'$ .

**Eje  $O' A'$ .**—A milímetro por centímetro.

**Eje  $O' B'$ .**

|                             |      |      |       |       |       |       |       |        |        |        |        |      |        |        |       |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|-------|
| Valores de $a$ en centímet. | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12     | 14     | 16     | 18     | 20   | 24     | 28     | 30    |
| Id. de $\frac{l}{a}$ ....   | 0,25 | 0,20 | 0,166 | 0,143 | 0,125 | 0,111 | 0,100 | 0,0833 | 0,0714 | 0,0625 | 0,0555 | 0,05 | 0,0433 | 0,0352 | 0,033 |
| Ordenadas, en milímet.      | 100  | 80   | 66,4  | 57,2  | 50    | 44,4  | 40    | 33,3   | 28,5   | 25     | 22,2   | 20   | 17,3   | 14,1   | 13,2  |

**Eje  $O' C'$ .**

Numeracion superior... 100 kilogramos por milímetro.

Numeracion inferior... 400 kilogramos por milímetro.

**Eje  $O' D'$ .**

*Escala de  $M_1$  correspondiente á  $R = 60$ .*

|                   |                                |      |    |      |    |    |      |      |     |    |    |    |
|-------------------|--------------------------------|------|----|------|----|----|------|------|-----|----|----|----|
| Cifras pequeñas.  | Valores de $\frac{l}{e}$ ..... | 12   | 14 | 16   | 18 | 20 | 22   | 24   | 28  | 32 | 36 | 40 |
|                   | Ordenadas, en milímetros.....  | 44,4 | 42 | 40   | 37 | 35 | 33   | 30   | 26  | 21 | 19 | 17 |
| Cifras grandes... | Valores de $\frac{l}{e}$ ..... | 36   | 40 | 44   | 48 | 54 | 60   | 66   | 72  |    |    |    |
|                   | Ordenadas, en milímetros.....  | 76   | 68 | 52,8 | 44 | 32 | 21,6 | 14,4 | 9,6 |    |    |    |

*Escala  $N_1$  correspondiente á  $R = 80$ .*

|                     |                          |      |      |      |      |      |      |    |      |      |      |      |
|---------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| Cifras pequeñas...  | Valores de $\frac{l}{e}$ | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 | 28   | 32   | 36   | 40   |
|                     | Ordenadas en milímetros. | 59,2 | 56   | 52,8 | 49,6 | 46,4 | 43,6 | 40 | 34,4 | 29,6 | 25,6 | 22,4 |
| Cifras grandes..... | Valores de $\frac{l}{e}$ | 44   | 48   | 54   | 60   | 66   | 72   |    |      |      |      |      |
|                     | Ordenadas en milímetros. | 70,4 | 54,4 | 41,6 | 28,2 | 19,2 | 12,8 |    |      |      |      |      |

## CERCHAS DE TIRANTE HORIZONTAL.

## CÁLCULO DEL PAR Y DEL TIRANTE.

**64.** Las piezas principales de una cercha son, seguramente, el par y el tirante, en cuanto se relaciona con la magnitud de los esfuerzos á que están sujetas.

Cuando las viguetas vienen á cargar sobre los nudos ó articulaciones de los pares (y así conviene para los efectos de la resistencia), estas últimas piezas están sometidas solamente á compresion, y el tirante á extension.

El polígono de fuerzas, que hace conocer la intensidad de la compresion y extension, es, como se sabe, un triángulo rectángulo, cuyo cateto vertical tiene por valor la mitad del de las fuerzas ó cargas que obran en los nudos del par, siendo el otro cateto horizontal y la hipotenusa paralela al eje de dicho par.

**65.** La formacion de estos triángulos se facilita considerablemente con el auxilio de la escala  $HH'$  y líneas inclinadas de  $\frac{1}{10}$  á  $\frac{12}{10}$ , que contiene la segunda cara del escuadrímetro.

Conocidas las fuerzas de compresion y extension, el escuadrímetro da medios, como ya sabemos, para determinar inmediatamente las escuadrías del par y tirante.

FIN.

# ÍNDICE.

|                                                                                                        | Página. | Núm. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|
| Preliminar.—Notaciones. . . . .                                                                        | 5       | »    |
| <i>Descripcion del escuadrímetro</i> .. . . .                                                          | 7       | 1    |
| Problemas que resuelve el escuadrímetro.. . . .                                                        | 8       | 4    |
| <i>Uso del escuadrímetro</i> .—Problemas de extension.. . . .                                          | 11      | 6    |
| Flexion de piezas de madera.. . . .                                                                    | 13      | 13   |
| Vigas flexadas y comprimidas. . . . .                                                                  | 16      | 24   |
| Vigas de hierro, laminadas ó compuestas, sometidas á flexion.. . .                                     | 17      | 30   |
| Cálculo de suelos. . . . .                                                                             | 18      | 33   |
| Vigas aisladas sometidas á flexion.. . . .                                                             | 19      | 40   |
| Piezas comprimidas segun su eje.—Problemas resueltos por las fórmulas de Hodgkinson. . . . .           | 20      | 44   |
| Columnas de hierro y de fundicion. . . . .                                                             | 21      | 45   |
| Piezas de madera. . . . .                                                                              | 23      | 55   |
| Piezas de madera, comprimidas segun su eje, calculadas por las tablas de Morin. . . . .                | 25      | 68   |
| Cerchas de tirante horizontal. . . . .                                                                 | 28      | 77   |
| Tablas de valores de <i>K</i> .. . . .                                                                 | 29      | »    |
| PRINCIPIOS EN QUE SE FUNDA EL ESCUADRÍMETRO.. . . .                                                    | 57      | »    |
| <i>Problemas de extension</i> ... . . . .                                                              | 59      | 1    |
| Varillas de hierro. . . . .                                                                            | 60      | 8    |
| Cadenas. . . . .                                                                                       | 61      | 11   |
| Cables de alambre.. . . .                                                                              | 63      | 13   |
| Cuerdas de cáñamo. . . . .                                                                             | 63      | 15   |
| Piezas cilíndricas de hierro, comprimidas, cuando $l < 12 d$ . . . . .                                 | 64      | 17   |
| <i>Idea fundamental del escuadrímetro</i> . . . . .                                                    | 64      | 18   |
| Flexion.. . . .                                                                                        | 67      | »    |
| I.—Piezas de madera sujetas á la accion de fuerzas normales á su eje. . . . .                          | 67      | 23   |
| II.—Piezas flexadas y comprimidas segun su eje.—Caso en que no sea de temer la flexion lateral.. . . . | 73      | 32   |
| III.—Piezas inclinadas sujetas á la accion de fuerzas verticales.. . .                                 | 74      | 35   |
| IV.—Problemas de flexion relativos á vigas de hierro laminadas ó compuestas. . . . .                   | 75      | 39   |
| Compresion. . . . .                                                                                    | 80      | »    |
| I.—Piezas de madera, hierro ó fundicion, comprimidas segun su eje.—Fórmulas de Hodgkinson.. . . .      | 80      | 49   |
| II.—Piezas de madera comprimidas segun su eje, calculadas por las tablas de Morin.. . . .              | 88      | 59   |
| <i>Cerchas de tirante horizontal</i> . . . . .                                                         |         |      |
| Cálculo del par y del tirante.. . . .                                                                  | 91      | 64   |



# EL ESCUADRÍMETRO.

---

## FÉ DE ERRATAS.

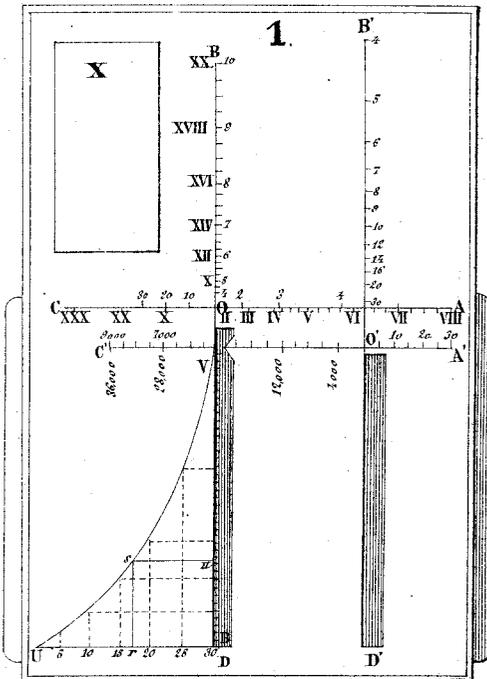
| Página. | Línea. | Dice.                   | Léase.                    |
|---------|--------|-------------------------|---------------------------|
| 9       | 8      | dos                     | doce                      |
| 10      | 11     | un                      | su                        |
| 11      | 7      | cadenaillas             | cadena                    |
| 14      | 21     | $a'$                    | $a$                       |
| 15      | 20     | $m = 0,05$              | $m = 0,5$                 |
| 16      | 10     | $a =$                   | $a' =$                    |
| 23      | 17     | $P = N \frac{u^5}{l^2}$ | $P = N \frac{c e^5}{l^2}$ |

---

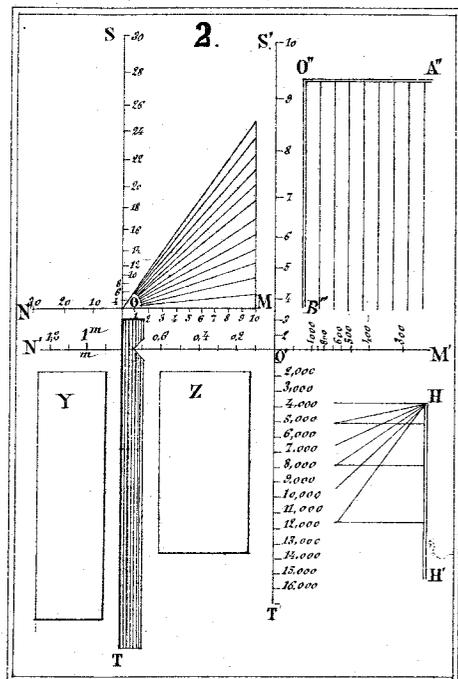
En la lámina 2.<sup>a</sup>, figura 1, falta la letra  $\zeta$  en el eje  $DO'$ , division 4000.



Fig<sup>a</sup> 1.



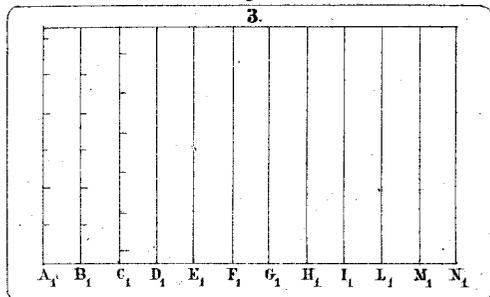
Fig<sup>a</sup> 2.



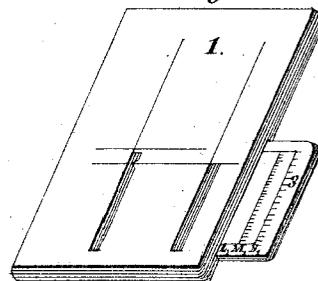
Fig<sup>a</sup> 3.



Fig<sup>a</sup> 4.



Fig<sup>a</sup> 5.

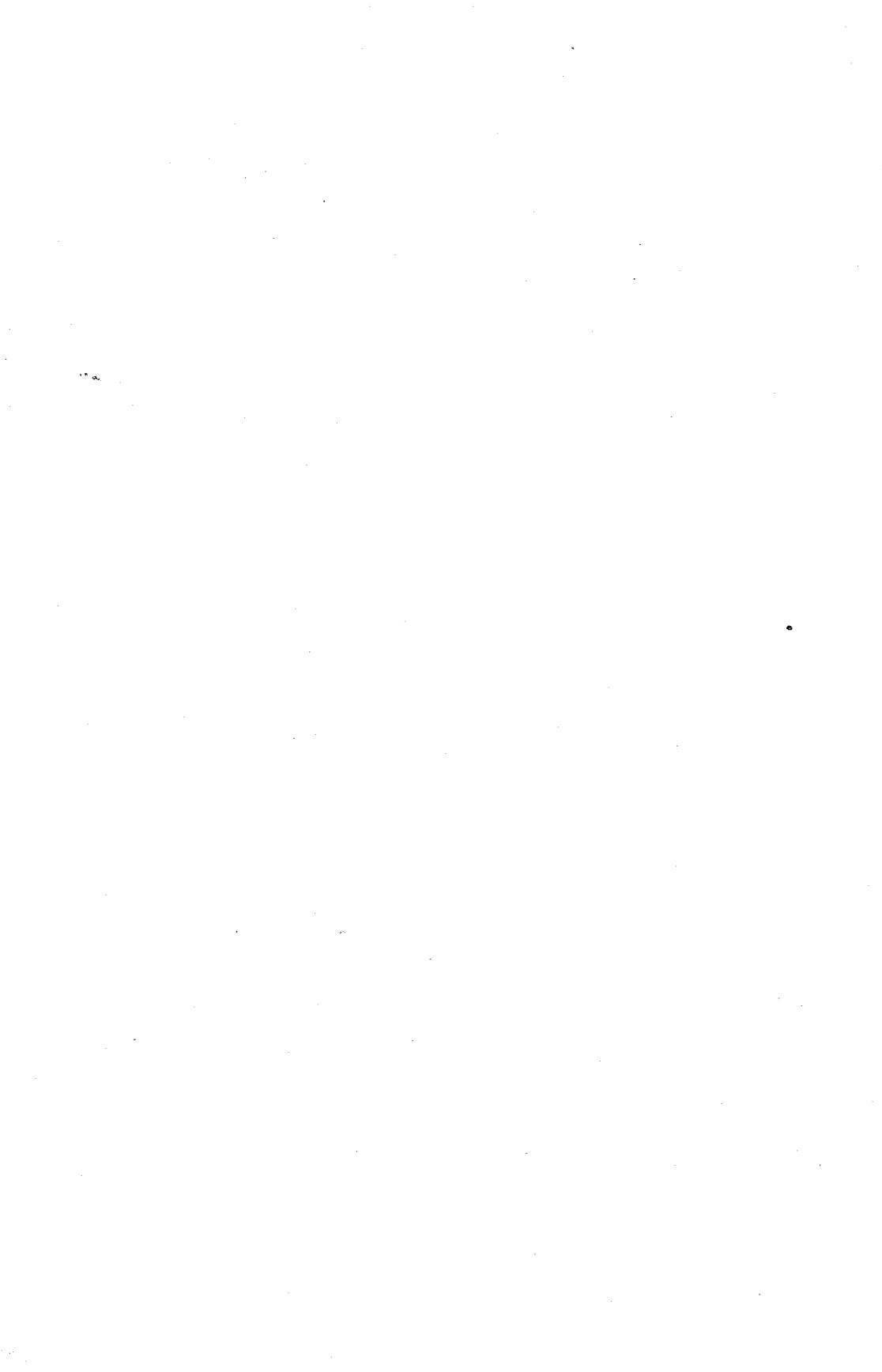


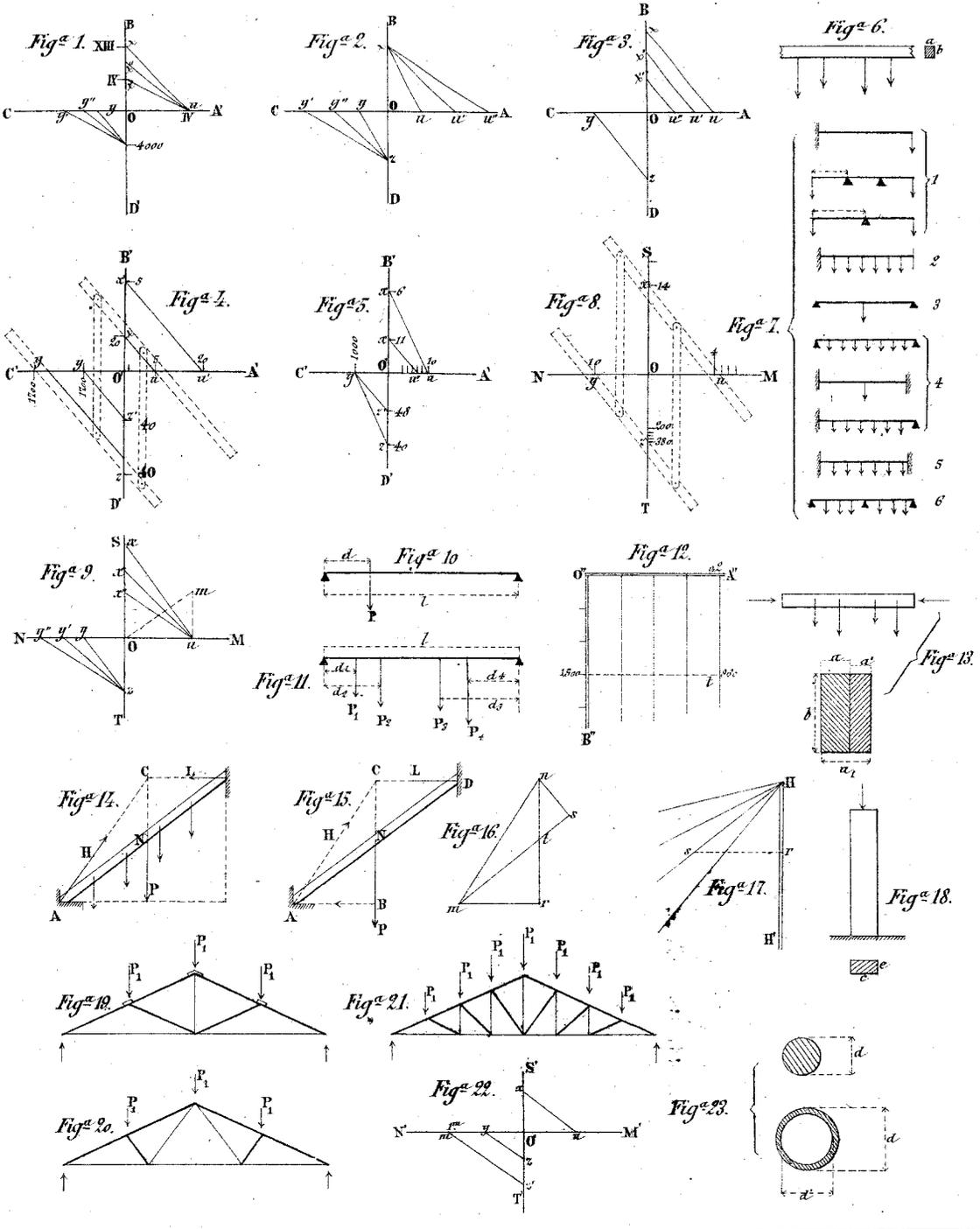
Fig<sup>a</sup> 6.

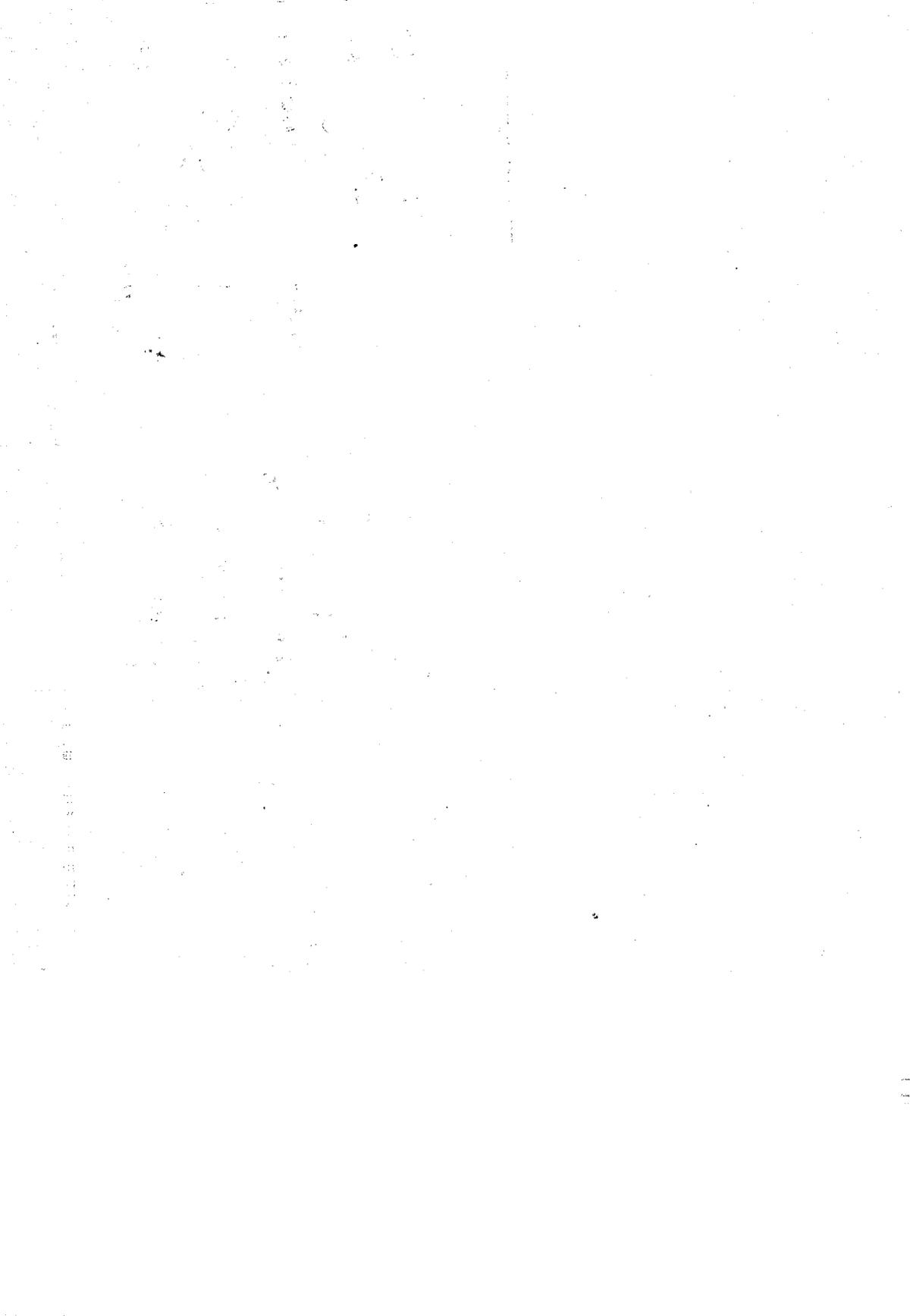


Escala de 0<sup>m</sup> 1 por metro para las figuras 1, 2, 3, y 4.

Escala de 0<sup>m</sup> 2 por metro para las figuras 5 y 6.





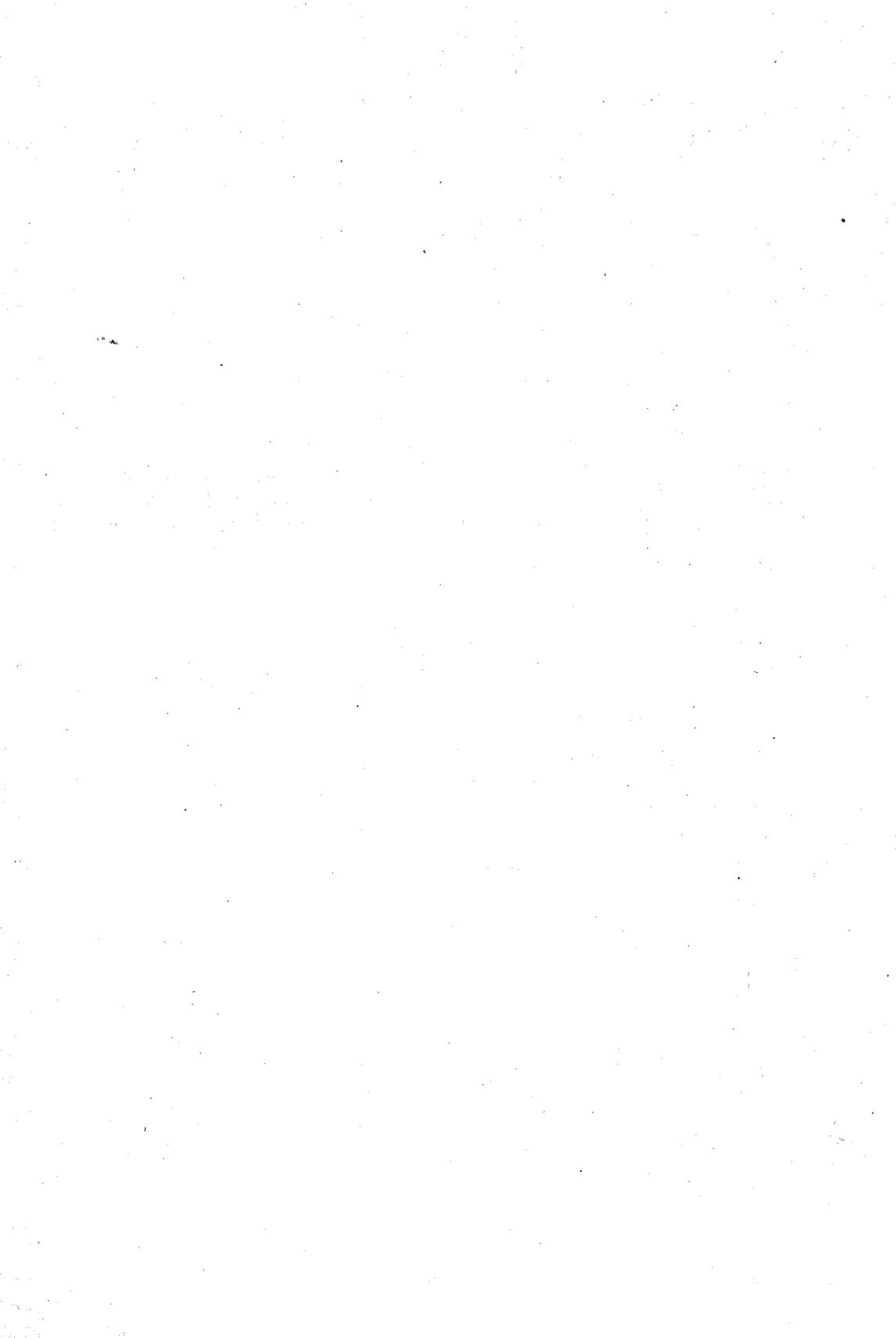


PROYECTO

DE

**PUENTE METÁLICO PORTÁTIL**

---



PROYECTO  
DE  
PUENTE METÁLICO PORTÁTIL

PARA  
CARRETERAS Y VÍAS FÉRREAS.

POR EL CORONEL GRADUADO  
DON JOSÉ MARVÁ Y MAYER,

COMANDANTE DE INGENIEROS  
Y PROFESOR DE LA ACADEMIA DEL CUERPO.



MADRID.  
*IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS*  
1886



---

## I.

### **Conveniencia de un material de puentes portátiles para vía férrea y carreteras.**



QUE las vías férreas son poderoso auxiliar de los ejércitos en caso de guerra, ocioso sería pretender demostrarlo, pues que universalmente está reconocido.

Que su misión es principalmente estratégica, empleándose *antes de la guerra* en la movilización, transporte y concentración de las tropas, y *durante la guerra* en la satisfacción de sus perentorias y múltiples necesidades, probado ha sido por la experiencia y consignado está en numerosos libros.

Vías de comunicación que tan brillante papel desempeñan han de ser atacadas y defendidas, destruidas y reparadas; y como el modo más seguro y fácil de interrumpir la circulación consiste en la destrucción de las obras de arte, túneles, puentes y viaductos, estas importantes construcciones serán las elegidas para ser arruinadas.

Unos cuantos cartuchos de dinamita bastan para inutilizar, en minutos, un puente metálico, maravilla tal vez de la siderurgia y de la mecánica, y obra de muchos años.

Unos cuantos kilogramos de pólvora son suficientes para abatir la elevada pila del viaducto que salva un abismo, ó para hundir la bóveda de un túnel abierto en la montaña á costa de grandes sacrificios.

Como falta grave se conceptúa el abandono de vías férreas con obras de arte intactas, y como grave contratiempo se considera su destrucción en líneas que hay que explotar.

La reconstrucción de obras tan interesantes encomendada está al cuerpo

:

de ingenieros militares, aumentándose así la importancia de su misión al par que la responsabilidad de su ejercicio.

De este campo de aplicaciones, erizado de dificultades, hemos de tomar en cuenta en este escrito una parte; la que á reparación de puentes y viaductos se refiere.

No elegirá seguramente el ingeniero encargado de la destrucción de una vía férrea los pontones ó alcantarillas para arruinarlos, sino los viaductos elevados ó los tramos ó arcos de considerable luz, que tan numerosos son, especialmente en países muy accidentados como el nuestro.

La dificultad del problema de reparación de estas obras no hay por qué encarecerla: al alcance está de las personas más ajenas á la ciencia del ingeniero, la grande diferencia que existe entre los puentes y pasaderas de circunstancias que pueden ser fácilmente construidos con materiales ligeros, cestones, pequeñas piezas rollizas ó escuadradas, clavos ó ligaduras y los puentes de 30 á 60 metros de luz que han de resistir cargas de 3000 á 4000 kilogramos por metro lineal de vía. El metro ha sustituido al pié y la tonelada al quintal.

¿Han de hacerse las reparaciones militares de los puentes de vía férrea con los recursos que el país presenta, ó con materiales preparados de antemano, almacenados en puntos convenientes y dispuestos á ser trasportados y puestos en obra en los momentos y lugares oportunos?

En favor de la primera solución presentan algunos militares los ejemplos que ofrece la guerra civil de América, durante la cual se construyeron numerosos y grandes puentes con maderas tomadas en la localidad. El puente de Etowah, de 219<sup>m</sup>,50 de longitud y 25<sup>m</sup>,60 de altura, fué recompuesto en seis días por 600 trabajadores; el de Chattahootchie, de 260 metros de largo y 30<sup>m</sup>,70 de alto, en cuatro y medio días por los mismos obreros; y el viaducto de Rappahanock (208 metros por 12 de alto) fué reconstruido en un día de verano (19 horas de trabajo).

Sin embargo, las circunstancias de aquel país en hombres y material, para esta clase de trabajos, son excepcionales, y no puede tomarse como regla general la excepción.

Los ingenieros militares fueron poderosamente auxiliados por sus colegas

civiles: entre los voluntarios habia numerosos obreros habilísimos en la carpintería gruesa y en el manejo del hacha, y muy habituados á trabajos de esta especie, ya en la explotacion de los inmensos bosques que cubren el territorio americano, ya en la construccion de los numerosos puentes de madera erigidos en el establecimiento de la primera red de ferrocarriles.

Hechos tan extraordinarios no se registran en las guerras europeas. Por lo que respecta á la facilidad de adquisicion de materiales en el momento preciso en que ha de reconstruirse un puente, ó construirse de nuevo, observaremos que en muchas ocasiones será imposible obtenerlos si se atiende á que no solamente esta necesidad, sino otras muchas, variadas y perentorias de un ejército en campaña, se pretende sean remediadas con los recursos locales.

Si se trata de trasportes de toda especie, hácese uso de los carros del país.

Para el abastecimiento de las tropas se preconiza y emplea el sistema de requisas organizadas.

Barcos para flotantes de puentes; materiales de toda clase para la construccion de ambulancias, almacenes, barracas, abrigos, blindajes; herramientas, efectos de equipo y vestuario; material de sanidad; todo se quiere obtener, en una buena parte, del territorio ocupado por los ejércitos; en todo se busca el procedimiento de *circunstancias* como más desembarazado, ya en absoluto, ya como complemento del *normal*.

La experiencia, empero, tiene acreditado que aún disponiendo como base de material y personal organizados para estos servicios, el auxilio del país ha sido ineficaz muchas veces por la dificultad de encontrar en una pequeña extension de terreno los inmensos recursos que se le exigen. Seria, pues, una falta pretender que en punto tan interesante como el de reparaciones de puentes de vía férrea se dependa de la casualidad.

«El momento en que un ingeniero se encuentra delante de un espacio que salvar, no es el más á propósito para preguntarse dónde ha de encontrar los materiales necesarios. El estudio de los acopios de material ha de hacerse con anticipacion y por completo.» Esto dice Mr. Jacqmin, y es tambien la opinion de muchos ingenieros; y si se sustenta en países como Francia y Alemania, cubiertos de extensos bosques de especies maderables, con mayor razon po-

drá aplicarse á nuestra España, que posee escaso número de hectáreas de monte.

Y por lo que á las dificultades de construccion se refiere, se concibe que puedan construirse puentes con cepas de pilotes, ó puntos de apoyo próximo, en los cuales se pueden utilizar maderas escuadreadas ó rollizas, regulares ó irregulares; pero sería aventurado pretender con estos elementos salvar grandes luces por medio de vigas armadas, pues es tarea harto prolija y difícil la de combinar elementos desemejantes para organizar entramados de grandes proporciones, y no lo son ménos las del montaje y corrimiento. Para esto es preciso disponer de mucho tiempo y de herrajes especiales, y contar con obreros hábiles y numerosos y con medios auxiliares poderosos, no fáciles de improvisar.

¿Es que se quiere exigir del ingeniero militar que en el brevísimo plazo que conceden las circunstancias de la guerra, con escaso número de operarios y recursos reuna el material, proyecte y ejecute una obra para cuya ereccion se concede al ingeniero civil todo el tiempo necesario, material ya preparado procedente de las mejores fábricas, personal numeroso y entendido y cuantos poderosos medios auxiliares sean indispensables?

Imposibles no pueden pedirse ni realizarse: mas como, por otra parte, interesa en tan alto grado la pronta reparacion de las obras de arte arruinadas, se deduce en consecuencia los brillantes servicios que prestaria á un ejército en campaña un material organizado y dispuesto para poder salvar con rapidez obstáculos de tanta monta. La solucion de este problema redundaria en beneficio del país, y sería bien acogida, de seguro, por los oficiales de ingenieros, por cuanto eliminaria una buena parte de dificultades y responsabilidad grandes anejas á estos servicios.

En todas las naciones europeas se concede particular atencion á cuestion tan importante, y los nombres de Henry, Eiffel, Marcille y Cottrau prueban que no solamente los ingenieros militares, sino tambien sus colegas civiles, comprenden todo el interés y trascendencia que entraña el problema en que nos ocupamos.

Ninguno de los sistemas propuestos hasta el dia parece satisfacer las múltiples y variadas condiciones que ha de reunir un material reglamentario, y

no es extraño si se atiende á la dificultad de hallar una solución aceptable. Reconociéndolo así, nos atrevemos á presentar el proyecto que sigue, guiados más por nuestros buenos deseos que por la confianza en nuestras fuerzas, pero fiados en la benevolencia de nuestros jefes y de nuestros compañeros.

*Condiciones á que ha de satisfacer un material reglamentario de puentes portátiles.*—La rapidez de ejecución en cuanto á construcciones militares en campaña se refiere, es circunstancia de tan esencial cumplimiento, que puede sentarse como axioma, una vez satisfecha la ineludible condición de solidez, que un sistema de puente móvil militar será tanto mejor, cuanto menos tiempo exija su montaje y colocación en obra.

Por otra parte: si en construcciones civiles no es posible declarar preferible en absoluto un sistema, pues que de la variedad de circunstancias del problema se deriva la variedad, también, de métodos empleados para resolverlo, en el caso presente no sucede lo mismo, sino que, por el contrario, debe buscarse una solución general, un entramado cuya organización especial permita emplearlo, sin dificultades, en todas ocasiones.

En una palabra: resistencia, sencillez, generalidad de aplicación y rapidez de ejecución; hé aquí las condiciones que á nuestro entender deben exigirse al sistema de puente que se adopte.

Por lo que respecta al tablero, que es la parte en que vamos á ocuparnos, las condiciones anteriores pueden detallarse del siguiente modo:

1.<sup>a</sup> Fácil descomposición en piezas ó elementos de peso y volumen pequeños, para que el transporte pueda verificarse con brevedad y desembarazo en carros, y aún á brazo para pequeñas distancias.

2.<sup>a</sup> Sencillez en la organización de los entramados. Los elementos constitutivos han de ser en pequeño número y poco variados, y los medios de unión fáciles y rápidos, para que sin necesidad de obreros especiales, sino con soldados cualesquiera, se pueda montar y correr el puente.

Los elementos de la misma especie han de ser perfectamente iguales, de modo que no deba ocupar cada uno un lugar especial, sino que puedan ser sustituidos los unos por los otros.

3.<sup>a</sup> Idoneidad para luces diversas. Con los mismos elementos ha de po-

derse construir puentes de luces variables, dentro de los límites señalados por las necesidades ordinarias.

4.<sup>a</sup> Pluralidad de usos. Ventajoso es que el material se preste á la construcción de puentes de vías férreas y también de vía estrecha, de vía de campaña ó de vía normal ordinaria; porque puede suceder muy bien que una vía férrea de anchura reglamentaria se desarme y convierta temporalmente en vía estrecha, ó se utilice la explanación como vía ordinaria; y en último resultado, un mismo material podrá servir á un tiempo para ferrocarriles y para carreteras.

5.<sup>a</sup> Rigidez. La unión de los diversos elementos ha de efectuarse de modo que no resulten holguras, porque á más de ser causa de choques entre las piezas en contacto, perjudiciales para el material, resultarán dislocaciones que deformarán el puente juntamente con la deformación elástica inevitable.

El cumplimiento de esta condición es de todo interés, no solamente por las razones expuestas, sino también porque de resultas de las holguras y dislocaciones puede suceder que no se repartan igualmente los esfuerzos, y que piezas iguales y colocadas de modo igual en los dos cuchillos, trabajen de modo diferente y con coeficientes de intensidad muy distinta á las que el cálculo asigna.

Ya volveremos á hablar de esta condición al examinar el sistema Cottrau, que tiene el defecto grave de no satisfacer convenientemente á la condición de rigidez.

6.<sup>a</sup> Facilidad de corrimiento. Conviene que el puente se pueda colocar en obra con gran rapidez, sin necesidad de máquinas ni aparatos excepcionales, y de modo que el metal no padezca en el corrimiento. Condición es esta no menos importante que la anterior; pues la operación, difícil en todo tiempo, lo es más en campaña, en donde no se dispone de puentes de servicio ni de grandes medios auxiliares.

7.<sup>a</sup> Posibilidad de examinar y vigilar los más pequeños elementos de las vigas, ya estén desarmadas ó puestas en obra, y de renovar la pintura para evitar la oxidación.

*Elección de material.*—No es la madera material capaz de satisfacer las condiciones precedentes, pues para formar con ella arcos, cerchas ó vigas

armadas, forzoso es emplear numerosas ensambladuras de gran precisión y poco aptas para las operaciones, repetidas, de armar y desarmar, con las cuales se deforman las piezas y se crean holguras nocivas en alto grado en toda construcción sometida á cargas accidentales en movimiento.

No debe olvidarse que las influencias atmosféricas alteran algunas maderas en formas y dimensiones de tal modo, que es imposible hermanar los trozos elementales de un entramado; sin que pueda prevenirse este contra-tiempo con el empleo exclusivo de piezas enterizas, ni tampoco eligiendo cuidadosamente el material, pues el práctico más consumado no podrá conocer *á priori*, para desecharlos, los ejemplares que han de experimentar alabeo más tarde.

Además: ya se empleen arcos, cerchas ó vigas rectas, preciso es construir un puente de servicio, requisito auxiliar que está en abierta oposición con la condición 6.<sup>a</sup>, ántes señalada.

Ni aún en las vigas rectas, que parecen más á propósito para ser armadas en la orilla y corridas como sus similares de hierro, debe prescindirse de las andamiadas; pues si en éstas el corrimiento es dado á peligros y frecuentes interrupciones que se traducen en pérdidas de tiempo y deterioro del material, en las primeras, diez veces más elásticas, estas perjudiciales incidencias se acentúan.

Optamos, pues, por los materiales metálicos, y de éstos por el hierro y el acero, que son los generalmente empleados.

La carga de fractura de los hierros buenos es de 36 á 40 kilogramos por milímetro cuadrado; de modo que aceptando coeficientes de seguridad comprendidos entre 4,5 y 5, pueden aplicarse coeficientes de trabajo de 7 á 8 kilogramos por milímetro cuadrado.

El hierro es material perfectamente conocido y los progresos realizados en su metalurgia son notabilísimos. Su aplicación para puentes de vía férrea no es nueva, sino que data de más de 40 años; y si bien este plazo no es suficientemente grande para poder apreciar por completo las condiciones de resistencia permanente de un material, lo ha sido para disipar las alarmas concebidas por algunos constructores y por muchas personas ajenas á la ciencia del ingeniero.

Uno de los temores manifestados, el de la debilidad que resulta á las piezas por la oxidacion, ha motivado numerosas experiencias, de las cuales se ha deducido que estos efectos no son peligrosos y pueden ser prevenidos y combatidos por medio de capas de pintura (1).

El cambio de textura fibrosa en textura granular, á causa de las vibraciones que producen los pesados trenes animados de velocidades tan extraordinarias, y la disminucion de resistencia que resulta á las piezas que trabajan por extension, es otro de los peligros que algunos ven en la aplicacion del hierro; pero hasta el presente no están justificados estos temores.

De todos modos, el servicio de los tableros de hierro para reparaciones en caso de guerra, no es sino accidental, y no puede compararse al que prestan, desde hace tiempo, puentes establecidos en líneas permanentes de gran tráfico. El puente de Conway, calculado con coeficientes de trabajo de 8,70 kilogramos por milímetro cuadrado, á la extension y compresion, para dos vías, está en servicio desde 1849; y el de Britannia, tambien de dos vías, en que el hierro trabaja á 9,30 kilogramos por milímetro cuadrado, fué construido en 1850.

El acero está llamado á sustituir al hierro en las construcciones, sobre todo cuando los procedimientos metalúrgicos den productos más homogéneos y económicos.

Como este metal es más resistente que el hierro, permite en mayor grado que éste reducir el volúmen y peso de los elementos y del conjunto. El acero es, pues, el material por excelencia para organizar un material de puentes portátiles:

Claro está que han de emplearse, aquí todavía más que en otra clase de entramados, aceros muy dulces, que no sean susceptibles de temple y en cambio se suelden fácilmente.

El coeficiente de fractura de los aceros carburados muy dulces, es de 50

---

(1) Segun Mr. Mallet, el espesor de la capa de óxido formada en una pieza de hierro expuesta á la humedad no llega á 87 centésimas de milímetro en 100 años.

El puente tubular de Conway, examinado 20 años despues de su construccion, dió ocasion para deducir que seria preciso un plazo de 100 años para que la oxidacion alcanzase una profundidad de 8 diez milímetros. (Comolli.)

á 60 kilogramos por milímetro cuadrado, de manera que el coeficiente de trabajo puede ser de 10 á 12 kilogramos por milímetro cuadrado, para coeficientes de seguridad comprendidos entre 4,5 y 5. Achácaseles falta de homogeneidad y por tanto de resistencia, si bien los progresos realizados cada día en la metalúrgia van haciendo desaparecer estos defectos.

Los aceros al cromo dan mayores garantías de homogeneidad, como lo prueban las experiencias de Eads á propósito de la construcción del famoso puente de San Luis sobre el Mississipi y los ensayos mecánicos de Mr. Thomasset con los aceros crómicos de la fábrica francesa J. Holtzer presentados en la Exposición Universal de 1878. Con estos aceros el coeficiente de trabajo, en obras de la especie de la que nos ocupa, puede llegar á ser de 14 kilogramos por milímetro cuadrado, para cargas permanentes.

El elevado precio de los aceros, y la duda justificada de que el sistema que proponemos no responda en los ensayos á lo que de él esperamos, nos ha movido á proponer el hierro para la construcción del tipo proyectado, con objeto de alcanzar mayor economía en las primeras experiencias y mayor facilidad de construcción de los elementos en las fábricas españolas. Pero hacemos constar nuestra opinión favorable al acero, y este metal emplearíamos para la construcción del material que proponemos, caso de ser aprobado.

*Tipo de viga más conveniente para puente portátil de vía férrea.*—Empleado como material el hierro ó el acero, los puentes pueden ser construidos de uno de los tipos siguientes:

Puentes en arco

- » de arco atirantado (*bowstring*).
- » colgados } ordinarios.
- } de suspensión rígida.

Puentes de vigas rectas.

- |                                     |   |                           |
|-------------------------------------|---|---------------------------|
| Vigas rígidas. . .                  | } | de alma llena.            |
|                                     |   | de celosía estrecha.      |
| Vigas articuladas<br>ó americanas.. | } | de celosía ancha.         |
|                                     |   | tubulares.                |
|                                     |   | Sistema Warren.           |
|                                     |   | » Howe.                   |
|                                     |   | » Murphy-Whipple ó Pratt. |
|                                     |   | » Linville.               |
|                                     |   | » Fink.                   |
|                                     |   | » Bollman.                |

Los arcos metálicos, ya se haga su montaje sobre cimbra, ya por elementos sucesivos, no sirven para las aplicaciones militares, porque los métodos de colocación en obra están reñidos con la condición de *rapidez* impuesta en principal término.

La organización de los tímpanos, elementos de rigidez de los arcos, les priva de la facultad de ser utilizados para luces diversas.

Las pilas y estribos, que lo mismo pueden ser de mampostería que de hierro ó madera, no siempre estarán dispuestas para soportar los empujes de los arcos, ni los arranques preparados para recibir las extremidades.

En una palabra: los arcos no reúnen las condiciones de sencillez, generalidad de aplicación, y rapidez de ejecución tan encarecidas.

El tipo *bowstring* es de difícil montaje: no puede correrse y exige, por tanto, la construcción de un puente provisional de servicio. Tampoco se presta á ser aplicado á luces diversas.

Los puentes colgados, á más de las dificultades de montaje, tienen el inconveniente de necesitar pilares, que habrían de construirse en cada caso, amarras y un gran número de requisitos que fuera ocioso enumerar, pues que de manifiesto están todos los obstáculos que se oponen á su adopción como material reglamentario.

Restáanos que considerar las vigas rectas: éstas, que tan estimadas son en las obras civiles por la facilidad con que forman puentes, son también las que por sus ventajosas cualidades deben ser utilizadas para la guerra.

Pero es preciso elegir, entre los variados tipos de esta especie, el más conveniente al objeto propuesto, y organizarlo de modo que satisfaga á todas las exigencias reclamadas por las aplicaciones que ha de recibir.

¿Qué viga será preferible? ¿La de alma llena, la de celosía estrecha ó ancha, ó alguna de las americanas articuladas?

Para conocer toda la importancia del problema y apreciar las dificultades que encierra la investigación de una solución satisfactoria, es conveniente recordar, aunque sea á grandes rasgos, el conjunto de operaciones que hay que practicar en el montaje y colocación en obra de un tablero metálico de vigas rectas.

*Montaje de los puentes de celosía.*—Comenzaremos por reseñar cuanto á

estos extremos concierne, en el caso de que los cuchillos ó vigas principales sean de celosía, tipo europeo.

Generalmente se mandan las cabezas de los cuchillos, formadas de las tablas, escuadras y pedazos de alma llena, en trozos completamente armados y roblonados de 6 á 7 metros de longitud; las barras de celosía, empaquetadas aparte, por gruesos; los montantes, consolas, etc., por separado; los traveseros, pequeñas vigas de celosía generalmente, y las viguetas, completamente armados; y los gruesos entre barras, roblones, pernos y tirafondos, se embalan en cajas ó barricas bien cerradas.

Antes de desarmar el puente en pedazos en el taller, despues de haber presentado todas las piezas, se hacen señales con buril en los hierros para facilitar el montaje á pié de obra; y á este propósito tambien, se acompaña una relacion con la designacion de marcas y peso en kilogramos de todas las piezas, y un dibujo ó *plano de montaje* del puente, en el que se detallan tambien las señales que se han hecho en las cabezas de las vigas, montantes, viguetas, riostras, etc.

Condúcese al campo, á más del material del puente, todos los útiles y máquinas que han de necesitarse: fráguas portátiles para el arreglo de las herramientas y para calentar los remaches; carracas ó criks de doble movimiento, y de movimiento sencillo; grúas, motones, cábricas, tornos y rodillos para elevar y poner en obra los elementos del puente, y para apearlo y correrlo más tarde; escariadores para obtener la perfecta coincidencia de los taladros; tenazas, sufridores, machos, estampas y martillos para roblonar.

Comiézase por explanar el terreno en la orilla en que el puente va á armarse, si fuese necesario, procurando obtener una superficie próximamente horizontal, que se cubre de balasto menudo ó de arena, á ser posible, para evitar el estancamiento de las aguas en caso de lluvia.

Se colocan normalmente al eje de la viga, distantes 0<sup>m</sup>,5 á 1 metro del suelo y de 2 á 3 metros entre sí, una série de maderos paralelos, de 20 á 30 centímetros de lado de escuadría y de longitud un poco mayor que el ancho del puente. Estos traveseros, cuyas caras superiores están á un haz, se apoyan en cuñas que han de facilitar despues el descenso de todo el entramado, con los gatos, y su colocacion sobre los rodillos de corrimiento.

Las vigas se arman en pié, á la distancia fijada en el proyecto: al efecto se trazan con la mayor exactitud posible, sobre el plano formado por las caras superiores de los maderos, las líneas proyecciones horizontales de los ejes de los cuchillos, que sirven de guía para colocar y empalmar los diversos pedazos de las cabezas inferiores de las vigas.

Para facilitar la elevacion y colocacion de estos elementos, se construye muchas veces una pequeña vía, de carriles exteriores al piso de maderos, sobre la cual corre un andamiaje provisto de un torno en su parte superior.

Antes de hacer el cosido de los trozos de cabeza, así como el de los demás elementos, es de precision efectuar la coincidencia de los taladros abiertos en las piezas que hay que roblonar; de lo contrario, se hace uso del escariador para obtenerla.

Para hacer una robladura se coloca el roblon entre las brasas de la frágua portátil hasta que esté al blanco, y cogiéndolo con unas tenazas, se le dá un golpe para limpiarlo de escoria, introduciéndolo de seguida en los taladros de los hierros que van á unirse; se mantiene la cabeza con el sufridor y se recalca, primero, por el otro extremo, remachándolo despues, directamente y con la estampa, con objeto de dar á la segunda cabeza la forma de casquete esférico, ú otra cualquiera. Al terminar este trabajo ha de quedar el roblon al rojo naciente, de modo que la diferencia de temperatura de este estado al ordinario de enfriamiento, no exceda de  $120^{\circ}$  á  $150^{\circ}$ : la contraccion que el roblon sufre al enfriarse determina, como es sabido, una compresion enérgica en los hierros que une, y crea el rozamiento que se opone al movimiento de éstos.

Pero para que estos efectos se produzcan y el roblon trabaje por extension y no por esfuerzo cortante; para que sus cabezas ejerzan la presion conveniente sobre las planchas, ni muy poca ni tanta que se produzca la fractura por desgarramiento de aquéllas, es preciso que la operacion se conduzca hábil y rápidamente, que la cabeza formada con el martillo y la estampa asiente bien, por completo, sobre los hierros que se están cosiendo.

Una vez organizadas las cabezas inferiores de los cuchillos, se presentan y cosen, por su órden, los montantes interiores con las viguetas transversales, las barras de celosía, las cabezas superiores, los montantes exteriores y todas las piezas que forman los arriostramientos verticales y horizontales.

Todas estas operaciones han de practicarse con gran regularidad, para conseguir que el puente, una vez armado, tenga en todas sus partes las dimensiones exactas. La variación en el grueso de las barras de la celosía y en el número de planchas de palastro de las cabezas, dificulta en algún modo el montaje.

Reconócese, por último, con el martillo toda la obra ejecutada, especialmente las cabezas de los remaches para renovar los que estuviesen flojos ó rotos.

*Corrimiento de los tramos.*—Si minuciosos é interesantes son los detalles de montaje, aún lo son más los que se refieren á la colocación, sobre las pilas, de los tramos armados.

Uno de los procedimientos más comunmente empleados, es el de correr, valiéndose de polipastos y tornos, todo el tablero de una vez, armándolo á este efecto en la orilla en prolongación de su posición definitiva.

Colócanse para ello, debajo de las cabezas inferiores de los cuchillos, gruesos rodillos de fundición, cuyos gorriones descansan sobre las muñoneras de fuertes cajas, del mismo metal, de ancha base, para que las presiones producidas por el peso del puente, repartiéndose sobre gran superficie, no ocasionen asientos peligrosos en el terreno de la orilla y estribo correspondiente.

Los rodillos están provistos de canales ó gargantas como las de las poleas, para que puedan alojarse las cabezas de los roblones que hacen el cosido de las tablas y escuadras inferiores.

Apeando el puente por medio de gatos de suficiente potencia, y después de quitar los maderos y cuñas que sirvieron para el montaje, se hace descender sobre los rodillos.

Si hay que correr un sólo tramo, es preciso construir preliminarmente una, dos ó más cepas ó pilas provisionales para tomar puntos de apoyo intermedios. Estas construcciones auxiliares no son necesarias cuando el puente consta de varios tramos y se ha armado en una pieza.

El corrimiento se opera por medio de polipastos, en los cuales una polea extrema vá unida al puente y la otra á un punto fijo tomado en el estribo ó en la orilla: los extremos de los cables se rodean á tornos sólidamente coloca-

dos sobre el tablero. Al cobrar cable se aproximan las dos poleas, es decir, avanza el puente corriendo sobre los rodillos, puesto que una de ellas es fija.

*Dificultades que se presentan en el corrimiento de los tramos.*—Pero esta operacion tan prontamente descrita presenta en la práctica numerosas dificultades.

El palastro de las cabezas, entre cada dos montantes, se aplasta, ó cuando ménos deforma, por el enorme peso que insiste sobre la pequeña superficie de apoyo que presentan los rodillos. Estas deformaciones son causa de entorpecimientos en la operacion, muchas veces, porque los rodillos acuñan en las cabezas de las vigas y no giran.

La superficie de apoyo de las cabezas inferiores de las vigas sobre los rodillos, no es continúa, sino escalonada, pues que el número de palastros varía con relacion á los momentos de flexion en las diversas secciones trasversales, y estas irregularidades aumentan con los cubrejuntas que á dichos palastros unen.

Resulta de aquí que cuando uno de los escalones formados por las planchas ó cubrejuntas se presenta junto al rodillo, hay que elevar toda la viga, si se quiere que continúe el movimiento traslatorio de ella; y cuando, por el contrario, lo abandona, sería preciso hacerla descender suavemente con los gatos, para evitar el golpe sobre el rodillo, que de otro modo se produciria al caer.

Para salvar estos entorpecimientos y pérdidas consiguientes de tiempo, empléanse cuñas de hierro, cuyo espesor, en la parte gruesa, es igual al de uno de los palastros que forman escalon. Estas cuñas se adosan á la superficie de resbamiento de la viga, presentando la parte más delgada en direccion del movimiento cuando un escalon llega al rodillo, y en direccion opuesta cuando lo abandona, obteniéndose de esta manera las pequeñas elevaciones y los descensos que ántes se habian de hacer con los gatos, sin que por ello se interrumpa la maniobra.

Pero es tan grande la presion que sufren las cuñas, que se aplastan muchas veces, se dilatan y tropiezan con los resaltos de las planchas ó con las cabezas de los roblones, y dan lugar á frecuentes detenciones en la operacion.

Además, cuando el extremo de las vigas está á punto de llegar á uno de

los apoyos, pila definitiva ó provisional, de modo que la parte volada sobre el estribo ó último apoyo es grande, todo el peso del puente produce en aquéllas cuantiosos esfuerzos cortantes y momentos de flexion, y la flecha ó descenso del extremo libre alcanza un gran valor. (La parte volada se encuentra en el caso de prisma empotrado por uno de sus extremos y cargado uniformemente.)

El coeficiente de trabajo del hierro en estos momentos es considerable; excede en mucho al correspondiente á las mayores sobrecargas soportadas por las vigas, una vez puestas en obra.

Por estas causas, opinan ilustrados ingenieros que las pruebas en puentes sometidos al corrimiento en la forma expresada son inútiles, pues el material trabaja durante la operacion en condiciones mucho más desfavorables que las que predominan más tarde, con las cargas mayores á que ha de verse expuesto.

Para hacer ménos sensibles estos perniciosos efectos y facilitar al propio tiempo la arribada á cada pila del extremo volado, empléanse medios auxiliares, consistentes unas veces en armar el tramo por la parte superior con manguetas y tirantes, ó apoyando, en otras, el extremo de la parte volada en un andamio móvil, que corre sobre un pequeño puente ó estacada provisional. Tambien se puede disminuir la luz estableciendo cepas intermedias, y dotar de una proa postiza ó voladizo ligero al extremo libre de las vigas.

Réstanos mencionar otro hecho que tiene lugar durante la operacion de correr las vigas. Cuando el extremo del tablero llega á una pila, el esfuerzo horizontal que para moverlo dan los tornos tiende á hacerla girar alrededor de una de las líneas de la base.

De los cálculos hechos á propósito del corrimiento del puente de Argenteuil, se dedujo que la fuerza de rotacion ejercida en la cabeza de una columna por la marcha del tablero, estaba comprendida entre 1885 y 9720 kilogramos, sin que este máximo siquiera produjese en aquélla movimientos sensibles.

No creemos, sin embargo, aplicable esta tranquilizadora conclusion al caso de cepas de carpintería como las que se construyen para lanzar tableros de un solo tramo, á no emplear los medios que á continuacion bosquejamos.

Evítase el empuje horizontal tomando puntos fijos para los polipastos, no solamente en el estribo, sino en cada una de las pilas. De este modo la fuerza de arrastre del tablero (igual á la de rozamiento debida á su peso) está equilibrada por una fuerza igual y contraria, producida sobre cada pila por cada uno de los tornos que arrollan el cable que á ella se fija.

*Montaje sobre puente provisional.*—Algunos puentes han sido armados en el mismo sitio que han de ocupar, sobre una andamiada ó puente de servicio, á guisa de cimbra de bóveda, que se desmonta cuando la operacion está terminada.

*Método empleado en el puente del Cea.*—(Ferrocarril de Palencia á Leon). Consiste en montar todos los tramos en un taller situado en cabeza de línea, y trasportarlos, ya armados por completo, sobre dos fuertes vagones remolcados por una locomotora hasta colocarlos precisamente encima del lugar que han de ocupar, merced á un puente provisional de madera, provisto de su correspondiente vía, y apearlos despues por medio de gatos, hasta que apoyen sobre los estribos y pilas.

El tablero del puente del Cea, de 52 metros de longitud, correspondientes á dos claros de 24 metros cada uno, pesaba 74 toneladas y fué trasportado sobre dos vagones de fuertes bastidores de madera, provistos de clavijas en su centro para hacer posible la circulacion por curvas, apoyados en cuatro ejes cada uno, sin intermedio de ballestas.

*Colocacion de los tramos metálicos por medio de flotantes.*—El tablero, armado en la orilla, se coloca sobre flotantes (si es que directamente no se ha armado sobre ellos) que lo conducen entre las pilas, á cuya parte superior lo elevan poderosas prensas hidráulicas ó máquinas de otra especie.

Cuando las pilas y estribos tienen poca elevacion, se colocan los tramos armados en andamiadas de altura igual á la de las pilas, sorportadas por flotantes que se conducen al sitio conveniente y se hacen descender por la adiccion de pesos hasta que las vigas descansen sobre los apoyos.

*Montaje y colocacion de los tableros de sistemas americanos.*—Sabido es que los sistemas de vigas americanas se componen generalmente de un larguero ó cordon superior, rígido, sometido á compresiones; otro inferior, de

barras ó elementos articulados, y un alma formada por piezas articuladas á los largueros.

La organizacion y enlace de los elementos en los sistemas americanos no permiten seguir el procedimiento de *armar* las vigas en la orilla y *correrlas* despues como en las celosías europeas. Así es que el montaje del tablero se hace sobre puentes provisionales ó sobre andamios, colocados unas veces directamente entre las pilas, ó sobre flotantes de potencia suficiente que lo conducen al lugar de su colocacion definitiva.

*Resúmen de los principales métodos.*—Si resumimos los diversos procedimientos empleados, encontramos las variedades siguientes:

1.<sup>a</sup> Montaje en talleres permanentes y conduccion sobre vagones, de los tramos armados por completo, al lugar en donde han de ser colocados.

2.<sup>a</sup> Montaje junto á la orilla en prolongacion del eje del puente, y corrimiento sobre rodillos.

3.<sup>a</sup> Montaje paralelamente á la orilla, trasporte sobre pontones sin andamiada hasta el pié de las pilas y elevacion á la parte superior de éstas por medio de potentes prensas hidráulicas.

4.<sup>a</sup> Montaje sobre flotantes, con andamiada de altura igual á la de las pilas, trasporte y asiento directo sobre éstas.

5.<sup>a</sup> Montaje del tablero en su lugar definitivo, sobre puentes de servicio.

*Discusion de los métodos.*—En cuanto al montaje ó cosido de los elementos del puente, no cabe duda alguna de que es preferible, con mucho, el practicado en los talleres permanentes, que el operado en los provisionales que se establecen en la orilla, bajo dos aspectos á cual más interesantes: la bondad de la mano de obra y la rapidez.

Por lo que al primer punto respecta, debemos consignar que no todos los ingenieros creen en la resistencia y eficacia de las robladuras hechas en el campo, ántes bien aseguran que es mucho menor que las de las verificadas en los talleres permanentes; y que la diferencia se hace sensible, hasta por el aspecto exterior muchas veces, á toda persona práctica en estos trabajos.

Ahora bien; una robladura mal hecha puede dar lugar á desagradables consecuencias, que fuera ocioso exponer. El peligro es tanto mayor cuanto mayor sea el número de roblones; y bajo este aspecto, las vigas de celosía de

estrecho calado se encuentran en condiciones más desfavorables que las americanas articuladas, si se han de armar en la orilla, porque exigen un número de robladuras muy considerables.

Un puente de celosía de 40 á 50 metros de luz lleva 50.000 á 70.000 roblones, de los cuales han de ponerse, al armarlo, más de la tercera parte.

En los puentes americanos no deja de ser considerable, aunque no tanto como en los de celosía, el número de roblones.

En cuanto al tiempo necesario para armar un tablero, la ventaja está también por parte del método 1.º, pues en los talleres permanentes se hace uso de máquinas que ejecutan el trabajo de roblonar con precisión y rapidez mayores de las que á mano se obtienen, sobre todo desde que las máquinas de excéntrica primitivas y las de vapor se han sustituido con prensas hidráulicas, que funcionan por presión continua y no por choque.

Desgraciadamente, las ventajas del montaje en talleres permanentes no pueden ser utilizadas muchas veces, por las dificultades que presenta el transporte del tablero total, armado, en líneas que tienen numerosos túneles y curvas de pequeño radio en desmonte.

En la línea férrea de Palencia á Leon, ya citada á propósito del puente del Cea, no consideraron prudente los ingenieros transportar tableros de longitud superior á 50 metros, á causa de las curvas en desmonte de 500 metros de radio; y muchos ejemplos podríamos presentar en las líneas españolas, de radios menores.

La dificultad de paso por los túneles se concibe fácilmente, recordando el perfil que ordinariamente se les dá, y la altura y anchura de los tableros metálicos.

Varía la altura de los cuchillos, como es sabido, entre  $\frac{1}{8}$  y  $\frac{1}{12}$  de la luz para las vigas de celosía, y de  $\frac{1}{6}$  á  $\frac{1}{10}$  (á veces es de  $\frac{1}{5}$  para las pequeñas luces) en las articuladas americanas. Admitiendo como promedio el coeficiente  $\frac{1}{10}$ , resulta que para una luz de 50 metros tendrán los cuchillos 5 metros de altura; y suponiendo, siquiera, otros 0<sup>m</sup>,85 á los vagones que han de transportarlos (puente del Cea), el tren tendrá 5<sup>m</sup>,85 de altura total sobre el plano de las cabezas de los carriles. Si además se tiene en cuenta que el intradós de los túneles no es adintelado, sino en arco, y que los tableros tienen anchuras

de 4, 5 y más metros, se comprenderá la dificultad, y en muchos casos imposibilidad, del paso.

Dicho se está que los entorpecimientos de circulación son mayores, todavía, en los túneles en curva.

Por otra parte, no siempre se dispondrá de una vía férrea que llegue hasta el mismo claro que hay que salvar, y hay que prevenir el caso de que el material no pueda ser conducido sino en carros, y aún á brazo á pequeñas distancias. Debemos, pues, desechar el primer método á pesar de sus ventajas manifiestas, y elegir entre los sistemas en que el montaje se opera en la orilla, aquél que reuna más facilidades de colocacion en obra.

El segundo método, que consiste en correr todo el puente por medio de rodillos, tornos y polipastos, presenta las dificultades y peligros ya señalados en otro lugar, y además exige mucho tiempo, áun disponiendo de los elementos que tienen á su disposicion los ingenieros en épocas normales, sobre todo para armar las vigas.

Muchos más medios y tiempo son necesarios todavía, cuando el puente es de un solo tramo; de modo que para correr el tablero es forzoso el establecimiento de apoyos intermedios, provisionales, de carpintería, áun suponiendo excelentes condiciones al lecho del rio y un caudal y velocidad en la corriente moderados, favorables circunstancias que no siempre se suelen encontrar.

No nos detendremos en demostrar la inconveniencia de los métodos 3.<sup>o</sup> y 4.<sup>o</sup> (colocacion en obra por medio de flotantes, con ó sin andamiada), que á más de exigir mucho tiempo y poderosos medios auxiliares, tales como máquinas potentes y grandes pontones, no son de aplicacion sino en grandes rios, y de ningun modo pueden servir para las corrientes de escaso caudal, ni ménos para los viaductos.

La construccion de un puente provisional, ya para armar sobre él el tablero (método 5.<sup>o</sup>), ya para correrlo una vez armado (método empleado en el puente del Cea) no es de aconsejar, tratándose de reparaciones militares; porque aparte del tiempo grande, material y recursos de todo género que son necesarios en la construccion de la andamiada, no es lógico para hacer un puente que ha de ser provisional despues de todo, construir otro de una

gran resistencia tambien, pues el peso de los tableros metálicos es crecido, y, desde luego, muy superior al admitido por metro cuadrado de tablero, en los puentes de circunstancias más fuertes, es decir, en los que han de dar paso á las mayores cargas arrastradas en campaña.

Admitir esta solucion sería duplicar las dificultades: para tener un puente, construir dos.

*Conclusiones relativas á la eleccion de sistema.*—Ante todo debemos observar que las uniones de los elementos constitutivos del puente no pueden realizarse por medio de roblones, por la dificultad de la operacion y el mucho tiempo que exige. Es necesario, por lo tanto, emplear en su defecto pernos.

Ahora bien: los cuchillos de celosía no satisfacen á las condiciones que deben exigirse á un material reglamentario y que hemos expuesto en otro lugar. El montaje es difícil y el corrimiento de pesos tan enormes, peligroso y prolijo, y lo mismo puede decirse de las vigas de alma llena.

Por otra parte, en los puentes civiles de vigas de doble T, de alma llena ó de enrejado, se proporcionan las dimensiones de la seccion trasversal de las cabezas y alma respectivamente á los momentos de flexion y esfuerzos cortantes. Si por simplificar el material, por hacer más fácil la descomposicion en trozos y su empalme, y por descartar dificultades en el corrimiento, se hace constante la seccion trasversal, se pasa por el empleo inútil de una buena parte de metal, y el tablero será más costoso y ménos trasportable.

Réstanos considerar los sistemas americanos. Condiciones apreciabilísimas encierran.

Constan de elementos de pequeño volúmen y peso.

Exigen un pequeño número de robladuras para los empalmes de los trozos de larguero ó cordon superior, pues que en el inferior y en las demás uniones solamente hay articulaciones muy fáciles de armar y desarmar.

Tienen elementos iguales ó semejantes que facilitan su descomposicion y su aplicacion á luces diversas.

No pueden utilizarse, empero, todas estas buenas cualidades por un defecto gravísimo, anejo á los sistemas que las anula. Necesitan para colocarse en obra puentes de servicio ó andamios flotantes.

---

## II.

### Proyecto.

*Consideraciones fundamentales.*—Antes de pasar á describir el sistema que proponemos, hemos de exponer la série de razonamientos que á él nos han conducido.

Las ventajosas cualidades de los sistemas americanos articulados y su aptitud, en cuanto á organizacion se refiere, para formar puentes militares es tal, que se hace sensible, verdaderamente, renunciar á su empleo.

¿Mas cómo salvar la dificultad grave de colocarlos en obra sin apelar al complicado y particularísimo procedimiento de andamiadas y flotantes? Solamente un medio se presenta para resolver el problema: utilizar convenientemente los mismos elementos del sistema para que hagan el papel de puente de servicio, y con su auxilio armar cada viga en el mismo lugar de su colocacion definitiva.

Una vez expuesta esta idea, observaremos que entre todos los elementos de una viga americana, los largueros superior é inferior son los únicos que tienen longitud igual á la del tablero, y, por tanto, los que, una vez puestos en obra, pueden servir para la colocacion de los demás miembros del sistema. De estos dos largueros es solamente utilizable el superior, sometido á compresiones, y no el inferior, que compuesto de barras ó varillas articuladas, no posee ni la rigidez ni la resistencia necesarias á nuestro objeto.

El problema, segun esto, quedaria resuelto organizando el larguero superior, de modo que una vez puesto, fácilmente, en obra, fuese capaz de desempeñar el papel de puente de servicio para armar todo el cuchillo.

Pero examinando las formas y dimensiones de la seccion transversal de los largueros superiores empleados en los puentes americanos, no encontramos

ninguno aceptable, porque han sido dispuestos y calculados para resistir las compresiones debidas á las cargas cuando la viga está armada, es decir, trabajando todas las piezas á un tiempo; pero no lo están para funcionar, aisladamente, como pieza apoyada en los extremos, y sujeta á la flexion debida á su propio peso y al de los operarios y elementos restantes, que así se quiere que trabajen al hacerlos servir de puentes provisionales.

Para conseguir este objeto es preciso suministrarles la rigidez que les falta, y esto se consigue distribuyendo más oportunamente el área de la seccion transversal, es decir, la materia, alejándola de los dos ejes rectangulares que pasan por su centro de gravedad.

Por esta razon hemos hecho del larguero superior una pequeña viga tubular, que una vez puesta en obra tiene resistencia más que suficiente para soportar un carretón provisto de torno, para facilitar el montaje de los demás elementos.

Queda ahora por averiguar cuál es el sistema de viga, tipo americano, cuyos elementos y conjunto se prestan mejor al montaje total, tomando como base el larguero superior, puesto preliminarmente en obra sobre los apoyos definitivos, á guisa de puente de servicio.

El larguero superior, una vez corrido y apoyado en las pilas, ha de deformarse necesariamente, ha de adquirir una pequeña flecha, aunque no fuera más que por la acción de su propio peso, y esta deformación irá en aumento á medida que se vayan montando piezas, puesto que crece la sobrecarga. Resulta de aquí que la colocación y ajuste de los últimos elementos de la viga ha de ser difícil, tanto más cuanto mayor sea el número de piezas que concurren en cada nudo ó articulación, y cuanto mayor sea la dependencia entre ellas; y si para facilitar el montaje se crean holguras en dichas articulaciones, es de todo punto necesario adoptar disposiciones para anularlas después de armada toda la viga, por lo perjudiciales que son, así como también para hacer desaparecer la flecha inicial del larguero superior.

Dedúcese lógicamente que será tanto mejor el sistema cuanto mayor sea la independencia de unos elementos con otros, pues así serán menores las dificultades de montaje, y cuanto más pronto contribuyan á la resistencia y rigidez del conjunto.

Para cumplir estos fines, ningún sistema reúne las excelentes cualidades de los Bollman y Fink, especialmente el primero, que es el que hemos elegido por las razones que más adelante exponaremos. Las vigas Howe, Murphy, Linville, Post, etc., son más complicadas, de difícil ajuste, y hasta que esté puesta la última pieza no se encuentra resistencia en el conjunto, de modo que el larguero superior se fatigaría y deformaría considerablemente con todos los inconvenientes ántes expuestos.

En cambio en los sistemas Bollman y Fink, una vez puesta la mangueta central y sus dos tirantes, queda armado el cordón superior y aumentada en alto grado su resistencia para que pueda servir de andamio.

Si bajo el punto de vista que acabamos de considerar aparecen igualmente aptos los sistemas Bollman y Fink, no sucede lo mismo atendiendo á otra de las condiciones exigidas á los puentes militares, la de poder utilizar la viga para luces diversas. Los tirantes  $ab$ ,  $bd$  de la viga Fink (fig. 25, lám. 6) no sirven para luces menores; y si se quiere fraccionar la viga sólo la encontramos apta, siendo  $l$  su longitud, para claros  $\frac{1}{2} l$  (viga  $ced$ ),  $\frac{1}{4} l$  (vigas  $chf$ ,  $fgd$ ), etc.

No sucede esto con el sistema Bollman (figs. 21 á 24, lám. 6) porque si llamamos  $k$  al número de partes en que se divide el larguero superior, con las mismas manguetas y tirantes se pueden obtener las luces:

$$l, \quad \frac{k-1}{k} l, \quad \frac{k-2}{k} l, \quad \dots \quad \frac{1}{k} l.$$

Hé aquí el motivo de nuestra preferencia por dicho sistema.

Por otra parte: se ha dicho ya que la sección de la viga ha de ser constante en los puentes militares, como condición esencial de sencillez en los empalmes y fraccionamientos para luces distintas, y que el cumplimiento de este requisito obligaba á aumentar el peso muerto sin beneficio para la resistencia. En las vigas Bollman, los tirantes pueden tener y tienen en el proyecto, sección proporcionada á las fuerzas de tensión que los solicitan; y en cuanto á los largueros, que son las piezas que han de empalmarse y fraccionarse, según las luces, no resulta exceso alguno inútil de metal por hacer constante su sección, pues que en este sistema las compresiones son uniformes en toda su longitud.

Si, pues, para los puentes civiles, en los cuales no es punto obligado mantener constante la sección transversal de las vigas, sino que, por el contrario, se reparten los palastros y hierros con arreglo á la intensidad de los momentos de flexión y esfuerzos cortantes, el sistema Bollman es el que dá en ciertos casos más volúmen de metal (1), para los puentes militares resulta perfectamente aplicable.

#### DESCRIPCION DEL TABLERO PROYECTADO.

El material que vamos á describir servirá para construir puentes de vía férrea de 30 metros de luz (pudiendo utilizarse también para luces de 25, 20, 15, 10 y 5 metros) empleando el material hierro, y para luces de 40 metros hasta 5, si se emplea el acero dulce. Daremos comienzo por el material de hierro para 30 metros.

*Largueros.*—El larguero de cada cuchillo es una viga tubular (fig. 4, lámina 2, y figs. 1 y 2 de la lám. 4) de 1<sup>m</sup>,40 de altura por 0<sup>m</sup>,981 de ancho total, cuyas paredes verticales están formadas con pequeñas celosías arriostradas vertical y horizontalmente por medio de marcos rectangulares.

Los cordones superior é inferior de cada una de estas pequeñas vigas de celosía (lám. 2, fig. 4) se componen de dos ángulos *b* de  $\frac{60 \times 80}{8}$  y un trozo de alma llena *a* formada por un hierro plano de 120 × 11.

El enrejado ó celosía está constituido por barras angulares de  $\frac{60 \times 60}{7}$ , inclinadas 59° con el horizonte, que se cruzan una vez en una vertical: los puntos de cruce, cortados en los cordones ó en el medio de la celosía, distan 0<sup>m</sup>,833.

El trozo de alma llena *a* rebasa en 40 milímetros la cara superior de las

---

(1) Malezieux.—Cálculos de Mr. Merrill, para un puente de vía férrea de 60 metros de luz.

Levy: *Statique graphique*.—Conviene recordar que, según los cálculos de Mr. Levy, el exceso de volúmen de las vigas Bollman, comparadas con las de los sistemas Fink y Warren, es de poco valor cuando el número de divisiones del larguero superior, ó de manguetas, es pequeño; y el máximo que hemos de admitir para nuestro proyecto, es el de 8.

escuadras *b*, con objeto de que sirva de carril al carretón móvil de servicio que ha de emplearse para armar la viga una vez puesto en obra el larguero (lám. 5, figs. 1, 2 y 3).

Supuesto dividido cada larguero en trozos de 5 metros, á cada uno corresponden dos marcos de arriostamiento horizontal y otros dos verticales (fig. 2, lám. 4).

En los extremos del larguero el enrejado está sustituido por un alma llena de palastro de 6 milímetros (*a*, fig. 1, lám. 4) á la que se cose, para reforzarla, otra de 8 milímetros, de la que parten los tirantes.

Daremos más detalles del larguero cuando describamos los elementos en que, para el más fácil transporte, se subdivide.

La figura 1 de la lámina 5 representa un corte trasversal de los dos largueros correspondientes á los dos cuchillos del puente, ligados á su vez por marcos verticales de arriostamiento.

*Manguetas.*—Una mangueta completa se compone de dos manguetas elementales *A* (lám. 3, fig. 1 y lám. 4, fig. 1) unidas por medio de uno ó dos marcos de arriostamiento.

Cada mangueta elemental consta de cuatro hierros en escuadra *m* (lámina 3, figs. 1 y 3) de  $\frac{60 \times 60}{8}$ , cosidos por medio de roblones de 16 milímetros, que tienen avellanadas las cabezas correspondientes á dos de los ángulos opuestos, como se vé en *n* (fig. 3, lám. 3).

El extremo superior de cada mangueta elemental se une al larguero del modo que detallan las figuras 2 de la lámina 3. Dos bridas *N*, que se unen á las ramas de los ángulos de  $\frac{60 \times 80}{8}$  del larguero, por medio de pernos de 20 milímetros, comprenden un pasador *P* de 40 milímetros, que es abrazado por un hierro *H* cosido á los ángulos *m* de la mangueta por medio de cuatro roblones de 20 milímetros.

El extremo inferior de cada mangueta elemental está organizado del modo que indican las figuras 3 y 4 de la lámina 3. Cada par de escuadras *m* se separa de la otra, según se vé en *T*, dejando espacio para intercalar un cojinete *M* que resbala sobre unas placas de acero *r*, cosidas á los ángulos *m* por medio de roblones de cabeza avellanada.

El cojinete *M* tiene una cavidad por la que puede pasar y alojarse en ella

el pasador á que van á articularse los extremos de los tirantes; y forma cuerpo con él por la parte inferior un vástago cilíndrico *b*, terrajado, que, atravesando las piezas *D*, *D'*, sale al exterior provisto de su tuerca correspondiente *c*. La tuerca *c* permite hacer subir ó bajar toda la mangueta para templar los tirantes cuanto permita la carrera del cojinete, que es de 0<sup>m</sup>,15.

El movimiento de la tuerca *c* se obtendrá por medio de una llave larga, de carraca.

Las piezas *D*, *D'*, recodadas como aparece en *a*, se unen á los hierros en escuadra por medio de tres pernos de 20 milímetros por cada lado.

*Tirantes*.—Para facilitar su manejo se han fraccionado longitudinal y trasversalmente los tirantes.

Por cada paramento de la viga, cada tirante está formado de dos, yustapuestos, sumando en junto cuatro espesores para la resistencia á la traccion.

En sentido de la longitud, los tirantes se empalman con bridas del mismo grueso de aquéllos, como manifiestan las figuras 6 de la lámina 2.

*Descomposicion en elementos*.—Para conseguir la facilidad de transporte y manejo del puente que proyectamos, se subdivide en los elementos que á continuacion se detallan, dando comienzo por los correspondientes al larguero tubular, que, segun hemos dicho anteriormente, se forma de dos vigas de celosía arriostradas.

*Elementos A*.—(Lámina 1). Cada una de las vigas de celosía (fig. 1' de la lám. 1) ha de componerse de dos semivigas elementales *A*, *A'*, yustapuestas, que abrazan ó comprenden á los hierros planos *B*, efectuándose esta union por medio de pernos de 20 milímetros de diámetro.

El elemento *A* (con esta letra lo distinguiremos de todos los demás) está constituido por un marco rectangular de 5 metros de longitud por 1<sup>m</sup>,40 de altura (fig. 1, lám. 1) formado con un hierro en escuadra de  $\frac{60 \times 80}{8}$  de lado mayor vertical.

En *P* y *P'* se empalman los dos hierros de escuadra que forman el marco. Cada empalme se hace con dos bridas: una plana de  $400 \times 60 \times 7$ , y otra angular de  $\frac{50 \times 70}{7}$ , y roblones de 18 milímetros. Tanto estos roblones como todos aquellos que atraviesan las paredes verticales del marco, tienen avellanada la cabeza correspondiente á las superficies que han de resultar en

contacto (fig. 1') cuando se yustapongan los marcos para formar la viga de celosía.

Los ángulos del marco están fortalecidos con cantoneras *H* de palastro de 6 milímetros.

Los lados verticales presentan las pequeñas cajas *K* para facilitar la union y empalme de dos marcos contiguos (véase fig. 6), intercalando al efecto pequeñas cuñas de hierro y ligando todo por medio de pernos de 20 milímetros.

El alma del elemento *A* está formada por hierros angulares de  $\frac{60 \times 60}{7}$ , cosidos al marco con dos roblones de 20 milímetros en cada extremo: llevan en el punto medio un orificio para el paso de los pernos de 20 milímetros que han de efectuar la union de dos elementos yustapuestos.

Las barras angulares están flexadas hácia el interior, cerca de su union con el marco (figs. 1 y 1'), con objeto de que resulten más próximas las de dos elementos yustapuestos.

Además, cada dos barras próximas de un mismo elemento *A*, llevan en el extremo (fig. 1, *R* » figs. 3,  $\delta$ - $\alpha$ ) una pieza cosida con cuatro roblones de 20 milímetros ( $\alpha$ , figs. 3): la rama horizontal  $\delta$  (figs. 3) es más gruesa que las laterales (es de 27 milímetros).

Estas piezas desempeñan un papel importantísimo: cuando se yustapongan dos marcos, como indica en *A* y *A'* la figura 1', las partes  $\delta$  (figs. 3) operan una especie de engranaje lateral que impide todo desplazamiento de *A* y *A'* en sentido vertical, y así los pernos que unen á estos dos elementos no tienen más mision que la de asegurar su union lateral, de modo que no trabajarán por esfuerzo cortante, sino por traccion (la que se produzca al apretar las tuercas).

Los elementos *A* se yustaponen á juntas encontradas; es decir, de modo que el lado vertical de uno venga á situarse en el medio del otro marco. (Véase líneas de puntos en la fig. 1). De esta manera vienen á resultar cruzadas las barras, formando una viga de celosía.

Ya hemos dicho (fig. 6) el modo de union de los lados verticales de dos marcos contiguos, con el cual se previene tambien todo desplazamiento vertical y los pernos no trabajan por esfuerzo cortante. Se unen además los la-

dos horizontales de los marcos (figs. 1 y 7) por medio de bridas planas de  $480 \times 60 \times 10$ .

Los pequeños círculos negros indican orificios para el paso de los pernos de union: sus centros están en una línea paralela á los lados del marco, distante 36 milímetros del borde. Todas las demás dimensiones están señaladas en el dibujo, y deben realizarse escrupulosamente en la construcción, con objeto de que sea indiferente la elección de un elemento cualquiera  $A$  para formar las vigas, y en todos ellos coincidan perfectamente dichos orificios.

El peso de cada elemento  $A$  es de 174,86 kiógramos, según manifiesta el estado número 3 que acompaña al final de esta memoria.

*Elemento A'.*—Es la mitad de un elemento  $A$  (fig. 1, lám. 2), y sirve para completar las vigas de celosía en los extremos, pues que los elementos  $A$  van á juntas encontradas.

*Elemento A''.*—Cada viga de celosía, de las dos que forman el larguero tubular de un cuchillo, termina por un elemento  $A''$  en uno de sus extremos (fig. 2, lám. 2), y por otro  $A''_1$  en el otro (fig. 3, lám. 2).

Los elementos  $A''$  y  $A''_1$  solamente se diferencian en la situación de la plancha  $D$  y la de los casquillos  $E$ .

El marco (fig. 2) está formado por dos hierros en escuadra de  $\frac{60 \times 80}{8}$ , que comprenden entre las ramas verticales un hierro plano  $H$  de 6 milímetros: las ramas horizontales se ligan al alma llena por medio de las fajas  $a$  de palastro de 6 milímetros. Los roblones son de 18 milímetros, y los de las filas  $a'$  tienen avellanadas las cabezas interiores. El número total de roblones de 18 milímetros es de 62.

La plancha  $H$  lleva un refuerzo  $D$  de palastro de 8 milímetros, cosido con 50 roblones de 20 milímetros, al cual van unidos los casquillos de fundición  $E$  que reciben los pasadores, en cuyo extremo se articulan los tirantes.

En el hueco que dejan los hierros en escuadra de  $\frac{60 \times 80}{8}$  del marco, ha de alojarse el nervio vertical de palastro ó elemento  $B$ , que ahora describiremos, asegurándose con pernos de 20 milímetros.

*Elemento B.*—Es el nervio vertical, hierro plano de 5 metros de longitud y una sección transversal de  $120 \times 11$  milímetros (fig. 8, lám. 1). Como vemos, la longitud del elemento  $B$  es la misma que la de los elementos  $A$ ; pero

con objeto de enlazar mejor todos los elementos que constituyen la viga de celosía, las juntas ó uniones de los elementos *B* no se hacen corresponder con las de los elementos *A*, sino que tienen lugar en *Q* (fig. 1, lám. 1) á 1<sup>m</sup>,250 del extremo. Al efecto se ponen bridas *Z* de 480 × 60 × 10, por las caras exteriores de los elementos *A*, provistas de seis orificios para el paso de otros tantos pernos de union, de 20 milímetros de diámetro.

Como los elementos *A* están organizados de modo que puedan colocarse indistintamente por uno ú otro de los paramentos de la viga de celosía que forman, han de existir en *Q'* (posición simétrica de la *Q* con respecto al eje medio vertical) orificios análogos para el paso de los pernos.

*Elemento B'.*—Es un medio elemento *B*, y tiene, por tanto, 2<sup>m</sup>,50 × 0<sup>m</sup>,120 × 0<sup>m</sup>,011. Sirve para completar la longitud total de nervio; en efecto, las vigas ó largueros tienen una longitud  $5n + 2 \times 1,25$ , puesto que cada extremo ó elemento *A''*, es de 1<sup>m</sup>,250 de longitud.

*Elementos C.*—Con esta letra distinguiremos á los tirantes, que tomarán número por orden de longitud total de menor á mayor. (Véase la fig. 1, lám. 4); el subíndice que lleve la letra *C*, indicará el número de orden del tirante.

Hé aquí la composición de cada uno. (Véase fig. 1, lám. 4):

Tirante núm. **1** (*C*<sub>1</sub>). Cuatro yustapuestos de dos en dos, compuestos cada uno, en sentido de la longitud, de dos trozos de 3<sup>m</sup>,42 × 0<sup>m</sup>,060 × 0<sup>m</sup>,0109.

Tirante núm. **2** (*C*<sub>2</sub>). Cuatro yustapuestos, y tres trozos de 3<sup>m</sup>,698 × 0<sup>m</sup>,060 × 0<sup>m</sup>,0151.

Tirante núm. **3** (*C*<sub>3</sub>). Cuatro yustapuestos y cuatro trozos de 3<sup>m</sup>,874 × 0<sup>m</sup>,060 × 0<sup>m</sup>,0164.

Tirante núm. **4** (*C*<sub>4</sub>). Cuatro yustapuestos, y cinco trozos de 3<sup>m</sup>,996 × 0<sup>m</sup>,060 × 0<sup>m</sup>,0144.

Tirante núm. **5** (*C*<sub>5</sub>). Cuatro yustapuestos, y seis trozos de 4<sup>m</sup>,078 × 0<sup>m</sup>,060 × 0<sup>m</sup>,0089.

Para unir ó empalmar estos trozos, se emplea el correspondiente número de bridas, de igual espesor que los tirantes (fig. 6, lám. 2).

*Elemento D.*—Con este nombre señalaremos los pasadores grandes que

atraviesan los dos elementos  $A''$  que forman el extremo del larguero tubular, y reciben los extremos de los tirantes. Estos mismos pasadores son los que entran en los cojinetes inferiores de las manguetas, según hemos visto al describir éstos.

Estos pasadores (fig. 7, lám. 2) son de 1<sup>m</sup>,250 de longitud total por 60 milímetros de diámetro. Ambos extremos están terrajados, y para que no giren al atornillar las tuercas que sujetan los tirantes, llevan los apéndices  $m, n$ , que entran en ranuras semejantes de los casquillos de fundición  $E$  (fig. 2, lám. 2). Los pasadores serán de acero dulce.

*Elemento E.*—Es el perno que emplearemos en la unión de los diversos elementos. Tiene 750 milímetros de longitud total, incluyendo la cabeza, y 20 milímetros de diámetro: le acompaña su correspondiente ovalillo (fig. 8, lám. 2). Lleva además un apéndice  $m$  de 5 milímetros de longitud, que, introduciéndose en el hueco análogo de los orificios correspondientes, impide la rotación del perno cuando se aprieta la tuerca.

Los orificios todos que tienen los elementos del puente, deben, pues, tener la forma  $Zm$ .

*Elemento F.*—Designase con esta letra la mangueta elemental  $A$  (fig. 1, lám. 3).

Una mangueta completa está formada por dos elementos  $F$  y uno ó dos marcos de arriostamiento.

*Elemento G.*—Es el marco de arriostamiento: con él se efectúan los arriostamientos verticales de las manguetas, y los verticales y horizontales de los largueros y de los cuchillos.

Cada marco se forma con dos hierros de ángulo  $h, h'$  de  $\frac{60 \times 60}{6}$  (fig. 4, lám. 2); dos  $\nu, \nu'$  de  $\frac{50 \times 50}{6}$ , y otros dos  $d, d'$ , formando aspa, también de  $\frac{50 \times 50}{6}$ . La anchura total es de 0<sup>m</sup>,823, y la altura de 1<sup>m</sup>,384.

Los hierros en escuadra  $h$  y  $h'$  llevan en cada extremo dos agujeros  $r, r'$ , uno en cada rama de la escuadra para el paso de los pernos de 20 milímetros. De este modo pueden aprovecharse los marcos para arriostamientos verticales ú horizontales, según convenga, uniéndolos siempre á las ramas hori-

zontales  $b$  de los ángulos de  $\frac{60 \times 80}{8}$  que forman las cabezas ó largueros de las vigas de celosía (ó elementos  $A$ ). En la figura 1, lámina 1, está señalada de puntos la posición de los marcos de arriostamiento verticales  $Y Y$ , y horizontales  $X, X'$ , así como la situación de los agujeros  $e$  para el paso de los pernos.

Los círculos negros que aparecen en la figura 1, lámina 3, representan los orificios que deben abrirse en las manguetas elementales para asegurar los marcos de arriostamiento. Los centros de estos círculos deben estar en una línea distante  $23^m, 25$  del borde exterior.

Las dimensiones de todas las partes del marco están escritas en la figura 4, lámina 2.

En la figura 1, lámina 5, que representa un corte vertical de los largueros de los dos cuchillos, aparecen los marcos  $G, G'$  de arriostamiento vertical de cada larguero, y el  $G''$  que sirve para arriostar los dos largueros.

Finalmente, en la figura 2, lámina 4, está señalada la posición de todos los marcos de arriostamiento de un cuchillo de 30 metros de luz.

*Traviesas y carriles.*—Sobre los dos largueros (fig. 1, lam. 5) se apoyan traviesas de madera espaciadas  $0^m, 833$ , de modo que cada una está situada sobre el punto de reunión de las barras inclinadas del alma de la celosía (fig. 1, lam. 4). Las traviesas se unen á los largueros por medio de pernos (fig. 1, lam. 5), y sobre ellas se colocan los carriles Vignole, riéndolos también con pernos ó tirafondos.

*Disposición general de los elementos que constituyen un larguero.*—La combinación de elementos para formar el larguero de un cuchillo está representada en la figura 2, lámina 4. Por ella se vé el grande enlace que hay entre los elementos  $A$  y  $B$ .

*Otros elementos del material de puentes que se propone.*—El material de puentes que proponemos sirve también para vía ordinaria, según más adelante haremos ver. Con el fin de utilizar estos servicios ha habido necesidad de introducir dos nuevos elementos (figs. 5 y 5', lám. 4).

*Elemento H.*—Es una vigueta  $A$ , doble T laminada, de  $\frac{160 \times 55}{7}$ , que hace las veces de travesero de puente. Lleva unas quijadas  $a-a, a'-a'$  á modo

de garras, para unirse á las vigas de celosía que hacen de cuchillos y unos suplementos correspondientes  $B, B'$ , en donde se aseguran los tornapuntas  $C$ , formados por ángulos de  $\frac{60 \times 60}{6}$ .

Las garras  $a, a$  y suplementos  $B$ , sirven para puentes de 2<sup>m</sup>,50 de ancho; las  $a', a'$  y suplementos  $B'$ , para los de 2 metros de anchura.

*Elemento L.*—(Figs. 3<sup>o</sup> y 5, lám. 4). Constituyen el arriostramiento horizontal: cada elemento se compone de dos ángulos de  $\frac{60 \times 60}{6}$  y 3<sup>m</sup>,30 de longitud unidos entre sí, y á los traveseros, por medio de pernos de 20 milímetros.

#### APARATOS QUE HAN DE EMPLEARSE EN EL MONTAJE Y CORRIMIENTO.

Para efectuar con rapidez y órden el montaje y corrimiento de los puentes de vía férrea ú ordinaria, son necesarios algunos medios auxiliares, bien sencillos por cierto, que á continuacion describimos:

*Rodillos de corrimiento.*—Son de fundicion, de 0<sup>m</sup>,200 de diámetro (figuras 4, 5, 6 y 7, lám. 5) con un eje de hierro de 40 milímetros de grueso: llevan una canal de 15 milímetros de ancho y 14 milímetros de profundidad, en donde ha de penetrar la parte saliente del elemento  $B$  de las vigas de celosía.

Las muñoneras son de fundicion tambien, y se unen á traviesas (de las que han de soportar los carriles) por medio de pernos (figs. 6 y 7).

*Gato de montaje.*—Han de emplearse para el descenso y colocacion en obra de los largueros.

Se componen (figs. 13, 14 y 15, lám. 6) de dos montantes  $A$  de madera, de 3<sup>m</sup>,60  $\times$  0<sup>m</sup>,12  $\times$  0<sup>m</sup>,10, ligadas por los cepos  $B$  y  $C$ , y ensambladas por su pié á una solera  $D$ . Las piezas  $E, E', F, F'$  y  $G$ , así como las tornapuntas  $H$ , mantienen verticales los piés  $A$ . Entre ellos gira un tornillo  $N$  de 60 milímetros de diámetro, cuya tuerca  $M$ , guiada como indica la figura 15, sube ó descende.

La rotacion del tornillo  $N$  se obtiene del modo que indican las figuras 13 y 16. Las ruedas pequeñas tienen 15 dientes cada una, y las grandes 45.

Sobre las tuercas de dos gatos se apoía la vigueta  $M$ , á la cual se sus-

pende, por medio de pernos, el larguero tubular por la parte superior. (Véase figs. 9' y 10', lám. 6.)

*Carreton de servicio y andamio colgado.*—El carreton ha de correr sobre los nervios *B*, á cuyo efecto las seis ruedas de que va provisto son como los rodillos de corrimiento, ántes descritos.

Las figuras 1, 2 y 3 de la lámina 5, describen suficientemente el carreton: la plataforma lleva un claro *A* para facilitar la comunicacion con el andamio colgado por el interior de la viga tubular que hace de larguero de los cuchillos.

En cuanto al andamio, observaremos tan sólo que no ofrece dificultad ninguna la operacion de armarlo y colgarlo del carreton: al efecto, se presentan las vigas *X* (fig. 2) debajo de los traveseros del carro; se pasan las varillas *S* y tablonés *T* del piso, y se hace descender el todo poco á poco, valiéndose del torno hasta que llegue á la distancia deseada.

#### MODO DE ARMAR Y PONER EN OBRA LOS CUCHILLOS.

*Modo de armar un larguero.*—La operacion de armar un larguero está detallada en las figuras 8 y 8' de la lámina 5.

Se empieza por explanar convenientemente el terreno de la orilla de partida, caso de que ya no lo estuviera, como sucederá cuando exista una vía férrea que llegue hasta el borde del claro que hay que salvar.

Se colocará, transversalmente, filas de traviesas *a*, *b* á los lados (fig. 8'), y otras *c* en medio, si no lo estuviesen ya. En estas últimas se pondrán pares de rodillos de corrimiento, distantes 0<sup>m</sup>,850 de eje á eje.

Sobre las traviesas *a* y *b* se colocarán primeramente elementos *A* como indican en *d* las líneas de trazo lleno, de modo que la parte que ha de resultar interior quede hácia arriba.

Encima se colocarán los elementos *B*, como se vé en *m*; sobre ellos se pondrán otros elementos *A*, segun indican las líneas de puntos en la posicion *e*, y se pasarán algunos pernos para unir estas tres partes.

Tendremos así formados trozos de viga de celosía (*M*, *M'*) compuestos cada uno de dos elementos *A* y otros dos *B*.

En los extremos  $N, N' \gg P, P'$ , se organizarán trozos compuestos del modo siguiente:

$$\begin{array}{l}
 N, N' \left\{ \begin{array}{l} \text{Un elemento } A'' (d'') \\ \text{Un elemento } A' (d') \\ \text{Dos elementos } B' (n') \end{array} \right. \\
 \\
 P, P' \left\{ \begin{array}{l} \text{Un elemento } A'' (d'') \\ \text{Un elemento } A' (d') \\ \text{Dos elementos } B (m). \end{array} \right.
 \end{array}$$

Finalmente, en  $R$  y en  $R'$  se situarán, para tenerlos á mano, los elementos  $A$  necesarios para la union de las partes  $Q, P-Q, P'$ . (Véase  $e'$ , líneas de puntos.)

Se levantarán á brazo los trozos correspondientes  $M, M'$  hasta llevarlos á la posicion  $M_1, M'_1$ , encima de dos pares de rodillos de los colocados sobre las traviesas  $c$  (véanse las figs. 8 y 8'); y corriéndolos longitudinalmente hasta que se correspondan, se ligarán con los marcos de arriostramiento  $x, x, z$ . A seguida se acabarán de poner todos los pernos que estuviesen colocados para ligar los elementos  $A$  entre sí y con los  $B$ .

El trozo de larguero tubular  $M_1, M'_1$ , así armado, servirá de base para armar el resto, llevando al efecto las partes  $S, S' \gg Q, Q'$ , etc., sobre los rodillos y corriéndolas longitudinalmente para empalmarlas con los trozos ya armados, colocando tambien sucesivamente los marcos de arriostramiento correspondientes.

A continuacion de un larguero se arma el otro, y se empalman los dos por medio de pernos que ligan los extremos, segun manifiestan en  $m n$  las figuras 9 y 11 de la lámina 6.

*Corrimiento de los largueros y modo de armarlos por la parte inferior.*— Para el corrimiento del larguero se arman ántes por la parte superior, si se creyese necesario, con objeto de que el metal no padezca durante la operacion.

Segun se demostrará más adelante al hacer los cálculos, siendo de hierro el material solamente habrá necesidad de armar el larguero para luces de 30 metros, y esto en la hipótesis de que no se le provéa de una proa; pero para

luces de 25 metros, 20 metros, etc., no hay precision de hacerlo, porque los coeficientes de trabajo del metal son pequeños.

Empleando el acero, é iguales dimensiones para el larguero que las descritas, no es preciso armar éste ni áun para los casos de 30 metros de luz, porque el coeficiente de trabajo de 16 kilogramos por milímetro cuadrado, que el cálculo dá segun veremos, puede ser soportado perfectamente por el metal durante el corto tiempo que se invierte en el corrimiento.

Para armar el larguero se emplean una mangueta  $DE$  (fig. 9, lám. 6), y dos tirantes, núm. 3,  $EF$  y  $EH$ , cuyos pasadores extremos se colocan debajo de los cordones superiores de las vigas de celosía. La mangueta se situará en la posicion que señala la figura 9, es decir, encima del extremo del segundo larguero.

El corrimiento de los dos largueros, armados ó sin armar, se efectúa fácilmente, gracias á los rodillos, por el poco peso de todo el conjunto, y se continuará la operacion hasta que el extremo volado venga á parar á  $N'$  (figura 9, línea de puntos), en cuya situacion, y pasando varios hombres á la orilla de arribada por encima de tablonés tendidos sobre el larguero, pueden calzarlo por la parte inferior, como la figura manifiesta.

Apoyado el larguero  $A$  en  $N'$ , puede servir de puente para que pasen á esta orilla  $N'$  los hombres, gatos, viguetas y cuanto material sea necesario para las operaciones sucesivas.

Hecho esto, se hace retroceder un poco á los largueros empalmados  $B-A$ , corriéndolos sobre los rodillos de la orilla  $P$  de partida, hasta que el extremo  $N'$  haya venido á parar á  $N$ , sobre la vertical del lugar que ha de ocupar despues, é instalando los gatos de montaje en  $Q$  y en  $P$ , y colgando el larguero  $A$  como lo indica la figura 9', se quita la mangueta  $DE$  y tirantes  $EB-EF$ , si existen, y se hace descender á la posicion  $A'$ .

Una vez colocado el larguero  $A$  en su sitio (fig. 10, lám. 6), se arma el carreton y andamio en la orilla  $P$ , y se procede á la colocacion de los trozos de tirante núm. 3,  $du$ ,  $us$ ,  $sn$ , etc., suspendiendo á este efecto los trozos, por medio de cuerdas ó pequeñas cadenas, del larguero; por último se coloca la mangueta  $ba'$ , valiéndose tambien del carreton y andamio, y se templea cuanto fuere necesario para que la viga quede armada y reforzada por la

parte inferior y pueda servir para el paso del larguero *B*, perteneciente al otro cuchillo.

El corrimiento del larguero *B* está suficientemente indicado en la figura 10. Cuando todo él se halla sobre el *A*, se suspende por los extremos por medio de los gatos (fig. 10'), y corriendo entonces lateralmente el *A* á la posición *A'*, se hace descender el *B* y se lleva lateralmente á *B'*.

Por medio del carreton y andamio colgado se terminará la colocacion de las manguetas y tirantes de los dos cuchillos, así como el arriostrado: desarmados aquéllos, se procederá á la instalacion de traviesas y carriles.

Los movimientos laterales de los largueros (figs. 9' y 10'), se obtendrán por medio de gatos ordinarios.

Podria conseguirse tambien armar el larguero *A* durante su corrimiento. Así lo indica la figura 11. A medida que corre el larguero, se colocan, desde *P*, los trozos de tirante *du*, *us*, *sn*, etc., y la mangueta *ba*.

*Número de elementos necesarios.*—En el estado núm. 1, que acompaña á esta Memoria, se fija con detalle el número de pernos que entran en la union ó empalme de los diversos elementos del puente, poniendo dos casillas distintas, una para el máximo número que es indispensable, y otra para el mínimo.

Como quiera que interesa emplear el menor número de pernos, siempre que quede satisfecha la condicion de solidez y rigidez, la práctica decidirá si es posible aceptar las cifras menores del estado núm. 1, ó las mayores.

Entretanto, y para colocarnos en las condiciones más desfavorables, supondremos en todo lo que sigue que son indispensables los pernos que aparecen en la casilla titulada *máximo*.

La tabla núm. 2 contiene los datos relativos al número de pernos y de elementos de todas clases, necesarios para el montaje de los diversos tipos de puente que se proponen, tanto de los de vía férrea, como de los que con el mismo material pueden destinarse al uso de peatonos, caballerías y carruajes ordinarios, y que más adelante describiremos.

De dicha tabla copiamos á continuacion los números siguientes, correspondientes á un puente de vía férrea de 20 metros de luz.

| <u>Número de elementos.</u> | <u>Especie.</u> |
|-----------------------------|-----------------|
| 28 . . . . .                | A               |
| 8 . . . . .                 | A'              |
| 8 . . . . .                 | A''             |
| 32 . . . . .                | B               |
| 8 . . . . .                 | B'              |
| 12 . . . . .                | C               |
| 18 . . . . .                | D               |
| 12 . . . . .                | F               |
| 56 . . . . .                | G               |
| 1616 . . . . .              | pernos.         |

*Peso.*—El estado núm. 3 contiene la cubicacion y peso de los diversos elementos de puente que se proponen.

Con este estado y con el núm. 2 se ha formado el *estado núm. 4*, en el cual se especifica el peso de los diversos tipos de puente que se proponen para luces de 20, 25 y 30 metros.

Por lo que respecta al puente para vía férrea de 20 metros de luz, resulta:

|                                                 | <u>Kilogramos.</u> |
|-------------------------------------------------|--------------------|
| Peso de un cuchillo. . . . .                    | 9155,26            |
| Id. por metro lineal de longitud total. . . . . | 406,90             |
| Id. total del puente. . . . .                   | 18612,88           |
| Id. por metro lineal de luz. . . . .            | 930,64             |
| Id. por metro lineal de longitud total. . . . . | 827,20             |

Segun los datos detallados de dicho estado núm. 4, se vé que el peso de la parte metálica por metro lineal para los puentes de vía férrea de 20 á 30 metros de luz, con el material que se propone, no llega á 1000 kilogramos.

Este peso es mucho menor que el de los puentes de vía férrea de esta luz, y del que asignan las fórmulas. El peso que debiera tener el puente de 30 metros de luz segun la fórmula de Laisle y Schuebler es:

$$p = 750 + 35 \times l \quad \text{ó} \quad p = 1800 \text{ kilogramos.}$$

*Número de hombres y tiempo necesarios para el montaje y corrimiento de un puente de vía férrea de 30 metros de luz.*—No es fácil calcular *á priori* el tiempo que se empleará en las diversas operaciones que lleva consigo el montaje y corrimiento del puente metálico que proponemos, y solamente la experiencia podrá fijar un número exacto. Estimámos, no obstante, que con 50 hombres podrá ser puesto en obra el puente en veinte horas de trabajo, suponiendo el material descargado en la orilla de partida.

#### PUENTES PARA VÍA ORDINARIA CONSTRUIDOS CON EL MATERIAL QUE SE PROPONE.

El material que proponemos es perfectamente apto para formar, con sencillez y rapidez grandes, puentes para vía ordinaria; ventajosa circunstancia que conviene señalar.

Tres tipos distintos de vigas es posible organizar con el material dado, correspondientes á otros tantos grados de solidez y resistencia: los distinguiremos con los números 1, 2 y 3.

*Tipo número 2.* (Figs. 5 y 5', lám. 4).—Cada viga tubular se desdobra, por decirlo así, y suministra los dos cuchillos del puente. En la composición de un cuchillo entran, pues, elementos *A* y elementos *B*.

Para mantener los cuchillos en posición vertical, y formar al propio tiempo el piso del puente, son necesarios nuevos elementos, *H* y *L*, ya descritos en otro lugar.

Las figuras 3, 3' y 3'' de la lámina 4, representan el alzado, corte y planta de los puentes de este tipo.

La anchura del pavimento es de 2<sup>m</sup>,50, pero puede reducirse á 2 metros: se forma con 5 filas de viguetas de madera y un piso de tabloncillo.

*Tipo número 1.* (Fig. 25, lám. 8).—Se diferencia únicamente del anterior, en que no se hace uso de los nervios verticales ó elementales *B*, resultando así más ligereza al puente, pero menos resistencia.

*Tipo número 3.* (Fig. 27, lám. 8).—Es ni más ni menos que el puente de vía férrea, pero sin armar por la parte inferior. Claro es, pues, que la resistencia de este puente ha de ser doble de la del tipo número 2.

El tablero es superior á los cuchillos: las viguetas se apoyan sobre las traviesas de la vía férrea.

*Montaje y corrimiento.*—El montaje y corrimiento del tipo número 3, se hace exactamente lo mismo que para los puentes de vía férrea, suprimiendo como es natural todas las operaciones relativas á la colocacion de manguetas y tirantes.

El montaje de los tipos 1 y 2 se efectúa tambien del mismo modo, con la sola diferencia de colocar á 2<sup>m</sup>,50 de distancia las filas de rodillos de corrimiento; y en cuanto á éste, se verifica con mucha sencillez, sin necesidad de preparacion del terreno de las orillas, armando doble longitud de puente del necesario (ó lo ménos 1,5) para que sirva de contrapeso y corriéndolo todo armado.

Un puente del tipo número 2, para un claro de 20 metros de luz, puede ser armado y corrido en ménos de tres horas.

Este material puede prestar relevantes servicios, á nuestro entender, especialmente en los casos de brechas ó cortaduras de puentes de carretera.

Como veremos al hacer los cálculos, estos tipos son susceptibles de resistir grandes pesos, y pueden ser utilizados para salvar claros de 20 á 30 y áun más metros de luz.

Sustituyendo el hierro por el acero, la resistencia sería todavía mayor.

Las tablas números **5** y **6**, dán las cargas que pueden resistir los tres tipos 1, 2 y 3, para diversas luces y coeficientes de trabajo.

*Número de elementos y peso de los puentes para vía ordinaria.*—Los estados números **2** y **4**, contienen todos los datos relativos á peso y número de elementos correspondientes á los puentes de vía ordinaria, y para luces de 20, 25 y 30 metros.

La parte metálica de los diversos tipos, pesa por metro líneal,

|                   |     |            |
|-------------------|-----|------------|
| Número 1. . . . . | 200 | kilógramos |
| » 2. . . . .      | 250 | »          |
| » 3. . . . .      | 550 | »          |

añadiendo á estos pesos el de las viguetas y pavimento de tabla, que estimamos en 70 kilógramos por metro líneal, resulta, para peso muerto  $p''$  por metro líneal

|           |           |     |            |
|-----------|-----------|-----|------------|
| Número 1. | . . . . . | 270 | kilogramos |
| » 2.      | . . . . . | 320 | »          |
| » 3.      | . . . . . | 620 | »          |

## CÁLCULOS.

*Cálculo de las fuerzas que obran sobre los diversos elementos del sistema.*

Llamaremos:

$L$  = luz del puente.

$N$  = número de partes en que el larguero queda dividido por las manguetas.

$l$  = longitud de una de estas partes.

$h$  = altura de la mangueta.

$n$  = número de orden de una mangueta, contando de izquierda á derecha.

Una sola fuerza  $P$  (fig. 18, lám. 5), que obra sobre una mangueta de orden  $n$ , causa en el larguero la compresion

$$Q = \frac{L}{N^2 \cdot h} \cdot P \cdot n (N - n) \quad [1],$$

Si sobre las manguetas  $n$  »  $n + 1$  »  $n + 2$  ..... actúan pesos diferentes  $P$  »  $P'$  »  $P''$  ..... (fig. 19, lám. 5), la compresion del larguero está representada por

$$Q = \frac{L}{N^2 \cdot h} \left\{ Pn(N-n) + P'(n+1)(N-(n+1)) + P''(n+2)(N-(n+2)) + \dots \right\} [2].$$

Finalmente, si todos los pesos  $P$  »  $P'$  »  $P''$  ..... son iguales á  $P$ , la compresion valdrá:

$$Q = \frac{PL}{6h} \frac{N^2 - 1}{N} \quad [3].$$

Para los cálculos compondremos el tren del siguiente modo:

| Vehículos.                                                                                     | Peso en toneladas<br>de 1000 kilogramos. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Locomotora de mercancías, de ocho ruedas acopladas, de la<br>línea del Norte (España). . . . . | 43,5                                     |
| Ténder. . . . .                                                                                | 22,5                                     |
| Wagones de mercancías cargados al máximo, cada uno. . .                                        | 16                                       |

La figura 20, lámina 5, pone de manifiesto la composicion del tren

Dentro de cada trozo de larguero de 5 metros, comprendido entre dos manguetas contiguas, la peor situacion de cargas móviles, esto es, la que produce mayor compresion en una mangueta, tiene lugar cuando sobre ésta pisa una rueda motriz, que en la locomotora referida es la que ocupa el tercer lugar á partir de las ruedas directrices.

Suponiendo al tren de modo que la rueda motriz de la locomotora cargue sobre la mangueta de orden  $(n + 1)$ ésimo; llamando  $P_2$  la compresion que á esta mangueta resulta,  $P_1$  á la compresion de la mangueta  $n$ ésima que precede, y  $P_3 \gg P_4 \gg P_5 \dots$  á las compresiones correspondientes á las manguetas siguientes  $(n + 2)$ ésima  $\gg (n + 3)$ ésima, etc., deducimos, por la composicion de fuerzas paralelas, los valores siguientes:

|          |                  |       |                             |
|----------|------------------|-------|-----------------------------|
| mangueta | $n$ ésima.       | . . . | $P_1 = 4429$ kilogramos (*) |
|          | $(n + 1)$ ésima. | . . . | $P_2 = 15859$ »             |
|          | $(n + 2)$ ésima. | . . . | $P_3 = 8672$ »              |
|          | $(n + 3)$ ésima. | . . . | $P_4 = 7250$ »              |
|          | $(n + 4)$ ésima. | . . . | $P_5 = 6800$ »              |
|          | $(n + 5)$ ésima. | . . . | $P_6 = 6800$ »              |
|          | $(n + 6)$ ésima. | . . . | $P_7 = 6400$ »              |
|          | $(n + 7)$ ésima. | . . . | $P_8 = 6800$ »              |
|          | $(n + 8)$ ésima. | . . . | $P_9 = 6800$ »              |

Para estudiar la posicion del tren, dentro del puente, más desfavorable al larguero, haremos uso de la expresion [2], buscando el valor de  $n$ , que la convierte en un máximo. A continuacion se pone de manifiesto los cálculos correspondientes, observando que por ser  $L = 30$  metros  $\gg N = 6 \gg l = 5$  y  $h = 3,7$ , el valor del factor  $\frac{L}{N^2 \cdot h}$  es 0,225.

---

(\*) Para obtener estos valores se ha tomado la mitad de las cargas que señala la fig. 20 puesto que se trata de un solo cuchillo.

$$\begin{aligned} \text{Peso } P_1 \text{ sobre la } & \left. \begin{array}{l} 1.^\text{a} \text{ mangueta} \\ n = 1 \end{array} \right\} Q = 0,225 (5 P_1 + 8 P_2 + 9 P_3 + 8 P_4 + 5 P_5) = 71789 \text{ kilógramos} \\ \text{Peso } P_2 \text{ sobre la } & \left. \begin{array}{l} 1.^\text{a} \text{ mangueta} \\ n = 1 \end{array} \right\} Q = 0,225 (5 P_2 + 8 P_3 + 9 P_4 + 8 P_5 + 5 P_6) = 67802 \text{ kilógramos} \\ \text{Peso } P_3 \text{ sobre la } & \left. \begin{array}{l} 1.^\text{a} \text{ mangueta} \end{array} \right\} Q = 0,225 (5 P_3 + 8 P_4 + 9 P_5 + 8 P_6 + 5 P_7) = 56016 \text{ kilógramos} \\ \text{Peso } P_4 \text{ sobre la } & \left. \begin{array}{l} 1.^\text{a} \text{ mangueta} \end{array} \right\} Q = 0,225 (5 P_4 + 8 P_5 + 9 P_6 + 8 P_7 + 5 P_8) = 53336 \text{ kilógramos} \end{aligned}$$

La compresion máxima del larguero ocurre cuando  $P_1$  carga sobre la primera mangueta, es decir, cuando la rueda motriz pesa sobre la segunda, y tiene por valor 71789 kilógramos. Igual compresion ocasionarian cargas iguales  $P = 9137$  kilógramos sobre cada mangueta: este valor de  $P$  se obtiene por la ecuacion [3]

$$\frac{P L}{6 h} \times \frac{N^2 - 1}{N} = 71789.$$

El peso propio del larguero dá un contingente de compresion que hay que sumar al valor anterior: siendo de 230 kilógramos el peso del metro lineal, á cada trozo de 5 metros, y, por lo tanto, á cada mangueta, corresponden 1150 kilógramos, y en el larguero producen una compresion de 9062 kilógramos, deducida por la fórmula [3], haciendo en ella  $P = 1150$ .

En suma, la compresion total del larguero, debida á la sobrecarga y al peso propio, es de

$$71789 + 9062 = 80851 \text{ kilógramos.}$$

Para el cálculo supondremos  $Q = 80000$  kilógramos.

Las manguetas pueden verse sometidas á la compresion  $P_2 = 15829$ , y además, á la parte de peso de larguero igual á 1150 kilógramos; es decir, á 17009 kilógramos: para el cálculo tomaremos el número 17000.

La fuerza de extension de los tirantes ha sido calculada por la fórmula

$$T_r = \frac{P l}{L h} (N - r) \sqrt{h^2 + r^2 l^2} \quad [4].$$

Siendo  $r$  el número de orden del tirante, á partir de un extremo del larguero,

$P$  = compresion de la mangueta = 17000.

$l$  = longitud de los trozos de larguero = 5.

$L$  = luz = 30.

$h$  = altura de la mangueta = 3<sup>m</sup>,7.

$N$  = número de trozos del larguero = 6.

Los valores obtenidos se expresan á continuacion:

| Tirantes.          | Tension en kilógramos. |
|--------------------|------------------------|
| Número 1 . . . . . | 23746                  |
| » 2 . . . . .      | 32784                  |
| » 3 . . . . .      | 35389                  |
| » 4 . . . . .      | 31099                  |
| » 5 . . . . .      | 19303                  |

El larguero trabaja tambien por flexion: toda la locomotora puede pesar sobre uno de los tramos de 5 metros, y siendo su peso total de 43500 kilógramos corresponde á cada tozo de larguero de 5 metros la mitad ó sea 22750 kilógramos de carga uniformemente repartida. Suponiendo, en favor de la resistencia, que cada trozo de larguero de 5 metros comprendido entre dos manguetas contiguas, se halla en el caso de pieza apoyada en los dos extremos, el momento máximo de flexion tendrá por valor:

$$M'_0 = \frac{1}{8} P l = \frac{1}{8} 22750 \times 5 = 14220 \text{ kilográmetros,}$$

y por efecto del peso propio

$$M''_0 = \frac{1}{8} p l^2 = \frac{1}{8} 230 \times 5^2 = 718 \text{ kilográmetros.}$$

En suma,

$$M = M'_0 + M''_0 = 14938 \text{ kilográmetros.}$$

En cuanto al esfuerzo cortante máximo, lo haremos igual, en beneficio de la resistencia, á la compresion máxima de una mangueta; es decir,

$$C_0 = 17000 \text{ kilógramos,}$$

La reaccion de los apoyos, ó sea la presion que sobre cada uno de estos ejecuta un cuchillo será:

Por la accion de los pesos  $P_1 \dots P_2 \dots P_3 \dots$  etc.,

$$X' = 22147 \quad \text{»} \quad Y' = 20861$$

y por el peso propio,

$$X'' = Y'' = \frac{1}{4} 29466 (*) = 7366 \text{ kilogramos}$$

ó, sumando,

$$X = 29513 \text{ kilogramos} \quad Y = 28227.$$

Para el cálculo haremos  $X = Y = 30000$  kilogramos.

Con estos datos podemos pasar al cálculo de la resistencia del sistema propuesto, para  $L = 30$  metros.

*Cálculo del larguero.*—El larguero resulta comprimido por la fuerza de 80000 kilogramos que le comunican los tirantes, y además por efecto de la flexion producida por las cargas en el intermedio de dos manguetas.

El área de la seccion trasversal de una escuadra de  $\frac{60 \times 80}{8}$  es, descontando el orificio abierto para el paso de los pernos de union .... 896 milímetros cuadrados, y el de la seccion trasversal del hierro plano de  $120 \times 11$  que hace de nervio vertical ó trozo de alma, descontando tambien el orificio de perno ..... 1100 milímetros cuadrados.

La seccion trasversal resistente de todo un larguero es la siguiente:

|                                                       |                           |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|
| 8 ángulos de $\frac{60 \times 80}{8}$ á 896 . . . . . | 7168 milímetros cuadrados |
| 4 planos de $120 \times 11$ á 1100 . . . . .          | 4400                      |
| <i>Total.</i> . . . . .                               | $\Omega = 11568$          |

El coeficiente de trabajo, por compresion directa, será, pues, de

$$\frac{80000}{11568}, \quad \text{ó} \quad R' = 6,91 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

(\*) El peso de todo el puente es 29466 kilogramos (véase la tabla 4.<sup>a</sup>): á cada extremo de cuchillo corresponde la cuarta parte.

El momento de inercia de la seccion trasversal de un larguero con respecto al eje horizontal que pasa por el centro de gravedad, descontando los orificios para el paso de los pernos, es  $I = 0,005184$ ; y el de  $\frac{I}{\nu} = 0,007$ .

El trabajo por efecto de la flexion será:

$$R'' = \frac{M_0}{\frac{I}{\nu}} = \frac{14938}{0,007} = 2,07 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

El coeficiente de trabajo por compresion, ya directa ya producida por la flexion, será

$$R = R' + R'' = 6,91 + 2,07 = 8,98 \text{ kilogramos.}$$

En la flexion del larguero, las barras inclinadas á  $31^\circ$  con la vertical, que constituyen el alma, trabajan por esfuerzo cortante.

Siendo estas barras hierros de ángulo de  $\frac{60 \times 60}{7}$  cuya seccion trasversal tiene por área, despues de descontar el orificio para el perno de 20 milímetros  $\omega = 651$  milímetros cuadrados, cada una ofrece segun su eje  $R_1 \omega$  kilogramos de resistencia, y en sentido vertical  $R_1 \omega \cos 31^\circ$ . Un plano vertical trasversal al larguero encuentra á cuatro barras inclinadas, de modo que la resistencia total será  $4 R_1 \omega \cos 31^\circ$ , y podremos establecer

$$C_0 = 17000 = 4 R_1 \omega \cos 31^\circ,$$

de donde deducimos que el coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante es

$$R_1 = 7,6 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

Puesto que uno de los objetos que se pretende alcanzar es el de que el larguero de la viga, corrido preliminarmente, pueda servir de andamio para armar las manguetas y tirantes, es forzoso demostrar por el cálculo la posibilidad de la operacion.

Corrido un larguero y apoyado en los dos extremos, adquirirá una cierta flecha, debida: primero, á su propio peso; segundo, al de la sobrecarga necesaria para armar por debajo la mangueta central.

Suponiendo la luz de 30 metros, que es el caso más desfavorable, la sobrecarga está formada por

Dos tirantes núm. 3. . . . . 1042,08 kilógs.

Una mangueta completa, carro, andamio colgado y obreros  
correspondientes. . . . . 1500,00 »

Como los tirantes se suspenden del larguero en toda su longitud hasta que esté armada la mangueta, pueden considerarse para el cálculo como carga repartida, y sumarse al peso propio de aquél. De este modo la carga total repartida será:

$$P = 7872,84 (*) + 1042,08 = 8914,92,$$

y la móvil del carro, andamio y mangueta, que podremos suponer aplicada en el punto medio del larguero,  $P' = 1500$ .

La flecha correspondiente á la carga  $P$ , obtenida por la fórmula

$$f' = \frac{5}{384} \frac{P l^3}{EI}, \quad \text{es, haciendo } E = 18 \times 10^9, \quad f' = 0^m,033.$$

Y la producida por la carga  $P'$ , dada por la fórmula  $f'' = \frac{1}{48} \frac{P' l^3}{EI}$ ,

$$f'' = 0,0088.$$

La flecha elástica definitiva, resulta ser

$$f = f' + f'' = 0^m,0418;$$

cantidad muy pequeña que no ha de ser causa de dificultad en la colocacion de la mangueta central, si se recuerda que el tornillo de templar que lleva en la parte inferior permite elevaciones y depresiones de  $0^m,150$ .

Los coeficientes de trabajo por flexion y esfuerzo cortante durante la operacion de armar el larguero, son de pequeño valor.

Para la flexion, el momento máximo es

$$M_0 = \frac{1}{8} \cdot 8914 \times 30 + \frac{1}{4} \cdot 1500 \times 30 = \frac{R' l}{\nu}$$

y  $R' = 5,58$  kilogramos por milímetro cuadrado.

Para el esfuerzo cortante,  $R'' = 2,33$  kilogramos por milímetro cuadrado, deducido de la ecuacion

---

(\*) Este peso de todo el larguero es de 7872,84 kilogramos (véase la tabla número 4), incluyendo los extremos que para este caso no debieran entrar en cuenta en realidad; pero así nos colocamos todavía en circunstancias más desfavorables.

$$C_0 = \frac{1}{2} \left\{ 8914 + 1500 \right\} = 4 \omega \cos. 31^\circ \times R''.$$

*Empalmes y roblonaduras.*—Los empalmes de los ángulos de  $\frac{60 \times 80}{8}$  que forman el perímetro de los elementos *A* (véase *E*, fig. 1, lám. 1), se ejecutarán por medio de un hierro plano de  $400 \times 60 \times 7$  y un ángulo de  $\frac{50 \times 70}{7}$  é igual longitud. Entre ambos, suman una seccion trasversal de 938 milímetros cuadrados, superior á la seccion interrumpida del ángulo de  $\frac{60 \times 80}{8}$ , que tiene tan sólo 896 milímetros cuadrados de área. Se emplean, de cada lado de la punta, cuatro roblones de 18 milímetros de diámetro, que suman 1017 milímetros cuadrados.

Las barras inclinadas (ángulos de  $\frac{60 \times 60}{7}$ ) se unen á los ángulos de  $\frac{60 \times 80}{8}$  del perímetro por medio de dos roblones, en cada extremo, de 20 milímetros, que tienen en total una seccion trasversal de 628 milímetros cuadrados, poco diferente de la seccion útil de la barra inclinada, que es de 651 milímetros cuadrados. El coeficiente de trabajo, deducido del de ésta, será:

$$R = \frac{651}{628} \times 7,6 = 7,8 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

El nervio vertical, ó trozo de alma, tiene 1200 milímetros cuadrados de área resistente: las bridas ó cubrejuntas (*Z*, fig. 1, lám. 1) tendrán un espesor de 10 milímetros, deducido de la ecuacion

$$2 \times 60 \times x = 1200.$$

Cada par de bridas se unen con seis pernos de 20 milímetros, tres de cada lado, que suman, á dos secciones resistentes por perno, 1884 milímetros cuadrados; el coeficiente de trabajo será de  $\frac{1200}{1884} \times 8,91 = 5,61$  kilogramos por milímetro cuadrado.

*Extremos de los largueros.* (Elemento *A''*).—El alma llena de palastro de cada uno de los elementos *A''*, tiene por seccion vertical resistente (descontando el orificio para el pasador de 60 milímetros de diámetro) 7080 milíme-

tros cuadrados, de modo que á cada extremo de larguero, compuesto de dos  $A''$ , corresponden 14160 milímetros cuadrados que han de resistir á la fuerza de extension de 80000 kilógramos, comunicada por los tirantes. El coeficiente de trabajo del palastro es de  $\frac{80000}{14160}$  ó  $R = 5,6$  kilógramos por milímetro cuadrado.

Cada plancha de palastro está unida al marco por medio de 40 roblones de 16 milímetros, que suman 8000 milímetros cuadrados de seccion trasversal, y 16000 milímetros cuadrados para las dos planchas; el coeficiente de trabajo es  $R = \frac{80000}{16000} = 5$  kilógramos por milímetro cuadrado.

La union de los casquillos de fundicion de los pasadores con el alma de palastro de 6 milímetros, se efectúa con seis roblones de 20 milímetros y otros cuatro situados en el suplemento de plancha de 8 milímetros, total 10 roblones por casquillo, que suman 3140 milímetros cuadrados.

La mayor fuerza de extension de los tirantes corresponde al número 3, y tiene por valor 35389 kilógramos: el coeficiente de trabajo es, pues, de  $\frac{35389}{2 \times 3140} = 5,6$  kilógramos por milímetro cuadrado de seccion de roblon.

Los pasadores de 60 milímetros de diámetro tienen dos secciones resistentes al esfuerzo cortante, que componen 5654 milímetros cuadrados; de modo que el trabajo máximo por esfuerzo cortante es de  $\frac{35389}{5654} = 6,2$  kilógramos por milímetro cuadrado, cifra aceptable teniendo en cuenta que estas piezas se han de fabricar con acero.

La parte de extremo de larguero que insiste sobre el apoyo, es de 55416 milímetros cuadrados; y como la reaccion máxima  $X = Y = 30000$  kilógramos, segun hemos visto, el coeficiente de trabajo por compresion resulta ser de  $\frac{30000}{55416} = 0,54$  kilógramos por milímetro cuadrado.

*Tirantes.*—Para la extension admitimos un coeficiente de trabajo de 9 kilógramos por milímetro cuadrado; cada tirante se compone de cuatro barras, yustapuestas de dos en dos por cada lado del larguero.

Además, en sentido longitudinal cada tirante se descompone en varios

trozos, empalmados con bridas de 0<sup>m</sup>,200 de longitud entre centros de orificios (fig. 1, lám. 4). A continuacion se expresan todos los datos de dimensiones de los tirantes:

| Número de orden del tirante. | Angulo que forma con el horizonte. | Fuerza de extension. | Número de milímetros cuadrados de seccion, correspondientes á cada elemento para $R = 9$ . | Dimensiones de la seccion transversal de cada elemento | Longitud total del tirante entre centros extremos de pasadores. | Número de partes en que se divide. | Longitud de cada parte. |
|------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1                            | 30° 10'                            | 23746                | $\frac{23749}{4 \times 9} = 659,50$                                                        | 60 × 10,9                                              | 7 <sup>m</sup> ,047                                             | 2                                  | 3 <sup>m</sup> ,423     |
| 2                            | 18° 27'                            | 32784                | $\frac{32784}{4 \times 9} = 910,00$                                                        | 60 × 15,1                                              | 11 <sup>m</sup> ,495                                            | 3                                  | 3 <sup>m</sup> ,698     |
| 3                            | 13° 13'                            | 35389                | $\frac{35389}{4 \times 9} = 983,00$                                                        | 60 × 16,4                                              | 16 <sup>m</sup> ,096                                            | 4                                  | 3 <sup>m</sup> ,874     |
| 4                            | 10° 24'                            | 31099                | $\frac{31099}{4 \times 9} = 864,00$                                                        | 60 × 14,4                                              | 20 <sup>m</sup> ,781                                            | 5                                  | 3 <sup>m</sup> ,996     |
| 5                            | 8° 38'                             | 19303                | $\frac{19303}{4 \times 9} = 537,00$                                                        | 60 × 8,9                                               | 25 <sup>m</sup> ,468                                            | 6                                  | 4 <sup>m</sup> ,078     |

*Manguetas.*—Los ocho ángulos de  $\frac{60 \times 60}{8}$  que forman los dos brazos verticales de cada mangueta, tienen una seccion resistente despues de descontar los agujeros de los pernos de 20 milímetros que van situados en la parte inferior,  $8 \times 576 = 4608$  milímetros cuadrados.

Corresponde por milímetro cuadrado  $\frac{17000}{4608} = 3,7$  kilogramos, los cuales se convierten por la fórmula

$$R' = R \left( 1,55 + 0,0005 \left( \frac{l}{a} \right)^2 \right),$$

en la que se tiene en cuenta la posibilidad de flexion lateral, en

$$R' = R \times 1,86 = 3,7 \times 1,86$$

ó  $R' = 6,88$  kilogramos por milímetro cuadrado.

En la fórmula anterior,  $l$ , longitud de la mangueta, es igual á 3 metros; y  $a$ , lado menor de la seccion transversal, es 0<sup>m</sup>,120.

Los pernos *a* (fig. 3, lám. 3) de la parte inferior de la mangueta, son en número de 12 para una completa, y componen 24 secciones transversales resistentes, que á 314 milímetros cuadrados cada una (son pernos de 20 milímetros diámetro), suman 7536 kilogramos; y como la fuerza de compresion es de 17000 kilogramos, el coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante es

$$R = \frac{17000}{7536} = 2,25 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

Los filetes de la parte terrajada *b* serán del tipo Whitworth; hé aquí las dimensiones principales:

|                                                | Milímetros. |
|------------------------------------------------|-------------|
| Diámetro exterior. . . . .                     | 50,00       |
| Idem del núcleo de la parte terrajada. . . . . | 42,50       |
| Profundidad del filete. . . . .                | 3,75        |
| Paso. . . . .                                  | 5,00        |
| Altura de la tuerca. . . . .                   | 50,00       |
| Diámetro del círculo circunscrito. . . . .     | 100,00      |

Siendo de 1418 milímetros cuadrados el área de la seccion transversal del núcleo de la parte terrajada en el tornillo de templar *b*, el coeficiente de trabajo será:

$$\frac{\frac{1}{2} 17000}{1418}, \quad \text{ó} \quad R = 5,9 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

La presion, en el contacto, de los filetes y tuerca, no excede de 1 kilogramo por milímetro cuadrado.

La maniobra de la tuerca de templar es posible sin gran esfuerzo, como lo demuestra el resultado de la fórmula siguiente:

$$P = \frac{Q}{r} \left( \frac{r' (2 \pi f r' + m h)}{2 \pi m r' - f h} + \frac{2}{3} f r'' \right);$$

en la cual,

$P$  = Potencia en kilogramos que hay que aplicar al extremo de la llave de maniobra.

$r$  = Longitud en metros de esta llave.

$Q$  = Peso que obra sobre el tornillo =  $\frac{1}{4} 7872 = 1968$  kilogramos (\*).

$r'$  = Distancia del centro de presión en un filete al eje del tornillo =  $0^m,023$ .

$r''$  = Distancia del centro de presión de la tuerca  $c$  sobre la parte  $D, D'$  (figura 3, lám. 3) =  $0^m,033$ .

$h$  = Paso de la hélice, =  $0^m,005$ .

$m$  =  $\cos. \phi$ , siendo  $\phi$  el semiángulo en el vértice del triángulo perfil del filete, =  $0,832$ .

$f$  = Coeficiente de rozamiento de hierro sobre hierro =  $0,08$ .

Sustituyendo, resulta:

$$P = \frac{9,36}{r} \text{ kilogramos;}$$

|                  |           |             |                       |
|------------------|-----------|-------------|-----------------------|
| de modo que para | $r = 1^m$ | . . . . .   | $P = 9,36$            |
| »                | »         | $r = 0^m,9$ | . . . . . $P = 10,40$ |
| »                | »         | $r = 0^m,8$ | . . . . . $P = 11,40$ |
| »                | »         | $r = 0^m,7$ | . . . . . $P = 13,40$ |

Es posible, por lo tanto, la maniobra de los tornillos de templar, aplicando á los extremos de las llaves fuerzas pequeñas de 8 á 11 kilogramos para longitudes de llave comprendidas entre  $0^m,7$  y 1 metro.

*Coefficientes de trabajo y flechas durante el corrimiento.*—Si no se arma el larguero por la parte superior para correrlo, según indica la figura 9, lámina 5, éste se encontrará durante la operación en el caso de una viga empotrada en un extremo (en la orilla de partida) y cargada con pesos uniformemente repartidos (peso propio). El momento más crítico, que es el que consideraremos para el cálculo, será aquel en que el extremo del larguero esté á punto de llegar á la orilla opuesta; los coeficientes de trabajo por extension y

(\*) El peso que hay que levantar con los dos tornillos de templar de cada mangueta, suponiendo que se arma la central, es la mitad del peso del larguero; á cada tornillo corresponde, pues, la cuarta parte, ó sea  $\frac{1}{4} 7872 = 1968$ .

esfuerzo cortante, y la flecha, se determinarán por medio de las fórmulas siguientes:

Extension y compresion que resultan de la flexion,  $R = \frac{1}{2} Pl : \frac{I}{\nu}$ .

Esfuerzo cortante. . . . .  $R' = \frac{P}{4 \omega \cos . 31^\circ}$ .

Flecha. . . . .  $f = \frac{1}{8} \frac{Pl^3}{EI}$  »  $E = 18 \times 10^9$  por metro cuadrado.

Hé aquí los valores correspondientes á las diversas luces:

|                 | R<br>en kilogramos por<br>milimetro cuadrado. | R'<br>en kilogramos por<br>milimetro cuadrado. | f<br>en metros. |
|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|
| l = 30. . . . . | 16,02                                         | 3,36                                           | 0,27            |
| l = 25. . . . . | 11,12                                         | 2,80                                           | 0,133           |
| l = 20. . . . . | 7,15                                          | 2,24                                           | 0,053           |

En caso de necesidad podria correrse el larguero sin ser armado por la parte superior, aún para luces de 30 metros, si se tiene en cuenta que si bien el coeficiente de trabajo  $R = 16,02$  es muy grande, en cambio es pequeño el tiempo dedicado á la operacion del corrimiento. Pero no aconsejamos el obligar al material á un trabajo tan excesivo, y creémos debe armarse el larguero por la parte superior, á ménos que se provea de una proa que disminuya su longitud.

Para luces de 5 á 25 metros, el larguero puede correrse sin armar superiormente, porque los coeficientes de trabajo son aceptables.

Si para la luz de 30 metros se arma el larguero como manifiesta la figura 9, lámina 5, la longitud de la parte volada, sin apoyo, queda reducida á la mitad, y los valores de  $R, R'$  y  $f$ , son

$$R = 4,01 \quad R' = 1,68 \quad f = 0^m,034,$$

de modo que el metal trabajará mucho ménos que cuando, una vez puesto en obra, esté sometido á la accion de las cargas móviles.

La figura 12, lámina 5, representa el diagrama de las fuerzas á que resultan sometidas la mangueta y los tirantes empleados en la operacion, cuyos

valores son inferiores á los de las presiones y extensiones á que estarán sujetos cuando formen parte de la viga armada puesta en obra.

### CÁLCULOS DE RESISTENCIA DE LOS PUENTES PARA VÍA ORDINARIA.

*Tipo número 1.*—El momento de inercia de un cuchillo, sin el nervio  $B$ , es 0,001645 y el de los dos  $I = 0,00329$ ; el valor de  $\frac{I}{\nu} = 0,0047$ .

Segun esto, y por lo que respecta al momento de flexion, la carga total que este puente puede resistir, es  $P = \frac{8R}{l} \times \frac{I}{\nu}$ , siendo  $l$  la luz, en metros, y  $R$  el coeficiente de trabajo que se quiera admitir.

De esta carga hemos de deducir 270 kilogramos de peso muerto por metro lineal, de vía, si queremos obtener el valor de la sobrecarga útil.

Por la fórmula  $f = \frac{5}{384} \frac{P l^3}{E I}$  se calcularán las flechas correspondientes á estas sobrecargas y peso muerto.

Finalmente: la fórmula  $Q = \frac{1}{4} P = 2 \omega R \cos 31^\circ$  dará los pesos  $P$  correspondientes á la resistencia al esfuerzo cortante de que son capaces las vigas.

Las tablas números **5** y **6** contienen los valores de  $P$ ,  $p$ ,  $p'$  y  $f$ : por ellas se vé que el tipo núm. 1, todavía puede servir, como pasadera, para la luz de 30 metros, siendo el coeficiente de trabajo de 9 á 10 kilogramos por milímetro cuadrado, pues las sobrecargas correspondientes son de 108 y 148 kilogramos por metro lineal.

Si se emplease el material acero, en cuyo caso podía hacerse  $R = 12$ ,  $p' = 231$ .

Para la luz de 25 metros, resiste cargas comprendidas entre 211 y 330 kilogramos por metro lineal, correspondientes á valores de  $R$  comprendidos entre 8 y 10.

Para luces menores, la resistencia del puente es muy grande, tanto como la exigida á los puentes civiles.

*Tipo número 2.*—Empleando las fórmulas

$$P = \frac{8R}{l} \times \frac{I}{\nu}, \text{ en que } I = 0,005184 \text{ é } \frac{I}{\nu} = 0,007, f = \frac{5}{384} \frac{P l^3}{EI},$$

$$\frac{1}{4} P = 4 \omega R \cdot \cos. 31^\circ,$$

se llega á los resultados consignados en las tablas **5** y **6**.

Este tipo de puentes es sumamente resistente y puede emplearse para toda clase de luces comprendidas entre 10 y 30 metros.

*Tipo número 3.*—Su resistencia es doble de la del tipo anterior núm. 2.

Para  $l = 10$  metros y  $R = 9$ ,  $p' = 9460$  kilogramos.

»  $l = 15$  metros y  $R = 9$ ,  $p' = 3880$  »

De modo que cuando la luz sea de 10 ó 15 metros, este tipo de puente puede ser aplicado á vía férrea, sin necesidad de emplear manguetas y tirantes para armar las vigas por la parte inferior.

*Coefficientes de trabajo durante el corrimiento.*—Los tipos segundo y tercero, darán en el corrimiento los coeficientes de trabajo que ya hemos calculado á propósito del corrimiento de un larguero de cuchillo para vía férrea, porque su organizacion es la misma.

Aplicando las mismas fórmulas para el tipo núm. 1, se obtienen los siguientes valores:

| LUCES. |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|
| 10     | 15 | 20 | 25 | 30 |

|                                                            |      |      |      |       |       |
|------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| Coeficiente de trabajo por extension y compresion. . . . . | 2,12 | 5,62 | 8,50 | 13,29 | 18,98 |
| Idem por esfuerzo cortante. . . . .                        | 0,89 | 2,34 | 1,78 | 2,23  | 2,67  |

Como no se presta este tipo de puente á ser armado por la parte superior durante el corrimiento, se deduce que, empleando el material hierro, el tipo núm. 1 sólo es aplicable para luces hasta 25 metros como límite superior. Empleando el acero, todavía se podría aceptar el coeficiente de trabajo  $R = 18,98$  kilogramos por el corto tiempo del corrimiento, y serviría el sistema para luces de 30 metros.

*Empleo del acero: luz 40 metros.*—Con los mismos elementos que acaba-

mos de describir, sin más variación que la del aumento de dos tirantes que llamaremos núm. 6 y núm. 7, pueden lanzarse y construirse puentes de vía férrea hasta de 40 metros de luz, siempre que se emplee el acero en vez del hierro.

Haciendo uso de las mismas fórmulas [1], [2] y [3] que nos han servido para el cálculo de los cuchillos de hierro de 30 metros de luz, dando á  $L$  el valor 40 metros y á  $N$  el de 8, y conservando los demás valores, obtenemos para valor de la compresión máxima del larguero de un cuchillo  $Q = 118762$  kilogramos; y como el área resistente á la compresión de la sección transversal de un larguero es, según hemos visto,  $\Omega = 11568$  milímetros cuadrados, resulta

$$R' = \frac{118762}{11568} = 10,2 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

Por efecto de la flexión, vimos ya en el cálculo del larguero de hierro (tomando un trozo de 5 metros de los en que queda dividido el larguero por las manguetas), que el coeficiente de trabajo era  $R'' = 1,07$  kilogramos por milímetro cuadrado.

El coeficiente definitivo es, pues,

$$R = R' + R'' = 10,20 + 2,07 = 12,27 \text{ kilogramos;}$$

cantidad muy aceptable tratándose de acero y de cargas accidentales; esta cifra es usada por muchos constructores.

Como el esfuerzo cortante máximo es el mismo que para el caso de luz de 30 metros, y lo mismo la compresión de las manguetas (puesto que depende nada más que de la longitud del intervalo entre dos manguetas  $l = 5$  metros) los coeficientes de trabajo serán los mismos, y tendremos:

Coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante en las barras inclinadas que forman el alma del larguero. . . . . 7,6 kilógs.  
 Coeficiente de trabajo por compresión en las manguetas. . . . . 6,88 »

Corrido un larguero sin armar, y considerado por tanto como pieza apoyada en los dos extremos y cargada uniformemente, resiste una carga  $P$ , deducida de la fórmula

$$\frac{1}{8} PL = R \frac{I}{\nu};$$

y haciendo  $L = 40$ ,  $R = 12 \times 10^6$ ,  $\frac{I}{\nu} = 0,007$ ,

resulta  $P = 16800$  kilogramos de carga repartida.

Descontando el peso propio del larguero, que será de 11200 kilogramos (\*), quedará para sobrecarga repartida:

$$16800 - 11200 = 5600 \text{ kilogramos,}$$

que equivale á una carga en el punto medio de la mitad, ó sea de 2800 kilogramos, peso mucho mayor que el del carretón, andamio colgado, mangueta, etc., etc., necesarios para armar el larguero por la parte inferior. La operación es, pues, posible.

Para los tirantes, y aplicando la fórmula

$$T_r = \frac{P \cdot l}{Lh} (N - r) \sqrt{h^2 + r^2 l^2}$$

resultan las extensiones y secciones transversales siguientes: suponiendo  $R = 12,5$  kilogramos y cuatro barras yustapuestas de dos en dos para cada tirante, según se ha propuesto para los puentes de hierro.

| Número del tirante. | Extension en kilogramos. | Seccion de una barra, en milímetros. |
|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1                   | 28000                    | 60 × 9,6                             |
| 2                   | 37200                    | 60 × 12,4                            |
| 3                   | 45200                    | 60 × 15,00                           |
| 4                   | 48000                    | 60 × 16,00                           |
| 5                   | 45900                    | 60 × 15,30                           |
| 6                   | 36600                    | 60 × 12,20                           |
| 7                   | 21300                    | 60 × 7,1                             |

Estas dimensiones se diferencian poco de las obtenidas por el cálculo para

(\*) Según el estado núm. 4, el peso del larguero para 20 metros de luz es 5600 kilogramos; este número lo multiplicaremos por 2 para obtener el de 40 metros de luz, y obtendremos el valor por exceso, pues había que descontar en realidad el peso de los extremos ó elementos A".

los puentes de hierro de 30 metros de luz, de modo que, sensiblemente, el peso del puente de acero para luz de 40 metros será el mismo que el de hierro de 30 metros, pues los largueros, marcos de arriostamiento y manguetas, son exactamente iguales, y sólo se diferencian en el aumento de los tirantes números 6 y 7. Podremos, pues, asignar como promedio del peso de la parte metálica, 1000 kilogramos por metro lineal.

*Resúmen de los tipos propuestos.*—El material que hemos descrito, y cuyas formas y dimensiones constan en las figuras que contienen las láminas 1 á 5 de los dibujos, es apto para salvar las luces siguientes, con los coeficientes de trabajo que se detallan.

|                                                        | Empleando el hierro como material de construcción. | Empleando el acero como material de construcción. |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                        | Metros                                             | Metros                                            |
| Luces para vía férra.. . .                             | 5 á 30 inclusive                                   | 5 á 40                                            |
| Id. para vía ordinaria.                                | Tipo núm. 1 5 á 25 —                               | 5 á 30                                            |
|                                                        | Tipo núm. 2 5 á 30 —                               | 5 á 35                                            |
|                                                        | Tipo núm. 3 5 á 30 —                               | 5 á 40                                            |
| Coefficiente de trabajo máximo por compresion. . . . . | 8,98                                               | 12,27 kilóg. por milím. cuadrado.                 |
| Id. por extension. . . . .                             | 9,00                                               | 12,50 — — —                                       |
| Id. por esfuerzo cortante.                             | 7,60                                               | 7,60 — — —                                        |

*Puentes para luces de 40 á 60 metros.*—La organizacion de puentes que se propone, es aplicable á luces de 40 á 60 metros, si bien aumentando las escuadrías de las piezas y dimensiones de los elementos, y empleando exclusivamente el acero.

Los elementos *A* tendrán 6 metros de longitud y 2 metros de altura, y el marco se formaría con ángulos de  $\frac{80 \times 80}{9}$ : las barras angulares inclinadas serían tan sólo de  $\frac{60 \times 60}{8}$ .

Los elementos *B* se construirían con hierro plano de  $120 \times 12$ ,

Las manguetas tendrian 4 metros de longitud, y estarian formadas, como en los puentes anteriores, con hierros de  $\frac{60 \times 60}{8}$ .

El coeficiente de trabajo no excede de 12,50 kilogramos por milímetro cuadrado; y el peso del puente, por metro lineal, es poco diferente de 1500 kilogramos, es decir, 1,5 veces el del puente de 40 metros de luz.

---

---

### III.

#### **Comparacion del sistema propuesto con otros ensayados en el extranjero.**

Los tipos de puente portátil presentados y ensayados en el extranjero, que por su importancia merecen tenerse en cuenta, son los siguientes:

Sistema Marcille: exclusivamente para vías férreas.

- » Cottrau (sistema politetragonal): para vías férreas y ordinarias.
- » Eiffel: para vías ordinarias.

*Sistema Marcille.*—Después de la guerra de 1870, la Comisión superior de ferrocarriles francesa se ocupó de la creación de un material de puentes portátiles para la reconstrucción de los de vía férrea, y entre muchos proyectos eligió el presentado por el comandante de ingenieros Mr. Marcille.

El material es de acero dulce, de 52 kilogramos por milímetro cuadrado para coeficiente de fractura, y 25 kilogramos por milímetro cuadrado para límite de elasticidad.

Mr. Marcille adopta el sistema de vigas doble T de alma llena, de dimensiones variables con las luces, dando lugar así a la creación de cuatro distintos tipos correspondientes a luces de 10, 20, 30 y 45 metros.

Las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 de la lámina 7, representan el tipo de 30 metros de luz.

El puente se compone de dos vigas, distantes 1<sup>m</sup>,52 de eje á eje, sobre las cuales se colocan los carriles. (Recordaremos que la vía francesa es estrecha, de 1<sup>m</sup>,44).

Cada viga, de 1<sup>m</sup>,50 de altura, está compuesta de un alma de palastro de 8 milímetros de grueso, unida por cada extremo á dos tablas de 500 × 12, merced á dos escuadras de  $\frac{90 \times 90}{9}$ .

Las dos vigas ó cuchillos se unen entre sí por medio de traveseros doble T laminada, sólidamente roblonados.

El material está preparado por trozos de vía, compuestos de dos vigas y traveseros roblonados, de 10 metros y 7<sup>m</sup>,50 de longitud. Estos trozos se unen á junta plana, empalmándose por medio de fuertes cubrejuntas y pernos en las tablas, escuadras y alma llena. Las uniones, para todas las partes constituyentes del puente, se verifican en planos verticales trasversales.

El alma de las vigas está reforzada por nervios verticales de T sencilla, cosidos á la plancha.

Cada trozo de puente de 10 metros de longitud, pesa 10000 kilogramos, ó sea á razon de 1000 kilogramos por metro lineal.

El momento de inercia para la seccion trasversal de las dos vigas, es  $I = 0,020334$ , no descontando los orificios abiertos para el paso de los roblones;  $\frac{I}{p}$  resulta igual á 0,027.

Durante el corrimiento de todo el puente, que se ejecuta sobre rodillos poniendo detrás una cola con grande contrapeso, el coeficiente de trabajo del metal es  $R = 17$  kilogramos por milímetro cuadrado, valor deducido de la fórmula:

$$\frac{1}{2} p l^2 = R \cdot \frac{I}{p}.$$

Los demás tipos, para luces de 10, 20 y 45 metros tienen respectivamente 0<sup>m</sup>,60, 1<sup>m</sup>,20 y 2<sup>m</sup>,20 de altura, y se fraccionan tambien en trozos de puente completo de 10 metros. El trozo de puente de 10 metros del tipo de 45 metros, pesa 18000 kilogramos: peso enorme que lo hará de difícil manejo.

*Discussion.*—La única ventaja que encontramos á los puentes del sistema Marcille es la sencillez. Constan de un corto número de elementos, y exigen por tanto pequeño número de uniones.

Pero esta cualidad está más que compensada con numerosos é importantes inconvenientes que limitan considerablemente las aplicaciones del sistema.

1.º Por de pronto los elementos del puente son muy pesados y de muy difícil manejo, y sólo trasportables por vía férrea. Trozos de 10 metros de longitud, y de peso de 10000 y 18000 kilogramos, han de exigir medios excepcionales para la carga, descarga, transporte y movimiento durante la ope-

racon del montaje. Así es que éste no será posible hacerlo, á no ser que la vía férrea llegue hasta la misma orilla del claro que hay que salvar; circunstancia que limita considerablemente las aplicaciones del material.

2.º A la dificultad del montaje se une la del corrimiento, que ha de exigir forzosamente aparatos especiales, pues estando colocada la vía encima de los cuchillos, hay necesidad de hacer descender las vigas despues de corridas hasta que su parte superior venga al nivel del terreno, como lo hemos hecho con los largueros del sistema que proponemos (figs. 9' y 10', lám. 5). Esta operacion, que no ofrece dificultad en el caso nuestro por tratarse de pequeñas vigas tubulares de 230 kilogramos de peso por metro lineal, ha de ser muy embarazosa cuando se haya de ejecutar con el puente Marcille, que pesa 1000 á 1800 kilogramos el metro lineal, es decir, de cinco á ocho veces más.

Además, durante el corrimiento, el trabajo del metal es muy considerable y se necesitan grandes contrapesos en la cola adicionada al puente para equilibrar el gran peso de éste.

3.º Resulta mucha debilidad en las uniones de los trozos de puente, como que toda la materia interrumpida se encuentra en una sola seccion transversal, y toda la resistencia en estos puntos reside exclusivamente en la de los cubrejuntas y bridas. De esta debilidad nace una falta de rigidez en el sistema, sumamente perjudicial por tratarse de cargas en movimiento, productoras de choques que hacen nacer muchas holguras y dislocaciones.

4.º Por último, es un grave defecto la gran variedad de tipos.

Este defecto nace de haber elegido como tipo de viga la doble T de alma llena y seccion constante; pues para no hacer demasiado pesado el sistema ha sido forzoso disminuir las secciones transversales de los cuchillos al mismo tiempo que las luces.

Resumiendo: el sistema Marcille no reúne las condiciones de *ligereza*, *idoneidad para luces diversas*, *pluralidad de usos*, *rigidez*, y *facilidad de corrimiento* que se exigen á un material de puentes portátiles.

*Sistema Eiffel.*—El elemento principal es un triángulo (fig. 8, lám. 7) formado por un hierro en escuadra de  $\frac{80 \times 80}{9}$  como lado mayor, dos

de  $\frac{60 \times 60}{8}$  en los otros dos lados, y un ángulo de  $\frac{60 \times 60}{7}$  normal á la base. El lado base es de 6 metros de longitud, y la altura de 1<sup>m</sup>,5.

Estos elementos, yustapuestos á juntas encontradas, y uniendo los vértices inferiores por medio de barras angulares de  $\frac{93 \times 60}{9}$ , forman una viga de celosía (fig. 10, lám. 7), que se termina en los extremos por medio de otros elementos semitriangulares provistos de un tornapunta angular (fig. 9).

La union de los elementos que acabamos de enumerar se efectúa con pernos.

Las dos vigas de celosía, ó cuchillos, que constituyen el puente, se unen por medio de traveseros de doble T laminada de  $\frac{175 \times 80}{9}$ , que salen al exterior (fig. 12) y llevan en sus extremos los tornapuntas de las vigas.

A estos traveseros se ensamblan con pernos dos filas de viguetas longitudinales y aspas que arriostran horizontalmente el puente. Por último, encima de estas viguetas se coloca el pavimento de tablonés.

La anchura del puente es de 3 metros y el material empleado, el acero. El peso de la parte metálica, por metro lineal de puente, es de 250 kilogramos.

Después de haber armado todo el puente en la orilla de partida en prolongacion del obstáculo que hay que salvar, se verifica el corrimiento sobre rodillos de fundicion, cargando la cola del puente con contrapesos y colocando una proa postiza en la parte anterior de las vigas.

El tipo que acabamos de describir, á que llama Mr. Eiffel *tipo militar*, sirve para luces de 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 27 metros, (si bien el autor aconseja no exceder de 24 metros), y para el paso de infantería formada de á cuatro.

El momento de inercia de la seccion transversal de los dos cuchillos, descontando los agujeros de 35 milímetros para el paso de los pernos, es

$$I = 0,004388; \quad \text{y} \quad \frac{I}{v} = 0,005624.$$

De la fórmula  $\frac{RI}{v} = \frac{1}{8} pl^2$ , haciendo  $R = 12$  kilogramos por milímetro cuadrado, se deduce que  $p$  carga total por metro lineal de puente es

|                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| para $l = 15$ metros. . . . . | $p = 2400$ kilogramos |
| 20 metros. . . . .            | 1348 id.              |
| 25 metros. . . . .            | 863 id.               |
| 30 metros. . . . .            | 599 id.               |

Teniendo en cuenta que el peso de la parte metálica del puente es de 250 kilogramos por metro lineal, y añadiendo otros 50 kilogramos que corresponden al piso de tablas, se deduce que para tener la sobrecarga útil que puede sufrir el puente por metro lineal, hay que restar 300 kilogramos. Resulta así lo siguiente:

| Luces. | Sobrecarga por metro lineal de puente. | Sobrecarga por metro cuadrado. |
|--------|----------------------------------------|--------------------------------|
| 15     | 2100                                   | 700                            |
| 20     | 1048                                   | 349                            |
| 25     | 563                                    | 187                            |
| 30     | 299                                    | 99                             |

Durante el corrimiento, el coeficiente de trabajo por extension y compression, deducido de la fórmula  $\frac{1}{2} p l^2 = \frac{R I}{\nu}$  es:

|                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| para $l = 15$ metros. . . . . | $R = 4,60$ kilogramos |
| 20 metros. . . . .            | 8,18 id.              |
| 25 metros. . . . .            | 12,75 id.             |
| 30 metros. . . . .            | 18,40 id.             |

*Discussion.* Los elementos de que se compone el puente son bastante ligeros; los más pesados son los elementos triangulares, de 147 kilogramos, y los traveseros doble T, de 116,10 kilogramos.

El número de elementos diferentes para organizar un puente Eiffel es de nueve, sin contar los pernos que son de dos clases distintas. Un puente de 21 metros consta de 101 elementos y 158 pernos: el de 24 metros, de 110 elementos y 180 pernos.

El sistema Eiffel goza en bastante grado de las condiciones de ligereza, idoneidad para luces diversas y facilidad de corrimiento; no así de la pluralidad de usos y rigidez.

En efecto: si bien presenta el autor otros muchos tipos (\*) dentro de la misma idea, ninguno conviene para vía férrea, y todo lo más pueden ser utilizados para las pequeñas vías férreas Decauville, ó vías estrechas, de poca potencia, de campaña. Tampoco sirve el tipo llamado militar para luces mayores de 24 metros.

En cuanto á la importante condicion de *rigidez*, si bien es cierto que la presenta en mucho mayor grado que el puente Mareille, por el mayor enlace de los elementos, y sobre todo que el sistema Cottrau que describiremos á continuacion, no lo es tanto como debiera exigirse, debido á que los pernos que efectúan la union de los elementos diversos tienen una cierta holgura inevitable dentro de los orificios correspondientes, holgura que irá creciendo con el uso, atendiendo á que dichos pernos trabajan por esfuerzo cortante.

*Sistema Cottrau ó politetragonal.* El ingeniero civil italiano M. Alfredo Cottrau, ha creado un material de puentes portátiles de acero, á que ha dado el nombre de politetragonal, á causa, sin duda, de la forma rectangular de los elementos constitutivos, que son los que á continuacion describimos.

*Elemento A.* Es el elemento principal (fig. 14, lam. 8), y está formado por un marco rectangular (de hierro angular de  $\frac{80 \times 80}{8}$ ) cuyo lado mayor es de 1<sup>m</sup>,875 de longitud, y el menor de 1<sup>m</sup>,250, y dos hierros de ángulo segun las diagonales, de  $\frac{58 \times 58}{5}$ .

Las caras planas de los hierros angulares están provistas de orificios numerosos para el paso de los pernos de union, que permiten la yustaposicion ó superposicion de estos elementos para formar las vigas ó cuchillos del puente. El peso del elemento A es de 100 kilogramos.

---

(\*) 1.º Tipo para luces de 27 metros. Triángulos de 6 metros de base por 2 metros de altura: resiste 500 kilogramos de sobrecarga por metro lineal.

2.º Para grandes vías de comunicacion: luz máxima 24 metros. Triángulos de 4<sup>m</sup>,24 de base por 2<sup>m</sup>,12 de altura, con cuatro filas de largueros. Anchura del puente, 4 metros. Resiste 300 kilogramos de sobrecarga por metro cuadrado de piso.

3.º Para pequeñas vías férreas de campaña:

(a) Hasta 10 metros luz. Triángulos de 2<sup>m</sup>,62 base por 1 metro de altura.

(b) Hasta 22 metros luz. Triángulos de 4<sup>m</sup>,24 de base por 2<sup>m</sup>,12 de altura. Ambas son capaces de dar paso á pequeñas locomotoras de 10 á 12 toneladas.

*Elemento B.* Plano de 5 metros de longitud, siendo su sección trasversal de  $210 \times 6,5$  milímetros (fig. 15). Pesa 47 kilogramos.

Se emplea para reforzar las vigas formadas por varios elementos *A* unidos, fijándose por medio de pernos en las caras superiores ó inferiores, á modo de tablas.

*Elemento C.* Hace las veces de cubrejunta, y llena esta misión para el empalme de los elementos *B*, ó de los elementos *A* cuando aquéllos no se usan. Tiene 1 metro de longitud, é igual sección trasversal que el elemento *B* (fig. 16); pesa 10 kilogramos.

Con estos tres elementos unidos por medio de pernos, se pueden formar numerosos tipos de vigas y de puentes, empleándose los elementos *A* y *C* también para formar los arriostramientos verticales y horizontales necesarios. He aquí las combinaciones principales:

1.º *Vigas formadas con un solo piso de elementos A.*

(a) Cada viga formada de una sola fila de elementos *A* con el lado menor ( $1^m, 250$ ) vertical.

(b) Cada viga formada con una sola fila de elementos *A* con el lado mayor vertical ( $1^m, 875$ ). Las figuras 17, 18 y 19 de la lámina 8, representan la proyección vertical, planta y corte del puente.

(c) Cada viga formada de dos filas de elementos *A*, yustapuestas por las caras planas, con ninguno, uno ó más elementos *B* á guisa de tablas. Figuras 22, 23 y 24 de la lámina 8.

Esta combinación se subdivide en otras muchas, según que los elementos *A* se coloquen con el lado mayor horizontal ó vertical, y según el número de tablas ó elementos *B* que se empleen.

(d) Cada viga formada de cuatro filas de elementos *A*, yustapuestos de dos en dos, con varios elementos *B* á guisa de tablas. También dá origen á muchas combinaciones.

2.º *Vigas formadas con dos pisos de elementos A.*—Las vigas están formadas de elementos *A* yustapuestos y superpuestos en dos pisos, con más ó ménos tablas.

Las filas de elementos *A* que entran en la composición de cada viga, pueden ser dos ó cuatro.

La figura 28 de la lámina 8, representa vigas de dos pisos (con elementos *A* con el lado mayor vertical), componiéndose cada viga de dos filas y cuatro tablas ó elementos *B* en las cabezas.

Pueden armarse vigas de muy diversa resistencia, aumentando el número de filas de elementos *A*, y el número de capas de elementos *B* que se desee.

3.º *Vigas formadas con tres pisos de elementos A.*—Dan lugar también á numerosas combinaciones.

Resulta de lo expuesto, que pueden formarse vigas de la resistencia que se quiera, y por lo tanto puentes, ya para vía ordinaria, ya para vía férrea, de luces variables. El autor pretende construir puentes de vía férrea hasta de 65 metros de luz, capaces de soportar 3500 kilogramos de sobrecarga por metro lineal de vía; pero el límite práctico de luz á que es aplicable el sistema, es mucho más bajo.

La resistencia del puente depende de los valores de  $I$  é  $\frac{I}{\nu}$  de las secciones transversales de las vigas. En la determinación del valor de  $I$ , hay que cuidar de descontar el orificio ú orificios para el paso de pernos, que un plano vertical transversal á la viga puede encontrar; y esta resta es muy importante, pues se llega á disminuir mucho por este concepto el valor de  $I$  y de  $\frac{I}{\nu}$ .

Con objeto, pues, de poder examinar con exactitud la resistencia que ofrecen las diversas combinaciones de elementos *A* y *B*, hemos formado la tabla número 7, que contiene los valores de  $I$  é  $\frac{I}{\nu}$ , descontando ó nó los orificios de los pernos.

Muchos ingenieros que se han ocupado del sistema Cottrau, no han tenido en cuenta lo que se debilitan los elementos *A* por los taladros para el paso de los pernos, y de aquí el que hayan obtenido valores demasiado grandes para las sobrecargas que pueden resistir los tipos diversos del sistema.

La tabla número 8 está formada sobre la base de la 7, y dá las cargas total ( $P$ ), y por metro lineal ( $p$ ), que son capaces de soportar los principales tipos aplicables á vía ordinaria, para un coeficiente de trabajo de 12 kilogramos por milímetro cuadrado.

Los valores de  $P$  y  $p$  los hemos deducido de las fórmulas

$$\frac{R I}{\nu} = \frac{1}{8} P l$$

$$P = p l$$

El corrimiento de los puentes Cottrau se opera sobre rodillos, del modo ya indicado para los sistemas Marcille y Eiffel. Se necesitan grandes contrapesos para equilibrar el peso del puente todo armado, que es muy considerable.

El autor ha formado una tabla, resúmen de los diversos tipos que según él pueden emplearse, de las cargas, esfuerzos, pesos, número de elementos, etc., correspondientes á puentes para vía férrea ó vía ordinaria.

De ella extractamos los datos correspondientes á algunos tipos, con objeto de dar una idea del sistema.

*Puentes para caminos ordinarios.*

| Indicacion del tipo. | Luz en metros. | CARGA EN KILOGRAMOS PARA EL CALCULO. |                       | TRABAJO MAXIMO DEL METAL EN KILOGRAMOS POR MILIMETRO CUADRADO. |                | NUMERO DE ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL PUENTE. |     |    |         | Longitud total del puente en metros. | PESO APROXIMADO DE LA PARTE METALICA EN KILOGRAMOS |                   |
|----------------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|-----|----|---------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|
|                      |                | Peso permanente.                     | Sobrecarga de prueba. | En las tablas.                                                 | En la celosia. | A.                                             | B.  | C. | Pernos. |                                      | Total.                                             | Por metro lineal. |
| 1 15                 |                | 352                                  | 734                   | 10,80                                                          | 6,80           | 27                                             | »   | 36 | 664     | 16,87                                | 3392                                               | 202               |
| 2 20                 |                | 650                                  | 2230                  | 17,00                                                          | 12,05          | 66                                             | 44  | 68 | 4240    | 22,50                                | 11183                                              | 497               |
| 7 30                 |                | 790                                  | 1893                  | 17,00                                                          | 15,00          | 131                                            | 104 | 64 | 6375    | 32,50                                | 26000                                              | 693               |
| 7 40                 |                | 860                                  | 1380                  | 17,00                                                          | 14,50          | 171                                            | 204 | 28 | 8390    | 42,50                                | 31163                                              | 733               |

*Para vias férreas.*

|       |  |      |      |       |       |      |      |     |       |       |        |      |
|-------|--|------|------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|--------|------|
| 16 30 |  | 1420 | 3245 | 17,00 | 9,40  | 235  | 228  | 40  | 10770 | 32,50 | 40000  | 1230 |
| 16 30 |  | 1460 | 4000 | 12,30 | 11,04 | 235  | 252  | 48  | 10770 | 32,50 | 41210  | 1268 |
| 17 40 |  | 1540 | 4000 | 11,10 | 14,90 | 342  | 252  | 228 | 17970 | »     | 57240  | 1346 |
| 18 50 |  | 2780 | 3710 | 10,80 | 10,40 | 844  | 550  | 472 | 42160 | 52,50 | 156050 | 2090 |
| 19 65 |  | 3500 | 3500 | 11,20 | 10,20 | 1488 | 1000 | 120 | 53240 | 67,50 | 223620 | 3313 |

Del exámen de esta tabla se deduce, desde luego, el gran número de elementos que entran en la composicion de esta clase de puentes, así como los elevados coeficientes de trabajo que resultan.

El puente para vía ordinaria, de 30 metros de luz, emplea 299 elementos *A*, *B* y *C*, y 6375 pernos.

El de vía férrea de igual luz, 535 elementos y 10.770 pernos.

El de 50 metros, 1866 elementos y 42.160 pernos; y, finalmente, el de 65 metros de luz, 2608 elementos y 53.240 pernos, y pesa 223.620 kilogramos.

*Discusion.* El sistema Cottrau es el primero de todos los conocidos en punto á sencillez. Con tres elementos tan sólo, pueden ser construidos numerosos tipos; y el peso de cada uno de los elementos es tan reducido, que permite el transporte en caballerías, y aún á brazo, con toda facilidad.

Esta ventajosa cualidad está compensada sobradamente, por desgracia, con numerosos defectos que expondremos brevemente.

1.º Precisamente la pequeñez de los elementos hace que el número de ellos, para formar una viga y el puente todo, sea muy considerable. Acabamos de ver que un puente de vía ordinaria de 30 metros contenía 299 elementos y 6375 pernos, llegando estas cifras á las enormemente grandes de 2608 y 53.240, respectivamente, para un puente de vía férrea de 65 metros de luz.

Resultan de aquí los graves inconvenientes siguientes:

(a) Como las uniones son numerosísimas y se verifican todas en planos verticales, y como el enlace de los elementos no es suficientemente fuerte, el desquiciamiento del sistema tiene que ser muy grande, por la suma de tanta holgura parcial, cuyas holguras serán cada vez mayores, puesto que los pernos trabajan por esfuerzo cortante y ejercen grandes presiones en los agujeros, agrandándolos.

A la deformacion natural, debida á la elasticidad del material, hay pues que sumar la que resulta del desquiciamiento de las vigas; y esta *falta de rigidez* del sistema trae á su vez, entre otras muchas graves consecuencias, la de repartir de modo muy desigual el trabajo del metal en los elementos semejantes del puente, como lo demostraron hasta la evidencia las experiencias hechas en Castellamare di Stabbia en 24 de Agosto de 1884.

Se tendió sobre el Sarno un puente Cottrau de 20<sup>m</sup>,50 de luz, cuyas vigas estaban formadas por elementos *A*, con el lado mayor vertical, y una fila de elementos *B*, á modo de tablas.

En la primera experiencia, cargóse el puente con 7900 kilogramos (que ocupaban 7 metros de longitud), en su punto medio.

Medidos, con un micrómetro multiplicador, sistema Castigliano, los coeficientes de trabajo por compresion y por extension en las tablas de las dos vigas (elementos *B*), halláronse los resultados siguientes:

|                                          | CUCHILLOS DE    |                 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          | aguas arriba.   | aguas abajo.    |
| Compresion de la tabla superior. . . . . | 2,83 kilogramos | 5,98 kilogramos |
| Extension de la tabla inferior. . . . .  | 7,24 id.        | 3,15 id.        |

En la segunda experiencia se cargó el puente uniformemente, á razon de 905 kilogramos por metro líneal. Hé aquí el esultado:

|                                          | CUCHILLOS DE    |                 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                          | aguas arriba.   | aguas abajo.    |
| Compresion de la tabla superior. . . . . | 3,25 kilogramos | 7,35 kilogramos |
| Extension de la tabla inferior. . . . .  | 10,40 id.       | 4,73 id.        |

Vémos que la compresion en las tablas superiores de los dos cuchillos, en vez de ser iguales como debieran, varian del simple al doble, y lo mismo sucede en cuanto á las extensiones de las tablas inferiores.

Pero aún es más grave lo que sigue: el coeficiente de trabajo teórico, correspondiente á las cargas que se pusieron sobre el puente es  $R = 3,25$  kilogramos para la primera experiencia y  $R = 4,38$  para la segunda; y como hubo esfuerzos efectivos de 7,24 y de 10,40, se deduce que por efecto del desquiciamiento ó falta de rigidez, los coeficientes de trabajo efectivos pueden ser hasta 2,30 veces mayores que los teóricos que se tuvieron en cuenta para el cálculo.

Las consecuencias de tan grave defecto fáciles son de prever.

(b) El gran número de elementos y pernos hace muy prolija la operacion del montaje. No es tarea fácil la de colocar y asegurar tantos millares de pernos. Por esta razon los tipos de vía férrea, especialmente de 40 á 65 metros de luz, los encontramos muy poco prácticos: la operacion de colocar en su sitio 53.240 pernos que este último necesita, ha de ser bien lenta.

2.º Los pernos todos trabajan por esfuerzo cortante, y esto es un defecto que debe evitarse.

3.º La superposicion de elementos *A*, para formar vigas de dos y tres pisos, con objeto de componer vigas de mucha altura en las cuales el momento de inercia de la seccion transversal sea grande, es antimecánica. El metal resulta mal repartido con relacion á la capa de fibras néutras, porque una parte de él, dispuesta para trabajar por extension ó compresion debidas al momento de flexion, queda á muy pequeña distancia de dicha capa de fibras.

4.º En este sistema, como en el Marcille y Eiffel, hay que armar todo el puente y correrlo de una vez. Esta operacion ha de ser muy difícil en vista de los pesos enormes que hay que mover.

|                                          |         |            |
|------------------------------------------|---------|------------|
| El puente de 30 metros luz pesa. . . . . | 41.210  | kilógramos |
| El id. de 40 id. . . . .                 | 57.240  | »          |
| El id. de 50 id. . . . .                 | 156.050 | »          |
| El id. de 60 id. . . . .                 | 223.620 | »          |

Estos considerables pesos exigen, para ser movidos, mucho tiempo y poderosos medios auxiliares que no son para campaña.

5.º Como consecuencia de la mala organizacion de las vigas cuando se emplean los elementos *A* en dos y tres pisos, el peso del puente es mucho mayor que el de los de igual luz, de hierro laminado, que se construyen con carácter permanente en las vías férreas. Lo contrario debiera suceder, pues que se emplea el metal acero, y se trata de material de campaña que debe reunir en alto grado la condicion de ligereza.

Para probarlo, haremos uso de las acreditadas fórmulas y tablas del distinguido ingeniero francés Mr. Croizette-Desnoyers, que se refieren al *hierro laminado*.

| LUCES.    | PESO POR METRO LINEAL.           |                                                                                   |
|-----------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|           | De los puentes de acero Cottrau. | De los puentes de hierro laminado, segun las fórmulas de Mr. Croizette-Desnoyers. |
| 40 metros | 1346 kilógramos                  | 1884 kilógramos                                                                   |
| 50 »      | 2090 »                           | 2305 »                                                                            |
| 65 »      | 3313 »                           | 2965 »                                                                            |

Segun puede verse, para 50 metros de luz son próximamente iguales los pesos; y para 65 metros, el puente Cottrau tiene mucho más peso que lo que en la práctica se admite, á pesar de ser de acero.

Si á esto se agrega que segun dice Mr. Croizette-Desnoyers «los valores de la tabla, suficientes para un anteproyecto, deben considerarse *como límites superiores* de los que no hay que exceder en el proyecto definitivo» se deduce en consecuencia el excesivo peso de los puentes del sistema Cottrau, para luces mayores de 30 metros, defecto nacido de la demasiada pequeñez de los elementos, y de la necesidad de agruparlos de modo antimecánico para la formacion de grandes vigas.

*Comparacion del sistema que se propone en este proyecto con los tipos Marcille, Eiffel y Cottrau.* La necesidad de dividir el puente en elementos transportables que puedan armarse y desarmarse fácilmente, impone el empleo del perno, en vez del roblon, para verificar las uniones.

La rigidez que dá al conjunto el roblon, es mucho mayor que la que procura el perno: la comparacion no es posible siquiera.

Pero ya que nos veamos forzados á aceptar los pernos como medio de union, es preciso evitar sus inconvenientes, graves en muchas ocasiones, que vamos á exponer á continuacion.

Los orificios abiertos en los diversos elementos para el paso de los pernos, tienen que ser forzosamente de diámetro superior al de éstos: primero, para que puedan entrar sin que se estropeen los filetes de la parte roscada; segundo, por la dificultad de obtener una perfecta coincidencia en los orificios correspondientes de los elementos que se yustaponen ó superponen, dificultad tanto mayor cuanto que se trata de elementos que pueden cambiar de lugar entre sí y ocupar un lugar cualquiera entre los de su especie en el puente.

Como las holguras entre los pernos y orificios dan lugar á los desfavorables y aun peligrosos resultados que hemos consignado al hablar del sistema Cottrau, es preciso evitarlas á todo trance; y esto puede y debe conseguirse:

- 1.º Dando longitud suficiente á los elementos que se empalman, enlazándolos á juntas encontradas y procurando evitar todo desplazamiento en sentido vertical independientemente de la accion de los pernos.

- 2.º Haciendo que los pernos no trabajen por esfuerzo cortante.

Estas cualidades se encuentran satisfechas en el sistema que proponemos en este proyecto, y no lo están en los demás sistemas. Los elementos  $A$  de 5 metros de longitud, se unen á juntas encontradas; y tanto en las uniones verticales de dos elementos contiguos de la misma fila, como en la union lateral de los que se yustaponen, hay un engranaje tal, merced á la disposicion  $K$  (figuras 1 y 6 de la lámina 1) y á los hierros  $\delta$  (figuras 1' y 3), que se hace imposible tódo desplazamiento vertical independientemente de los pernos, y estos se encuentran descargados; es decir, que no trabajan por esfuerzo cortante, sino por la traccion que resulta al apretar la tuerca.

Las holguras entre perno y orificio, no son, pues, de temer en nuestro sistema; los pernos trabajan de modo racional, y no tienen otra mision que la de mantener en contacto los elementos que componen el puente; y la condicion *rigidez*, á que tantísima importancia debe darse segun hemos visto, queda perfectamente satisfecha.

En el sistema Marcille todas las uniones se hacen en un plano vertical. Cosa parecida sucede en los puentes Cottrau; y en éstos, como en el Eiffel, los pernos trabajan por esfuerzo cortante.

Una de las operaciones más delicadas en la construccion de un puente es la de su corrimiento, especialmente cuando se trata de vías férreas y grandes luces. En efecto; hay que poner en movimiento grandes pesos, y el trabajo del metal es muy grande durante la operacion, lo cual es preciso evitar cuanto se pueda, pues que se trata de puentes que están destinados á ser corridos y levantados frecuentemente.

Las dificultades del corrimiento, ya enunciadas en otro lugar de esta memoria, aumentan para los puentes de un solo tramo; y para lanzarlos se apela, por los autores de los sistemas que estamos comparando, al uso de contrapesos grandes y de proas, ó colas.

El sistema que proponemos ofrece muchas más facilidades para el corrimiento de los puentes de vía férrea que los demás, y tambien proporciona medios para que el metal no padezca durante la operacion.

Supongamos, por ejemplo, que el claro que ha de salvarse es de 40 metros de luz.

Con el tipo Marcille el puente constará de cuatro grandes trozos de 18000

kilógramos cada uno, de modo que el peso total que hay que correr es de 72000 kilógramos.

El tipo Cottrau de la tabla anterior correspondiente á esta luz, pesa 57240 kilógramos.

En nuestro sistema habrá que correr solamente un larguero de uno de los cuchillos, cuyo peso, á razon de 230 kilógramos por metro lineal, es de 9200 kilógramos.

Además, como se puede armar por la parte superior, el metal trabajará por el corrimiento ménos que cuando, puesto en obra, se halle sujeto á la accion de las cargas móviles.

A medida que consideremos luces mayores, la diferencia de pesos que hay que mover es mayor.

Hecha la comparacion, en general, de los sistemas, vamos á particularizar ciñéndonos especialmente al sistema Cottrau y al Eiffel.

*Comparacion del sistema propuesto con el de M. Cottrau.* Empezaremos por establecer la comparacion por lo que se refiere al empleo como puentes de vía férrea.

Propongámonos salvar una luz de 30 metros, que es la que ha servido de dato en los cálculos de nuestro sistema, suponiendo que el material era de *hierro laminado*.

El mayor coeficiente de trabajo que hemos empleado es de 9 kilógramos por milímetro cuadrado (para los tirantes); esto equivale á suponer  $R = 12$  en el sistema Cottrau, que es de acero.

La sobrecarga que admitimos para el cálculo de las vigas de nuestro proyecto, equivalia, segun vimos, á un peso medio por mangueta y cuchillo, de 9137 kilógramos, ó sea, puesto que dichas manguetas están espaciadas 5 metros, á un peso de  $\frac{9137}{5} = 1827$  kilógramos por metro lineal de cuchillo.

Esta misma sobrecarga supondremos aplicada á cada viga del sistema Cottrau, para hacer posible la comparacion con el nuestro. Agregando á este número 500 kilógramos como peso del metal, tendremos para carga definitiva en el cálculo  $p = 1827 + 500 = 2327$  kilógramos por metro lineal de cuchillo.

De la fórmula  $\frac{R I}{\nu} = \frac{1}{8} p l^2$  se deduce  $\frac{I}{\nu} = \frac{p l^2}{8 R}$ .

Recordaremos que para hacer posible la comparacion de los dos sistemas, teniendo en cuenta la diferencia de metales, hemos de dar á  $R$ , en el tipo Cottrau, el valor 12, que equivale al de  $R = 9$  para el hierro.

Sustituyendo en la fórmula anterior los valores siguientes:

$$p = 2327$$

$$l = 30$$

$$R = 12 \times 10^6$$

$$\text{se obtiene } \frac{I}{\nu} = 0,021357.$$

Resulta, pues, que la composicion de elementos del sistema Cottrau, para organizar un cuchillo tan resistente como el de nuestro proyecto, ha de ser tal que resulte á su seccion transversal el valor de  $\frac{I}{\nu}$  que precede.

Buscando en la tabla número 7 la viga correspondiente, hallamos que la compuesta de dos órdenes de elementos  $A$  yustapuestos y superpuestos, y de cuatro tablas ó elementos  $B$  de cada lado (fig. 28, lám. 8), es la menor de las que satisfacen al objeto. El valor de  $\frac{I}{\nu}$  correspondiente, es de 0,024436.

Esta es la viga equivalente en resistencia á la del proyecto; el peso del puente construido con estas vigas es de 1350 kilogramos por metro lineal, mientras que el del puente que proponemos es tan sólo de 908 kilogramos (estado número 4). Resulta, por tanto, la notable diferencia de 442 kilogramos por metro lineal en favor del proyecto.

Para luces mayores de 30 metros continúa siendo ventajoso, en lo relativo al peso, el empleo de los puentes que proyectamos. Cierta es que los pesos han de crecer con las luces dentro de cada sistema; pero en el sistema Cottrau el crecimiento es mayor que en el sistema que proponemos (\*), como lo demuestran los siguientes datos:

---

(\*) El capitán de ingenieros italiano E. Rochi, en un estudio que con el título de *I ponti portatili e il loro impiego in campagna*, publicó la *Rivista di artiglieria e genio*, llega á una conclusion diametralmente opuesta.

Prescindiendo de varios errores de cálculo que comete, y que no es de este lugar consignar, deduce que para luces de 30, 36, 42, 48, 54, 60 metros, en puentes del sistema que proponemos, los crecimientos de peso están en la relacion de 1,

Peso del puente Cottrau para 65 metros de luz por metro lineal, 3313 kilogramos.

Peso del puente que proyectamos para igual luz por metro lineal, 1500 á 2000 kilogramos.

Además de las ventajas grandes que el sistema que proponemos tiene sobre el de Cottrau, y que en detalle hemos expuesto, no debe olvidarse que el número absoluto de elementos y pernos necesarios para la organización de un puente es en el segundo sistema mucho mayor que en el primero.

Para una luz de 30 metros, el sistema Cottrau exige 535 elementos y 10.770 pernos, mientras que en nuestro sistema son suficientes 270 elementos y 2312 pernos como máximo (1672 como mínimo.)

La diferencia es más sensible todavía para luces mayores. En la de 65 metros, el tipo Cottrau contiene 2608 elementos y 53.240 pernos, mientras que

1,37, 1,818, 2,307, 2,86 y 3,47 respectivamente. Para llegar á estos resultados supone: primero, que el sistema propuesto es de hierro, siendo así que debe emplearse el acero; segundo, que el mismo tipo proyectado para 30 metros, ha de servir para 60, lo cual no es cierto, pues de 41 á 60 metros proponemos otro modelo de cuchillos, en los que la altura de los largueros es de 2 metros, y la de las manguetas de 4 metros.

Precisamente en el sistema Cottrau, que preconiza, es en el que estos crecimientos siguen una relacion parecida á la anterior.

En efecto; de la ecuacion  $\frac{I}{v} = \frac{p}{8R} l^2$ , y para valores de  $p$  mucho menores que los que nosotros consideramos, pues corresponden al paso de un tren compuesto de una locomotora de 30 toneladas y vagones de 8 toneladas, deduce para  $\frac{I}{v}$  los valores siguientes:

$$l = \begin{array}{cccc} 30 & 40 & 50 & 60 \end{array}$$

$$\frac{I}{v} = \begin{array}{cccc} 0,021172 & 0,0335 & 0,055468 & 0,075150 \end{array}$$

á los cuales corresponden (descontando los taladros para el paso de los pernos, lo cual no hace Rochi) las vigas de la tabla número 7, siguientes, con los pesos que se consignan al pié (pesos de un cuchillo por metro lineal)

| tipos | $r$ | $u$ | $c'$ | $e'$ |
|-------|-----|-----|------|------|
|       | 476 | 883 | 1336 | 1428 |

cuyos pesos guardan con las luces las relaciones siguientes:

| 30 metros | 40 metros | 50 metros | 60 metros |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1         | 1,85      | 2,71      | 3         |

Al sistema Cottrau, es, pues, al que corresponde aplicar las observaciones de Rochi.

en el sistema que proyectamos sólo entrarían 550 de los primeros y 4624 de los segundos.

Pasemos á comparar los tipos correspondientes á vías ordinarias, del sistema Cottrau y del proyecto.

Los valores de  $\frac{I}{\nu}$  de un cuchillo, en los tipos 1.º, 2.º y 3.º que proponemos, son:

|               |                   |        |
|---------------|-------------------|--------|
| 1.º . . . . . | $\frac{I}{\nu} =$ | 0,0023 |
| 2.º . . . . . |                   | 0,0037 |
| 3.º . . . . . |                   | 0,0074 |

Las vigas del sistema Cottrau cuyos valores de  $\frac{I}{\nu}$  se aproximan, por defecto, á los anteriores, son (Tabla 7)

|                                          |                   |          |
|------------------------------------------|-------------------|----------|
| Tipo <i>f</i> (fig. 21, lám. 8). . . . . | $\frac{I}{\nu} =$ | 0,001873 |
| Tipo <i>g</i> (fig. 23). . . . .         |                   | 0,003746 |
| Tipo <i>c</i> (fig. 22). . . . .         |                   | 0,004180 |
| Tipo <i>i</i> (fig. 24). . . . .         |                   | 0,005850 |

El tipo *f* será de menor resistencia que el tipo 1.º del proyecto (por tener  $\frac{I}{\nu}$  menor): el tipo *g*, es equivalente al 2.º, y el tipo *i*, ménos resistente que el 3.º Y sin embargo, los pesos de metal por metro lineal de puente son menores en los tipos que proponemos (figs. 25, 26 y 27, lám. 8), que en los semejantes de Cottrau, como lo hace ver el siguiente cuadro:

|   |                         | Peso de la parte metálica por metro lineal de puente. |   |
|---|-------------------------|-------------------------------------------------------|---|
| { | Tipo <i>f</i> . . . . . | 300 kilogramos                                        | { |
|   | Tipo 1.º . . . . .      | 200    »                                              |   |
| { | Tipo <i>g</i> . . . . . | 550    »                                              | { |
|   | Tipo 2.º . . . . .      | 250    »                                              |   |
| { | Tipo <i>i</i> . . . . . | 600    »                                              | { |
|   | Tipo 3.º . . . . .      | 550    »                                              |   |

Las diferencias de peso, en favor de nuestro sistema, son respectivamente de 100, 300 y 50 kilogramos respectivamente.

Si se hace la comparacion en lo que se refiere á las cargas que pueden

resistir por metro lineal, el resultado es tambien favorable á los tipos que proponemos. La tabla núm. 9 lo hace ver así, á pesar de haber tomado para coeficiente de trabajo en los tipos propuestos, 9 kilogramos por milímetro cuadrado, mientras que en las vigas Cottrau y Eiffel hemos hecho  $R=12$  kilogramos para la determinacion de las sobrecargas.

Esta tabla núm. 9, demuestra tambien las ventajas de rigidez y sencillez que nuestro sistema reúne.

Para un puente de 30 metros de luz, por ejemplo, hé aquí el número de elementos y de pernos que entran en la composicion de los tipos equivalentes:

|                                  | Número<br>de elementos. | Número<br>de pernos.         |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| { Tipo <i>f</i> de Cottrau.. . . | 184                     | 1910                         |
| { Tipo 1.º del proyecto. . .     | 52                      | } 803 máximo<br>569 mínimo   |
| { Tipo <i>g</i> de Cottrau.. . . | 330                     | 6015                         |
| { Tipo 2.º del proyecto. . .     | 76                      | } 923 máximo<br>689 mínimo   |
| { Tipo <i>i</i> de Cottrau.. . . | 279                     | 6375                         |
| { Tipo 3.º del proyecto. . .     | 174                     | } 2148 máximo<br>1568 mínimo |

Estos números demuestran elocuentemente la mayor sencillez y facilidad de montaje del sistema que proponemos.

En la tabla núm. 9 hemos reunido todos los datos necesarios para la comparacion, por cuyo motivo no insistiremos más en ello.

*Comparacion del sistema propuesto con el de M. Eiffel.* El puente Eiffel ántes descrito, estimable por cierto, no es aplicable á vías férreas; no tendremos, por lo tanto, que ocuparnos en la comparacion más que en los tipos para vía ordinaria. He aquí, en resúmen, las ventajas que el sistema del presente proyecto tiene sobre el de M. Eiffel.

1.º El número de elementos distintos es solamente de 5, mientras que el Eiffel es de 9.

2.º Se cumple mejor con los tipos del proyecto, la condicion de pluralidad de usos.

3.º Hay mayor rigidez, y los pernos no trabajan por esfuerzo cortante.

4.º Permite luces hasta de 40 metros. El límite superior es de 27 metros en el sistema Eiffel.

La tabla núm. 9 permite terminar la comparación de los dos sistemas.

Por todo lo expuesto, creemos que el sistema de puentes portátiles para vías ordinarias y férreas que proponemos, ha de ser de utilidad. La práctica hará ver lo que hubiese de aventurado en este aserto.

— 0 22 22 22 —

TABLA NÚM. 1.

**NÚMERO de pernos necesarios para la formación de los diversos elementos de puente que se proponen.**

|                                                                     | Máximo. | Mínimo.           |
|---------------------------------------------------------------------|---------|-------------------|
| UNION DE CADA ELEMENTO A CON LOS IGUALES QUE LE ESTAN YUSTAPUESTOS. |         |                   |
| Lados horizontales. . . . .                                         | 18      | 10 <sup>(1)</sup> |
| Cubrejuntas de los nervios verticales. . . . .                      | 12      | 12                |
| Barras inclinadas. . . . .                                          | 6       | »                 |
| <i>Total.</i> . . . . .                                             | 36      | 22                |
| UNION VERTICAL DE DOS ELEMENTOS A CONTIGUOS.                        |         |                   |
| Lado vertical. . . . .                                              | 5       | 3                 |
| Cubrejuntas de los lados horizontales. . . . .                      | 12      | 12                |
| <i>Total.</i> . . . . .                                             | 17      | 15                |
| EXTREMO DEL LARGUERO ( <i>elemento A''</i> ).                       |         |                   |
| Union con las fajas verticales. . . . .                             | 8       | 8                 |
| MARCO DE ARRIOSTRAMIENTO. . . . .                                   | 4       | 4                 |
| MANGUETA COMPLETA.                                                  |         |                   |
| Parte superior <sup>(2)</sup> . . . . .                             | 12      | 12                |
| Dos marcos de arriostramiento. . . . .                              | 8       | »                 |
| (Poniendo un solo marco). . . . .                                   | »       | 4                 |
| <i>Total.</i> . . . . .                                             | 20      | 16                |

(1) No poniendo los pernos  $m - m' - m''$ .

(2) Como en el sitio en que se coloca mangueta el cubrejunta se sustituye con los hierros angulares de la parte superior de aquélla, habrá que descontar de la suma un número de pernos igual á  $6n$ , siendo  $n$  el número de manguetas que entren en la organización del puente.

**NUMERO de pernos y de elementos necesarios para el**

| NÚMERO DE PERNOS.      |                                                                              | PUENTES PARA VÍA FÉRREA |       |       |       |       |       |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        |                                                                              | LUZ.                    |       |       |       |       |       |
|                        |                                                                              | 30m                     |       | 25m   |       | 20m   |       |
|                        |                                                                              | Máx.º                   | Min.º | Máx.º | Min.º | Máx.º | Min.º |
| Para un<br>cuchillo    | Yustaposicion de elementos A. . . . .                                        | 432                     | 242   | 360   | 220   | 288   | 176   |
|                        | Juntas verticales. . . . .                                                   | 510                     | 450   | 442   | 390   | 374   | 330   |
|                        | Manguetas. . . . .                                                           | 100                     | 80    | 80    | 60    | 60    | 48    |
|                        | Extremos de larguero (elementos A'').. . . .                                 | 16                      | 16    | 16    | 16    | 16    | 16    |
|                        | Arriostramientos. . . . .                                                    | 104                     | 104   | 88    | 88    | 72    | 72    |
|                        | <i>Suma. . . . .</i>                                                         | 1162                    | 852   | 986   | 774   | 810   | 642   |
|                        | Descontando los pernos de los cubrejuntas sustituidos por manguetas. . . . . | 30                      | 30    | 24    | 24    | 18    | 18    |
|                        | <i>Total para un cuchillo. . . . .</i>                                       | 1132                    | 822   | 962   | 750   | 792   | 624   |
| Para todo<br>el puente | Dos cuchillos. . . . .                                                       | 2264                    | 1624  | 1924  | 1500  | 1584  | 1248  |
|                        | Arriostramientos. . . . .                                                    | 48                      | 48    | 40    | 40    | 32    | 32    |
|                        | <i>Total para todo el puente. . . . .</i>                                    | 2312                    | 1672  | 1964  | 1540  | 1616  | 1280  |
| NÚMERO DE ELEMENTOS.   |                                                                              |                         |       |       |       |       |       |
| Para todo<br>el puente | Elementos A. . . . .                                                         | 44                      |       | 36    |       | 28    |       |
|                        | — A' . . . . .                                                               | 8                       |       | 8     |       | 8     |       |
|                        | — A'' . . . . .                                                              | 8                       |       | 8     |       | 8     |       |
|                        | — B. . . . .                                                                 | 48                      |       | 40    |       | 32    |       |
|                        | — B' . . . . .                                                               | 8                       |       | 8     |       | 8     |       |
|                        | — C. . . . .                                                                 | 20                      |       | 16    |       | 12    |       |
|                        | — D. . . . .                                                                 | 30                      |       | 24    |       | 18    |       |
|                        | — F. . . . .                                                                 | 20                      |       | 16    |       | 12    |       |
| — G. . . . .           | 84                                                                           |                         | 70    |       | 56    |       |       |
|                        | <i>Total. . . . .</i>                                                        | 270                     |       | 226   |       | 172   |       |



**CUBICACION y peso de los diversos**

|                                                                      |                       |                                             |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|
| <p><i>Elemento A.</i> . . . . .<br/>(Marco ó telar de larguero.)</p> | <p>Marco. . . . .</p> | Escuadras. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Idem. . . . .                               |
| <p><i>Elemento A'.</i> . . . . .<br/>(Marco suplementario)</p>       | <p>Marco. . . . .</p> | Cantoneras de hierro planõ. . . . .         |
|                                                                      |                       | Idem. . . . .                               |
| <p><i>Elemento A''.</i> . . . . .<br/>(Extremo de larguero)</p>      | <p>Marco. . . . .</p> | Cubrejuntas. . . . .                        |
|                                                                      |                       | Idem. . . . .                               |
| <p><i>Elemento B.</i> . . . . .</p>                                  | <p>Alma. . . . .</p>  | Planos. . . . .                             |
|                                                                      |                       | Angulares. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 18 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Suplementos 6' (fig. 5, lám. 1).. . . . .   |
|                                                                      |                       | Escuadras. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Suplementos B (fig. 1, lám. 1). . . . .     |
|                                                                      |                       | Idem 8' (fig. 4, lám. 1).. . . . .          |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 20 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Escuadras. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Idem. . . . .                               |
|                                                                      |                       | Cantoneras. . . . .                         |
|                                                                      |                       | Suplementos 6. . . . .                      |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 18 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Escuadras. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Suplementos x. . . . .                      |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 20 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Escuadras. . . . .                          |
|                                                                      |                       | Planos. . . . .                             |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 18 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Plano. . . . .                              |
|                                                                      |                       | Idem. . . . .                               |
|                                                                      |                       | Cabezas de roblon de 20 milímetros. . . . . |
|                                                                      |                       | Plano. . . . .                              |
|                                                                      |                       | Cubrejuntas planos. . . . .                 |

(1) NOTA.—No se cuentan los cinco casquillos de fundicion, que á 2 kilogramos son 10 kilogramos.

NÚM. 3.

elementos de puente que se proponen.

| Número de partes iguales.              | Longitud en metros. | Ancho en milímetros. | Grueso en milímetros. | Seccion en mm. <sup>2</sup> | VOLÚMENES.     |            | PESOS.           |             |             |               |
|----------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------|------------|------------------|-------------|-------------|---------------|
|                                        |                     |                      |                       |                             | Parciales.     | Totales.   | Por unidad       |             | Parciales.  | TOTALES.      |
|                                        |                     |                      |                       |                             |                |            | lineal.          | cúbica.     |             |               |
|                                        |                     |                      |                       |                             | mets. cúbicos. | mets. cúbs | kilógramos.      | kilógramos. | kilógramos. | kilógramos.   |
| 2                                      | 5,00                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 82,50       | 127,67        |
| 2                                      | 1,40                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 23,10       |               |
| 2                                      | 0,26                | 170                  | 6                     | »                           | »              | »          | Peso de una=1,60 | »           | 3,20        |               |
| 2                                      | 0,26                | 170                  | 6                     | »                           | »              | »          | Peso de una=1,30 | »           | 2,60        |               |
| 2                                      | 0,48                | 60                   | 10                    | »                           | »              | »          | 4,67             | »           | 4,48        |               |
| 2                                      | 0,40                | 60                   | 7                     | »                           | »              | »          | 3,27             | »           | 2,62        |               |
| 2                                      | 0,40                | 50×70                | 7                     | »                           | »              | »          | 6,22             | »           | 4,97        |               |
| 40                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 1                | »           | 2,00        |               |
| 4                                      | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de uno=0,55 | »           | 2,20        |               |
| 6                                      | 1,60                | 60×60                | 7                     | 791                         | »              | »          | 6,16             | »           | 41,13       |               |
| 3                                      | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de uno=0,9  | »           | 2,70        | 47,19         |
| 2                                      | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de uno=0,5  | »           | 1,00        |               |
| 44                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | 5,90             | »           | 2,36        |               |
| <b>Peso de un elemento A. . . . .</b>  |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | <b>174,86</b> |
| 2                                      | 2,50                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 41,25       | 73,15         |
| 2                                      | 1,40                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 23,10       |               |
| 2                                      | 0,26                | 170                  | 6                     | »                           | »              | »          | Peso de una=1,60 | »           | 3,20        |               |
| 2                                      | 0,26                | 170                  | 6                     | »                           | »              | »          | Peso de una=1,30 | »           | 2,60        |               |
| 4                                      | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de uno=0,55 | »           | 2,20        |               |
| 16                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 5                | »           | 0,80        |               |
| 3                                      | 1,60                | 60×60                | 7                     | 791                         | »              | »          | 6,16             | »           | 20,56       | 23,54         |
| 2                                      | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de uno=0,9  | »           | 1,80        |               |
| 20                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 5,90             | »           | 1,18        |               |
| <b>Peso de un elemento A'. . . . .</b> |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | <b>96,69</b>  |
| 2                                      | 1,25                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 20,62       | 79,78         |
| 2                                      | 1,40                | 80×60                | 8                     | »                           | »              | »          | 8,25             | »           | 23,10       |               |
| 4                                      | 1,23                | 130                  | 6                     | »                           | »              | »          | 6,07             | »           | 29,86       |               |
| 124                                    | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 5                | »           | 6,20        |               |
| 1                                      | 1,25                | 1240                 | 6                     | »                           | »              | »          | 57,95            | »           | 72,43       | 101,56        |
| 1                                      | 1,13                | 330                  | 8                     | »                           | »              | »          | 20,56            | »           | 23,23       |               |
| 100                                    | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 5,90             | »           | 5,90        |               |
| <b>Peso de un elemento A". . . . .</b> |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | <b>181,34</b> |
| 1                                      | 5,00                | 120                  | 11                    | »                           | »              | »          | 10,27            | »           | 51,35       | 55,83         |
| 2                                      | 0,48                | 60                   | 10                    | »                           | »              | »          | 4,67             | »           | 4,48        |               |
| <b>Peso de un elemento B. . . . .</b>  |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | <b>55,83</b>  |

|                                                               |   |                                               |
|---------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------|
| <i>Elemento B'</i> . . . . .                                  | { | Plano. . . . .                                |
|                                                               | } | Cubrejuntas plano. . . . .                    |
| <i>Elemento C<sub>1</sub></i> . . Tirante núm. 1 (completo).. | { | Tirante. . . . .                              |
|                                                               | } | Bridas de empalme. . . . .                    |
| <i>Elemento C<sub>2</sub></i> . . Tirante núm. 2 (id.) . . .  | { | Tirante. . . . .                              |
|                                                               | } | Bridas de empalme. . . . .                    |
| <i>Elemento C<sub>3</sub></i> . . Tirante núm. 3 (id.) . . .  | { | Tirante. . . . .                              |
|                                                               | } | Bridas de empalme. . . . .                    |
| <i>Elemento C<sub>4</sub></i> . . Tirante núm. 4 (id.) . . .  | { | Tirante. . . . .                              |
|                                                               | } | Bridas. . . . .                               |
| <i>Elemento C<sub>5</sub></i> . . Tirante núm. 5 (id.) . . .  | { | Tirante. . . . .                              |
|                                                               | } | Bridas. . . . .                               |
| <i>Elemento D.</i> . . { Pasadores de los extremos de         | { | Pasador cilíndrico. . . . .                   |
| { los cuchillos y de las man-                                 |   |                                               |
| { guetas. . . . .                                             |   |                                               |
| <i>Elemento E.</i> . . Pernos. . . . .                        |   |                                               |
| <i>Elemento F.</i> . . Mangueta. . . . .                      | { | Escuadras. . . . .                            |
|                                                               |   | Cojinete y tornillos con sus tuercas. . . . . |
|                                                               |   | Extremo superior. . . . .                     |
|                                                               |   | Cabeza de roblon de 16 milímetros. . . . .    |
| <i>Elemento G.</i> . . Marco de arriostramiento. . . . .      | { | Escuadras. . . . .                            |
|                                                               |   | Idem. . . . .                                 |
|                                                               |   | Idem. . . . .                                 |
|                                                               |   | Cabezas de roblon de 16 milímetros. . . . .   |

| Número de partes iguales.                             | Longitud en metros. | Ancho en milímetros. | Grueso en milímetros. | Sección en mm. <sup>2</sup> | VOLÚMENES.     |            | PESOS.           |             |             |             |
|-------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------|------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                       |                     |                      |                       |                             | Parciales.     | Totales.   | Por unidad       |             | Parciales.  | TOTALES.    |
|                                                       |                     |                      |                       |                             |                |            | lineal.          | cúbica.     |             |             |
|                                                       |                     |                      |                       |                             | mets. cúbicos. | mets. cúb. | kilogramos.      | kilogramos. | kilogramos. | kilogramos. |
| 1                                                     | 2,50                | 120                  | 11                    | »                           | »              | »          | 10,27            | »           | 25,67       | } 30,15     |
| 2                                                     | 2,48                | 60                   | 10                    | »                           | »              | »          | 4,67             | »           | 4,48        |             |
| <i>Peso de un elemento B' . . . . .</i>               |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 30,15       |
| 8                                                     | 3,42                | 0,06                 | 10,9                  | »                           | »              | »          | »                | »           | 140,88      | } 151,04    |
| 4                                                     | 0,34                | 60                   | 10,9                  | »                           | »              | »          | Peso de una=2,54 |             | 10,16       |             |
| <i>Peso de un tirante núm. 1 . . . . .</i>            |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 151,04      |
| 12                                                    | 3,698               | 60                   | 15,1                  | »                           | »              | »          | 14,13            | »           | 313,68      | } 341,84    |
| 8                                                     | 0,340               | 60                   | 15,1                  | »                           | »              | »          | Peso de una=3,52 |             | 28,16       |             |
| <i>Peso de un tirante núm. 2 . . . . .</i>            |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 341,84      |
| 16                                                    | 3,874               | 60                   | 16,4                  | »                           | »              | »          | 15,35            | »           | 475,20      | } 521,04    |
| 12                                                    | 0,340               | 60                   | 16,4                  | »                           | »              | »          | Peso de una=3,82 |             | 45,84       |             |
| <i>Peso de un tirante núm. . 3 . . . . .</i>          |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 521,04      |
| 20                                                    | 3,996               | 60                   | 14,4                  | »                           | »              | »          | 13,47            | »           | 538,00      | } 591,60    |
| 16                                                    | 0,340               | 60                   | 14,4                  | »                           | »              | »          | Peso de una=3,35 |             | 53,60       |             |
| <i>Peso de un tirante núm. 4 . . . . .</i>            |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 591,60      |
| 24                                                    | 4,078               | 60                   | 8,9                   | »                           | »              | »          | 8,33             | »           | 399,60      | } 440,00    |
| 20                                                    | 0,340               | 60                   | 8,9                   | »                           | »              | »          | Peso de una=2,07 |             | 41,40       |             |
| <i>Peso de un tirante núm. 5 . . . . .</i>            |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 440,00      |
| 1                                                     | 1,250               | diámetro 60          | 60                    | »                           | »              | »          | 22,026           | »           | 27,53       | } 34,53     |
| 2                                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | Peso de una=3,5  |             | 7,00        |             |
| <i>Peso de un pasador con sus tuercas. . . . .</i>    |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 34,53       |
| <i>Peso de uno con su ovalillo y tuerca . . . . .</i> |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 0,464       |
| 4                                                     | 3,350               | 60×60                | 8                     | 896                         | »              | »          | 9,20             | »           | 123,28      | } 159,92    |
| 1                                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | »                | »           | 18,00       |             |
| »                                                     | »                   | »                    | »                     | »                           | »              | »          | »                | »           | 14,00       |             |
| 116                                                   | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 4,00             | »           | 4,64        |             |
| <i>Peso de una mangueta . . . . .</i>                 |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 159,92      |
| 2                                                     | 0,823               | 60×60                | 6                     | 684                         | »              | »          | 5,33             | »           | 8,77        | } 35,94     |
| 2                                                     | 1,150               | 50×50                | 6                     | 564                         | »              | »          | 4,39             | »           | 13,17       |             |
| 2                                                     | 1,550               | 50×50                | 6                     | 564                         | »              | »          | 4,39             | »           | 13,60       |             |
| 10                                                    | »                   | »                    | »                     | »                           | el 100         | »          | 4,00             | »           | 0,40        |             |
| <i>Peso de un marco de arriostamiento . . . . .</i>   |                     |                      |                       |                             |                |            |                  |             |             | 35,94       |

Mangueta completa. . . . . { Elemento *F* de mangueta. . . . .  
 { Pasador inferior (Elemento *D*). . . . .  
 { Marcos de arriostamiento (Elemento *G*)..  
 { Pernos de union (Elemento *E*). . . . .

Elemento *H*. { Arriostramientos verticales }  
 { para los tramos de tablero } Traveseros (doble *T* laminada). . . . .  
 { inferior (puente para vía } Tornapuntas (Escuadras). . . . .  
 { ordinaria). . . . .

Elemento *L*. { Arriostramiento horizontal }  
 { para tramos de tablero in- } Escuadras.. . . . .  
 { ferior. Aspa entre cada dos }  
 { traveseros. . . . .

| Número de partes iguales. | Longitud en metros. | Ancho en milímetros. | Grueso en milímetros. | Sección en mm. <sup>2</sup> | VOLÚMENES.                              |                               | PESOS.                        |                              |                                  |                                |
|---------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|                           |                     |                      |                       |                             | Parciales. —<br>—<br>mets. cúbicos.     | Totales. —<br>—<br>mets. cúb. | Por unidad                    |                              | Parciales. —<br>—<br>kilógramos. | TOTALES. —<br>—<br>kilógramos. |
|                           |                     |                      |                       |                             |                                         |                               | lineal. —<br>—<br>kilógramos. | cúbica. —<br>—<br>kilógramos |                                  |                                |
| 2                         | »                   | »                    | »                     | »                           | »                                       |                               | Peso de uno = 159,92          |                              | 319,84                           | } 429,93                       |
| 1                         | »                   | »                    | »                     | »                           | »                                       |                               | Peso de uno = 34,53           |                              | 34,53                            |                                |
| 2                         | »                   | »                    | »                     | »                           | »                                       |                               | Peso de uno = 35,94           |                              | 71,88                            |                                |
| 8                         | »                   | »                    | »                     | »                           | »                                       |                               | Peso de uno = 0,46            |                              | 3,68                             |                                |
|                           |                     |                      |                       |                             | <i>Peso de una mangueta completa. .</i> |                               |                               |                              |                                  | <u>429,93</u>                  |
| 1                         | 3,56                | 160×55               | 7                     | »                           | »                                       | »                             | 16,30                         | »                            | 58,28                            | } 93,45                        |
| 2                         | 1,32                | 60×60                | 6                     | 684                         | »                                       | »                             | 5,33                          | »                            | 35,17                            |                                |
| 2                         | 3,30                | 60×60                | 6                     | 684                         | »                                       | »                             | 5,33                          | »                            | 13,96                            |                                |

## ESTADO NÚM. 4.

**PESO de los diversos tipos de puente que se proponen, para luces de 20, 25 y 30 metros.**

## PUENTE PARA VÍA FÉRREA DE 30 METROS DE LUZ.

| PESO DE UN CUCHILLO.                                                 |                                           |                     |             |           |         |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|---------|
|                                                                      |                                           |                     |             |           |         |
|                                                                      |                                           | Kilógramos.         | Kilógramos. |           |         |
| Larguero.                                                            | } 22 elementos A. . . . . de              | 174,86              | 3846,92     | } 7872,84 |         |
|                                                                      |                                           | 4 id. A' . . . . .  | 96,69       |           | 386,76  |
|                                                                      |                                           | 4 id. A'' . . . . . | 191,34      |           | 765,36  |
|                                                                      |                                           | 24 id. B. . . . .   | 55,83       |           | 1339,92 |
|                                                                      |                                           | 4 id. B' . . . . .  | 30,15       |           | 120,60  |
|                                                                      |                                           | 26 id. G. . . . .   | 35,94       |           | 934,44  |
|                                                                      | 1032 pernos. . . . .                      | 0,464               | 478,84      |           |         |
| Pasadores del larguero                                               | } 10. . . . .                             | 34,53               | 345,30      | 345,30    |         |
| Manguetas..                                                          | } 5 completas, con sus pasadores. . . . . | 429,93              | 2149,00     | } 2195,40 |         |
|                                                                      |                                           | 100 pernos. . . . . | 0,464       |           | 46,40   |
| Tirantes . .                                                         | } 2 núm. 1. . . . .                       | 151,04              | 302,08      | } 4093,04 |         |
|                                                                      |                                           | 2 núm. 2. . . . .   | 341,84      |           | 683,68  |
|                                                                      |                                           | 2 núm. 3. . . . .   | 521,04      |           | 1044,08 |
|                                                                      |                                           | 2 núm. 4. . . . .   | 591,60      |           | 1183,20 |
|                                                                      |                                           | 2 núm. 5. . . . .   | 440,00      |           | 880,00  |
| <i>Total. . . . .</i>                                                |                                           |                     | 14506,58    |           |         |
| <i>Peso por metro lineal de cuchillo y de luz. . . . .</i>           |                                           |                     | 483,50      |           |         |
| <i>Peso del cuchillo por metro lineal de longitud total. . . . .</i> |                                           |                     | 446,35      |           |         |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                              |                                           |                     |             |           |         |
| 2 cuchillos. . . . . de                                              | 14506,58                                  | 29013,16            | } 29466,71  |           |         |
| 12 marcos de arriostamiento (elementos G). . . . .                   | 35,94                                     | 431,28              |             |           |         |
| 48 pernos para los elementos G. . . . .                              | 0,464                                     | 22,27               |             |           |         |
| <i>Total. . . . .</i>                                                |                                           |                     | 29466,71    |           |         |
| <i>Peso por metro lineal de luz. . . . .</i>                         |                                           |                     | 982,22      |           |         |
| <i>Peso por metro lineal de puente. . . . .</i>                      |                                           |                     | 908,20      |           |         |

PUENTE PARA VÍA FÉRREA DE 25 METROS DE LUZ.

| PESO DE UN CUCHILLO.                                                   |          |                                         |             |             |           |
|------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-------------|-------------|-----------|
|                                                                        |          |                                         | Kilógramos. | Kilógramos. |           |
| Larguero.                                                              | }        | 18 elementos A . . . . . de             | 174,86      | 3147,48     | } 6736,73 |
|                                                                        |          | 4 id. A' . . . . .                      | 96,69       | 386,76      |           |
|                                                                        |          | 4 id. A'' . . . . .                     | 191,34      | 765,36      |           |
|                                                                        |          | 20 id. B . . . . .                      | 55,83       | 1116,60     |           |
|                                                                        |          | 4 id. B' . . . . .                      | 30,15       | 120,60      |           |
|                                                                        |          | 22 id. G . . . . .                      | 35,94       | 790,68      |           |
|                                                                        |          | 882 pernos . . . . .                    | 0,464       | 409,25      |           |
| Pasadores del larguero                                                 | }        | 8. . . . .                              | 34,53       | 276,24      | 276,24    |
| Manguetas..                                                            | }        | 4 completas, con sus pasadores. . . . . | 429,93      | 1719,72     | } 1756,84 |
|                                                                        |          | 80 pernos. . . . .                      | 0,464       | 37,12       |           |
| Tirantes. . .                                                          | }        | 2 núm. 1. . . . .                       | 151,04      | 302,08      | } 3211,04 |
|                                                                        |          | 2 núm. 2. . . . .                       | 341,84      | 683,68      |           |
|                                                                        |          | 2 núm. 3. . . . .                       | 521,04      | 1042,08     |           |
|                                                                        |          | 2 núm. 4. . . . .                       | 591,60      | 1183,20     |           |
| <i>Total.</i> . . . . .                                                |          |                                         |             | 11980,85    |           |
| <i>Peso del cuchillo por metro lineal de luz.</i> . . . . .            |          |                                         |             | 479,30      |           |
| <i>Peso del cuchillo por metro lineal de longitud total.</i> . . . . . |          |                                         |             | 435,70      |           |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                                |          |                                         |             |             |           |
| 2 cuchillos. . . . . de                                                | 11980,85 | 23961,70                                | } 24339,66  |             |           |
| 10 marcos de arriostamiento (elementos G). . . . .                     | 35,94    | 359,40                                  |             |             |           |
| 40 pernos. . . . .                                                     | 0,464    | 18,56                                   |             |             |           |
| <i>Total.</i> . . . . .                                                |          |                                         | 24339,66    |             |           |
| <i>Peso por metro lineal de luz.</i> . . . . .                         |          |                                         | 973,56      |             |           |
| <i>Peso por metro lineal de puente.</i> . . . . .                      |          |                                         | 885,07      |             |           |

PUENTE PARA VÍA FÉRREA DE 20 METROS DE LUZ.

| PESO DE UN CUCHILLO.                                                   |                                                                                                                                                           |          |             |             |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|-------------|
|                                                                        |                                                                                                                                                           |          | Kilógramos. | Kilógramos. |
| Larguero.                                                              | 14 elementos A. . . . de<br>4 id. A'. . . . .<br>4 id. A''. . . . .<br>16 id. B. . . . .<br>4 id. B'. . . . .<br>18 id. G. . . . .<br>732 pernos. . . . . | 174,86   | 2448,04     | 5600,61     |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 96,69    | 386,76      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 191,34   | 765,36      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 55,83    | 893,28      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 30,15    | 120,60      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 35,94    | 646,92      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 0,464    | 339,65      |             |
| Pasadores del larguero                                                 | 6. . . . .                                                                                                                                                | 34,53    | 207,18      | 207,18      |
| Manguetas..                                                            | 3 completas, con sus pasadores. . . . .<br>60 pernos. . . . .                                                                                             | 429,93   | 1289,79     | 1317,63     |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 0,464    | 27,84       |             |
| Tirantes..                                                             | 2 núm. 1. . . . .<br>2 núm. 2. . . . .<br>2 núm. 3. . . . .                                                                                               | 151,04   | 302,08      | 2029,84     |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 341,84   | 683,68      |             |
|                                                                        |                                                                                                                                                           | 521,04   | 1044,08     |             |
| <i>Total.</i> . . . . .                                                |                                                                                                                                                           |          | 9155,26     |             |
| <i>Peso del cuchillo por metro lineal de luz.</i> . . . . .            |                                                                                                                                                           |          | 457,76      |             |
| <i>Peso del cuchillo por metro lineal de longitud total.</i> . . . . . |                                                                                                                                                           |          | 406,90      |             |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                                |                                                                                                                                                           |          |             |             |
| 2 cuchillos. . . . . de                                                | 9155,26                                                                                                                                                   | 18310,52 | 18612,88    |             |
| 8 marcos de arriostramiento (elementos G). . . . .                     | 35,94                                                                                                                                                     | 287,52   |             |             |
| 32 pernos. . . . .                                                     | 0,464                                                                                                                                                     | 14,84    |             |             |
| <i>Total.</i> . . . . .                                                |                                                                                                                                                           |          | 18612,88    |             |
| <i>Peso por metro lineal de luz.</i> . . . . .                         |                                                                                                                                                           |          | 930,64      |             |
| <i>Peso por metro lineal de puente.</i> . . . . .                      |                                                                                                                                                           |          | 827,20      |             |

PUENTES PARA VIA ORDINARIA.

| TIPO NÚM. 1.—(Fig. 25, lám. 8.)—Longitud 30 metros.       |            |             |             |
|-----------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|
| PESO DE UN CUCHILLO.                                      |            |             |             |
|                                                           |            | Kilógramos. | Kilógramos. |
| 11 elementos A. . . . .                                   | á 174,86   | 1923,46     | } 2275,99   |
| 2 id. A'. . . . .                                         | 96,69      | 193,38      |             |
| 243 pernos. . . . .                                       | 0,464      | 159,15      |             |
| <i>Total.</i> . . . . .                                   |            |             | 2275,99     |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                   |            |             |             |
| 2 cuchillos. . . . .                                      | de 2275,99 | 4551,98     | } 6002,59   |
| 13 arriostramientos H. . . . .                            | 39,45      | 1214,85     |             |
| 13 arriostramientos L. . . . .                            | 13,96      | 181,48      |             |
| 117 pernos. . . . .                                       | 0,464      | 54,28       |             |
| <i>Peso total.</i> . . . . .                              |            |             | 6002,59     |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total.</i> . . . . . |            |             | 200,8       |
| TIPO NÚM. 1.—Longitud 25 metros.                          |            |             |             |
| PESO DE UN CUCHILLO.                                      |            |             |             |
| 9 elementos A. . . . .                                    | á 174,86   | 1573,74     | } 1898,43   |
| 2 id. A'. . . . .                                         | 96,69      | 193,38      |             |
| 283 pernos. . . . .                                       | 0,464      | 131,31      |             |
| <i>Total.</i> . . . . .                                   |            |             | 1898,43     |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                   |            |             |             |
| 2 cuchillos. . . . .                                      | de 1898,43 | 3796,86     | } 5024,37   |
| 11 elementos H. . . . .                                   | 93,45      | 1027,95     |             |
| 11 id. L. . . . .                                         | 13,95      | 153,56      |             |
| 99 pernos. . . . .                                        | 0,464      | 46,00       |             |
| <i>Peso total.</i> . . . . .                              |            |             | 5024,37     |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total.</i> . . . . . |            |             | 200,96      |
| TIPO NÚM. 1.—Longitud 20 metros.                          |            |             |             |
| PESO DE UN CUCHILLO.                                      |            |             |             |
| 7 elementos A. . . . .                                    | á 174,86   | 1224,04     | } 1520,89   |
| 2 id. A'. . . . .                                         | 96,69      | 193,38      |             |
| 223 pernos. . . . .                                       | 0,464      | 103,47      |             |
| <i>Total.</i> . . . . .                                   |            |             | 1520,89     |
| PESO DE TODO EL PUENTE.                                   |            |             |             |
| 2 cuchillos. . . . .                                      | de 1520,89 | 3041,78     | } 4046,05   |
| 9 elementos H. . . . .                                    | 93,45      | 841,05      |             |
| 9 id. L. . . . .                                          | 13,96      | 125,64      |             |
| 81 pernos. . . . .                                        | 0,464      | 37,58       |             |
| <i>Peso total.</i> . . . . .                              |            |             | 4046,05     |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total.</i> . . . . . |            |             | 202,30      |

## TIPO NÚM. 2.—(Fig. 26, lám. 8.)—Longitud 30 metros.

## PESO DE UN CUCHILLO.

|                 |   | Kilógramos | Kilógramos. |
|-----------------|---|------------|-------------|
| 11 elementos A. | á | 174,86     | 1923,46     |
| 2 id. A'        |   | 96,69      | 193,38      |
| 12 id. B.       |   | 55,83      | 669,96      |
| 403 pernos.     |   | 0,464      | 187,00      |
| <i>Total.</i>   |   |            | 2973,80     |

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                 |    |         |         |
|-----------------|----|---------|---------|
| 2 cuchillos.    | de | 2973,80 | 5947,60 |
| 13 elementos H. |    | 93,45   | 1214,85 |
| 13 id. L.       |    | 13,96   | 181,48  |
| 117 pernos.     |    | 0,464   | 54,28   |

*Peso total.* . . . . . 7398,21

*Peso por metro lineal de longitud total.* . . . . . 246,60

## TIPO NÚM. 2.—Longitud 25 metros.

## PESO DE UN CUCHILLO.

|                |   |        |         |
|----------------|---|--------|---------|
| 9 elementos A. | á | 174,86 | 1573,74 |
| 2 id. A'       |   | 96,69  | 193,38  |
| 10 id. B.      |   | 55,83  | 558,30  |
| 333 pernos.    |   | 0,464  | 154,51  |
| <i>Total.</i>  |   |        | 2479,93 |

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                 |    |         |         |
|-----------------|----|---------|---------|
| 2 cuchillos.    | de | 2479,93 | 4959,86 |
| 11 elementos H. |    | 93,45   | 1027,95 |
| 11 id. L.       |    | 13,96   | 153,56  |
| 99 pernos.      |    | 0,464   | 46,00   |

*Peso total.* . . . . . 6187,37

*Peso por metro lineal de longitud total.* . . . . . 247,48

## TIPO NÚM. 2.—Longitud 20 metros.

## PESO DE UN CUCHILLO.

|                |   |        |         |
|----------------|---|--------|---------|
| 7 elementos A. | á | 174,86 | 1224,02 |
| 2 id. A'       |   | 96,69  | 193,38  |
| 8 id. B.       |   | 55,83  | 446,64  |
| 263 pernos.    |   | 0,464  | 122,03  |
| <i>Total.</i>  |   |        | 1986,07 |

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                |    |         |         |
|----------------|----|---------|---------|
| 2 cuchillos.   | de | 1986,07 | 3972,14 |
| 9 elementos H. |    | 93,45   | 841,05  |
| 9 id. L.       |    | 13,96   | 125,64  |
| 81 pernos.     |    | 0,464   | 37,58   |

*Peso total.* . . . . . 4976,41

*Peso por metro lineal de longitud total.* . . . . . 248,87

## TIPO NÚM. 3.—(Fig. 27, lám. 8.)—Luz 30 metros.

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                                                                   |         | Kilógramos. | Kilógramos. |
|-------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-------------|
| 2 cuchillos (1).. . . . . de                                      | 7872,84 | 15725,68    | } 15952,46  |
| 6 elementos G. . . . .                                            | 35,94   | 215,64      |             |
| 24 pernos. . . . .                                                | 0,464   | 11,14       |             |
| <i>Peso total. . . . .</i>                                        |         |             | 15952,46    |
| <i>Peso por metro lineal de luz. . . . .</i>                      |         |             | 531,41      |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total de puente. . . . .</i> |         |             | 490,80      |

## TIPO NÚM. 3.—Luz 25 metros.

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                                                                   |         |          |            |
|-------------------------------------------------------------------|---------|----------|------------|
| 2 cuchillos. . . . . de                                           | 6736,73 | 13473,46 | } 13662,44 |
| 5 elementos G. . . . .                                            | 35,94   | 179,70   |            |
| 20 pernos. . . . .                                                | 0,464   | 9,28     |            |
| <i>Peso total. . . . .</i>                                        |         |          | 13662,44   |
| <i>Peso por metro lineal de luz. . . . .</i>                      |         |          | 546,48     |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total de puente. . . . .</i> |         |          | 496,80     |

## TIPO NÚM. 3.—Luz 20 metros.

## PESO DE TODO EL PUENTE.

|                                                                   |         |          |            |
|-------------------------------------------------------------------|---------|----------|------------|
| 2 cuchillos. . . . . de                                           | 5600,61 | 11201,22 | } 11352,40 |
| 4 elementos G. . . . .                                            | 35,94   | 143,76   |            |
| 16 pernos. . . . .                                                | 0,464   | 7,42     |            |
| <i>Peso total. . . . .</i>                                        |         |          | 11352,40   |
| <i>Peso por metro lineal de luz. . . . .</i>                      |         |          | 567,62     |
| <i>Peso por metro lineal de longitud total de puente. . . . .</i> |         |          | 504,50     |

(1) No formamos el peso detallado de cada cuchillo, porque es el mismo de los largueros para los puentes de vía férrea.

TABLA NÚM. 5.

**VALORES de cargas y flechas correspondientes á los tipos números 1, 2 y 3 (figs. 25 á 27, lám. 8), propuestos para vía ordinaria, deducidos del momento de flexion.**

$P$  = carga total (peso propio y sobrecarga) que puede resistir todo el puente.

$p$  = id. id. id. por metro lineal de puente.

$p''$  = peso muerto (del metal y del pavimento) por metro lineal =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tipo núm. 1} = 200 + 70 = 270 \\ \text{Id. núm. 2} = 250 + 70 = 320 \\ \text{Id. núm. 3} = 550 + 70 = 620 \end{array} \right.$

$p' = p - p''$  = sobrecarga por metro lineal de puente.

$R$  = coeficiente de trabajo por extension y compresion, en kilogramos por milímetro cuadrado:  $f$  = flecha en milímetros.

PUENTE

| TIPOS.            | luz.<br>-<br>M. <sup>s</sup> | $R = 7.$ |         |         |        | $R = 8.$ |         |         |        | $R = 9.$ |         |         |        | $R = 10.$ |         |         |        | $R = 12.$ |         |         |        |
|-------------------|------------------------------|----------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|--------|-----------|---------|---------|--------|-----------|---------|---------|--------|
|                   |                              | $P$      | $p$     | $p'$    | $f$    | $P$      | $p$     | $p'$    | $f$    | $P$      | $p$     | $p'$    | $f$    | $P$       | $p$     | $p'$    | $f$    | $P$       | $p$     | $p'$    | $f$    |
|                   |                              | kilógs.  | kilógs. | kilógs. | milim. | kilógs.  | kilógs. | kilógs. | milim. | kilógs.  | kilógs. | kilógs. | milim. | kilógs.   | kilógs. | kilógs. | milim. | kilógs.   | kilógs. | kilógs. | milim. |
| N.º 1<br>fig. 25. | 10                           | 26320    | 2632    | 2362    | »      | 30080    | 3008    | 2738    | »      | 33840    | 3384    | 3114    | »      | 37600     | 3760    | 3480    | »      | 45120     | 4512    | 4242    | »      |
|                   | 15                           | 17549    | 1183    | 993     | »      | 20060    | 1337    | 1067    | »      | 22563    | 1521    | 1351    | »      | 25075     | 1671    | 1401    | »      | 30090     | 2006    | 1735    | »      |
|                   | 20                           | 13160    | 658     | 388     | »      | 15040    | 752     | 482     | »      | 16920    | 846     | 576     | »      | 18700     | 935     | 655     | »      | 22560     | 1128    | 853     | »      |
|                   | 25                           | 10528    | 420     | 150     | »      | 12032    | 481     | 211     | »      | 13536    | 540     | 270     | »      | 15040     | 600     | 330     | »      | 18048     | 720     | 450     | »      |
|                   | 30                           | 8771     | 294     | 24      | »      | 10026    | 334     | 64      | »      | 11277    | 378     | 108     | »      | 12530     | 418     | 148     | »      | 15039     | 501     | 231     | »      |
| N.º 2<br>fig. 26. | 10                           | 34200    | 3920    | 3600    | 5,4    | 44800    | 4480    | 4160    | 6,2    | 50400    | 5040    | 4720    | 7,0    | 56000     | 5600    | 5280    | 7,8    | 67200     | 6720    | 6400    | 9,3    |
|                   | 15                           | 26132    | 1750    | 1430    | 12,3   | 29864    | 2000    | 1680    | 14,0   | 33547    | 2245    | 1925    | 15,8   | 37330     | 2488    | 2168    | 17,5   | 44796     | 3000    | 2580    | 21,0   |
|                   | 20                           | 19600    | 980     | 660     | »      | 22400    | 1120    | 800     | »      | 25200    | 1260    | 940     | 28,1   | 28000     | 1400    | 1080    | »      | 33600     | 1680    | 1360    | »      |
|                   | 25                           | 15660    | 630     | 310     | 34,1   | 17920    | 720     | 400     | 39,0   | 20160    | 810     | 490     | 43,9   | 22400     | 896     | 576     | 48,8   | 25880     | 1080    | 750     | 58,6   |
|                   | 30                           | 13062    | 434     | 114     | »      | 14926    | 496     | 176     | »      | 16794    | 558     | 238     | 63,0   | 18666     | 622     | 302     | »      | 22389     | 744     | 424     | »      |
| N.º 3<br>fig. 27. | 10                           | 78400    | 7840    | 7220    | 5,4    | 89600    | 8960    | 8340    | 6,2    | 100800   | 10080   | 9460    | 7,0    | 112000    | 11200   | 10580   | 7,8    | 134400    | 13440   | 12820   | 9,3    |
|                   | 15                           | 52262    | 3500    | 2880    | 12,3   | 59728    | 4000    | 3380    | 14,0   | 67194    | 4490    | 3880    | 15,8   | 74550     | 4977    | 4357    | 17,5   | 89592     | 6000    | 5380    | 21,0   |
|                   | 20                           | 39200    | 1960    | 1340    | »      | 44800    | 2240    | 1620    | »      | 50400    | 2520    | 1900    | 28,1   | 56000     | 2800    | 2180    | »      | 67200     | 3360    | 2740    | »      |
|                   | 25                           | 31360    | 1260    | 640     | 34,1   | 35840    | 1440    | 820     | 39,0   | 40320    | 1620    | 1000    | 43,9   | 44800     | 1792    | 1072    | 45,8   | 53560     | 2160    | 1540    | 58,6   |
|                   | 30                           | 26124    | 868     | 248     | »      | 29852    | 992     | 337     | »      | 33588    | 1116    | 496     | 63,0   | 37333     | 1244    | 534     | »      | 44778     | 1488    | 868     | »      |

TABLA NÚM. 6.

**VALORES de las cargas correspondientes á los tipos números 1, 2 y 3 (figs. 25 á 27), propuestos para vía ordinaria, deducidos del esfuerzo cortante.**

$P$ ,  $p$  y  $p'$  tienen la misma significacion que en la tabla anterior.

$R$  = coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante, en kilógramos por milímetro cuadrado.

| TIPOS.            | Luz.<br>Met. <sup>s</sup> | $R = 6.$       |                |                 | $R = 7.$       |                |                 | $R = 8.$       |                |                 | $R = 9.$       |                |                 |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                   |                           | $P$<br>kilógs. | $p$<br>kilógs. | $p'$<br>kilógs. |
| N.º 2<br>fig. 26. | 10                        |                | 2627           | 2357            |                | 3123           | 2803            |                | 3569           | 3249            |                | 4015           | 3695            |
|                   | 15                        |                | 1752           | 1482            |                | 2082           | 1762            |                | 2378           | 2058            |                | 2676           | 2356            |
|                   | 20                        | 26272          | 1313           | 993             | 31234          | 1561           | 1241            | 35696          | 1784           | 1464            | 40158          | 2007           | 1687            |
|                   | 25                        |                | 1050           | 730             |                | 1249           | 929             |                | 1427           | 1107            |                | 1606           | 1286            |
|                   | 30                        |                | 876            | 556             |                | 1041           | 721             |                | 1189           | 869             |                | 1338           | 1018            |
| N.º 3<br>fig. 27. | 10                        |                | 5354           | 4734            |                | 6246           | 5626            |                | 7139           | 6519            |                | 8031           | 7411            |
|                   | 15                        |                | 3568           | 2948            |                | 4164           | 3544            |                | 4758           | 4138            |                | 5354           | 4734            |
|                   | 20                        | 53544          | 2677           | 2057            | 62468          | 3123           | 2503            | 71392          | 3569           | 2949            | 80316          | 4015           | 3395            |
|                   | 25                        |                | 2141           | 1521            |                | 2496           | 1876            |                | 2852           | 2232            |                | 3212           | 2592            |
|                   | 30                        |                | 1784           | 1164            |                | 2082           | 1462            |                | 2379           | 1759            |                | 2677           | 2057            |

NOTA. Los valores de  $p'$  correspondientes al tipo núm. 1, se obtienen aumentando 50 kilógramos á los correspondientes del tipo núm. 2. Los valores de  $P$  y  $p$  son iguales para los tipos 1 y 2.

TABLA NÚM. 7.

PUENTES sistema Cottrau.

Valores de  $I \dot{e} \frac{I}{v}$ , correspondientes á un solo cuchillo, para diversas combinaciones de elementos.

| Clase de vía.                                                                                        | ELEMENTOS<br>QUE FORMAN UN CUCHILLO.                                                                | Descontando taladros<br>para el paso de pernos. |               | No descontando taladros<br>para el paso de pernos. |               | Peso<br>de un<br>cuchillo<br>por<br>metro<br>lineal.<br>kilógrs. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                      |                                                                                                     | $I$                                             | $\frac{I}{v}$ | $I$                                                | $\frac{I}{v}$ |                                                                  |
|                                                                                                      |                                                                                                     |                                                 |               |                                                    |               |                                                                  |
| VÍA ORDINARIA.                                                                                       | (a) Elemento A con el lado menor vertical. . . . .                                                  | 0,000757                                        | 0,001211      | 0,000882                                           | 0,001412      | 65                                                               |
|                                                                                                      | (b) Id. doble (dos yustapuestos). . . . .                                                           | 0,001514                                        | 0,002422      | 0,001765                                           | 0,002824      | 130                                                              |
|                                                                                                      | (c) Doble con una tabla (elemento B) en cada extremo (fig. 22, lám. 8). . . . .                     | 0,002612                                        | 0,004180      | 0,002839                                           | 0,004525      | 153                                                              |
|                                                                                                      | (d) Doble con dos tablas. . . . .                                                                   | 0,003610                                        | 0,005776      | 0,003939                                           | 0,006249      | 176                                                              |
|                                                                                                      | (e) Doble con tres tablas. . . . .                                                                  | 0,004635                                        | 0,007410      | 0,005065                                           | 0,007998      | 199                                                              |
|                                                                                                      | (f) Elemento A con el lado mayor vertical (fig. 21). . . . .                                        | 0,001756                                        | 0,001873      | 0,002036                                           | 0,002170      | 96                                                               |
|                                                                                                      | (g) Id. doble (dos yustapuestos) (fig. 23). . . . .                                                 | 0,003512                                        | 0,003746      | 0,004072                                           | 0,004340      | 192                                                              |
|                                                                                                      | (h) Id. sencillo con una tabla superior y otra inferior. . . . .                                    | 0,003716                                        | 0,003964      | 0,004452                                           | 0,004750      | 119                                                              |
|                                                                                                      | (i) Id. doble con una tabla (fig. 24). . . . .                                                      | 0,005478                                        | 0,005850      | 0,006488                                           | 0,006902      | 215                                                              |
|                                                                                                      | (k) Doble con dos tablas. . . . .                                                                   | 0,007466                                        | 0,007936      | 0,008638                                           | 0,009479      | 238                                                              |
|                                                                                                      | (l) Doble con tres tablas. . . . .                                                                  | 0,009448                                        | 0,010075      | 0,011408                                           | 0,012076      | 261                                                              |
|                                                                                                      | (m) Doble con cuatro tablas. . . . .                                                                | 0,011468                                        | 0,012235      | 0,013898                                           | 0,014666      | 284                                                              |
|                                                                                                      | (n) Doble con cinco tablas. . . . .                                                                 | 0,013508                                        | 0,014408      | 0,016408                                           | 0,017256      | 307                                                              |
|                                                                                                      | CUCHILLOS DE 3 <sup>m</sup> ,750 DE ALTURA<br>formados con dos órdenes de elementos A superpuestos. |                                                 |               |                                                    |               |                                                                  |
| VÍA FÉRREA.                                                                                          | (o) Doble (dos yustapuestos) y una tabla . . . . .                                                  | 0,023375                                        | 0,012468      | 0,026319                                           | 0,014019      | 407                                                              |
|                                                                                                      | (p) Id. y dos tablas. . . . .                                                                       | 0,030122                                        | 0,016064      | 0,036010                                           | 0,019149      | 430                                                              |
|                                                                                                      | (q) Id. y tres tablas. . . . .                                                                      | 0,037910                                        | 0,020218      | 0,045750                                           | 0,024294      | 453                                                              |
|                                                                                                      | (r) Id. y cuatro tablas (fig. 28). . . . .                                                          | 0,045820                                        | 0,024436      | 0,055540                                           | 0,029748      | 476                                                              |
|                                                                                                      | (s) Id. y cinco tablas. . . . .                                                                     | 0,053570                                        | 0,028570      | 0,065170                                           | 0,034748      | 499                                                              |
|                                                                                                      | (t) Cuádruplo (cuatro elementos yustapuestos) y cuatro tablas. . . . .                              | 0,060242                                        | 0,032128      | 0,072027                                           | 0,038168      | 860                                                              |
|                                                                                                      | (u) Id. con cinco tablas. . . . .                                                                   | 0,069195                                        | 0,036904      | 0,081621                                           | 0,043531      | 883                                                              |
|                                                                                                      | (v) Id. con seis tablas. . . . .                                                                    | 0,078200                                        | 0,040436      | 0,091238                                           | 0,048652      | 906                                                              |
| CUCHILLOS DE 5 <sup>m</sup> ,625 DE ALTURA<br>formados con tres órdenes de elementos A superpuestos. |                                                                                                     |                                                 |               |                                                    |               |                                                                  |
|                                                                                                      | (x) Doble (dos yustapuestos) y cuatro tablas. . . . .                                               | 0,092181                                        | 0,032721      | 0,114611                                           | 0,040758      | 668                                                              |
|                                                                                                      | (y) Id. y cinco tablas. . . . .                                                                     | 0,104558                                        | 0,037121      | 0,136258                                           | 0,048450      | 691                                                              |
|                                                                                                      | (z) Id. y seis tablas. . . . .                                                                      | 0,122609                                        | 0,043522      | 0,157899                                           | 0,056152      | 714                                                              |
|                                                                                                      | (a') Id. y siete tablas. . . . .                                                                    | 0,139473                                        | 0,049601      | 0,179543                                           | 0,063849      | 737                                                              |
|                                                                                                      | (b') Cuádruplo (cuatro elementos yustapuestos) y seis tablas. . . . .                               | 0,149562                                        | 0,053123      | 0,185995                                           | 0,066122      | 1290                                                             |
|                                                                                                      | (c') Id. con ocho tablas. . . . .                                                                   | 0,184362                                        | 0,065521      | 0,229259                                           | 0,081516      | 1336                                                             |
|                                                                                                      | (d') Id. con diez tablas. . . . .                                                                   | 0,209116                                        | 0,074412      | 0,272579                                           | 0,096910      | 1382                                                             |
| (e') Id. con doce tablas. . . . .                                                                    | 0,245218                                                                                            | 0,087044                                        | 0,315798      | 0,112304                                           | 1428          |                                                                  |

TABLA NÚM. 8.

**PUENTES sistema Cottrau para vía ordinaria.**

Valores de  $P$  (carga total, permanente y accidental) y de  $p$  (carga permanente y accidental por metro lineal de puente), correspondientes á los diversos tipos, para un coeficiente de trabajo de 12 kilogramos por milímetro cuadrado.

| TIPOS<br>de la tabla<br>núm. 7. | Peso<br>de la par-<br>te metá-<br>lica por<br>metro li-<br>neal de<br>puente. | LUZ DEL PUENTE. |       |                 |       |                 |      |                 |      |                 |      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|                                 |                                                                               | 10 <sup>m</sup> |       | 15 <sup>m</sup> |       | 20 <sup>m</sup> |      | 25 <sup>m</sup> |      | 30 <sup>m</sup> |      |
|                                 |                                                                               | $P$             | $p$   | $P$             | $p$   | $P$             | $p$  | $P$             | $p$  | $P$             | $p$  |
| <i>a.</i>                       | 200                                                                           | 14535           | 1453  | 9688            | 644   | 7266            | 363  | 5812            | 232  | 4844            | 161  |
| <i>b.</i>                       | 464                                                                           | 29068           | 2908  | 19376           | 1292  | 14532           | 726  | 11624           | 464  | 9688            | 323  |
| <i>c</i> (fig. 22).             | 520                                                                           | 50050           | 5005  | 33366           | 2224  | 25025           | 1251 | 20020           | 800  | 16683           | 556  |
| <i>d.</i>                       | 596                                                                           | 69312           | 6931  | 46208           | 2880  | 34606           | 1780 | 27724           | 1108 | 23104           | 770  |
| <i>e.</i>                       | 572                                                                           | 88992           | 8892  | 59328           | 3952  | 44496           | 2224 | 35596           | 1420 | 29664           | 988  |
| <i>f</i> (fig. 21).             | 300                                                                           | 33715           | 3371  | 22476           | 1494  | 16857           | 842  | 13484           | 536  | 11238           | 374  |
| <i>g</i> (fig. 23).             | 550                                                                           | 67430           | 6743  | 44952           | 2980  | 33715           | 1685 | 26962           | 1076 | 22476           | 745  |
| <i>h.</i>                       | 520                                                                           | 71328           | 7132  | 47552           | 3162  | 35664           | 1783 | 28528           | 1140 | 23776           | 792  |
| <i>i</i> (fig. 24).             | 600                                                                           | 105120          | 10512 | 70080           | 4672  | 52560           | 2628 | 42048           | 1680 | 35040           | 1168 |
| <i>k.</i>                       | 636                                                                           | 143328          | 14332 | 95552           | 5036  | 71664           | 3583 | 57328           | 2292 | 47776           | 1259 |
| <i>l.</i>                       | 672                                                                           | 181344          | 18134 | 120896          | 8056  | 90672           | 4533 | 72536           | 2900 | 60448           | 2014 |
| <i>m.</i>                       | 708                                                                           | 220128          | 22012 | 146752          | 9880  | 110064          | 5503 | 88048           | 3520 | 73376           | 2445 |
| <i>n.</i>                       | 744                                                                           | 259296          | 25929 | 172864          | 11524 | 129648          | 6482 | 103716          | 4148 | 86432           | 2881 |

TABLA NÚM. 9.

**COMPARACION de los tipos propuestos para vía ordinaria, con los sistemas Eiffel y Cottrau.**

|                                                                                                                             | SISTEMA<br>EIFFEL. | SISTEMA COTTRAU. |         |         |         | SISTEMA PROPUESTO. |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|---------|---------|---------|--------------------|----------|----------|
|                                                                                                                             |                    | Tipo f.          | Tipo c. | Tipo g. | Tipo i. | Tipo 1.º           | Tipo 2.º | Tipo 3.º |
| <b>Luz 10 metros.</b>                                                                                                       |                    |                  |         |         |         |                    |          |          |
| Número de elementos. . . . .                                                                                                | 45                 | 70               | 76      | 116     | 90      | 20                 | 28       | 74       |
| Número de pernos. . . . .                                                                                                   | 70                 | 632              | 1700    | 1804    | 1933    | 251                | 291      | 892      |
| Peso de la parte metálica por metro<br>lineal de luz, en kilogramos. . . .                                                  | 250                | 300              | 520     | 550     | 600     | 200                | 250      | 550      |
| Peso del pavimento de madera por<br>metro lineal, en kilogramos. . . .                                                      | 50                 | 70               | 70      | 70      | 70      | 70                 | 70       | 70       |
| Peso total que puede resistir el puen-<br>te por metro lineal, en kilogramos.                                               | 5399               | 3371             | 5005    | 6743    | 10512   | 3384               | 5040     | 10080    |
| Sobrecarga que puede resistir el puen-<br>te por metro lineal, en kilogramos                                                | 5099               | 3001             | 5415    | 6123    | 9842    | 3114               | 4720     | 9460     |
| Flecha correspondiente á la carga to-<br>tal, en metros. . . . .                                                            | 0,0076             | 0,0059           | 0,0059  | 0,0059  | 0,0059  | 0,0074             | 0,007    | 0,007    |
| Esfuerzo cortante por milímetro cua-<br>drado, en kilogramos. . . . .                                                       | 15,90              | 8,76             | 9,62    | 8,76    | 13,65   | 2,50               | 4,60     | 4,60     |
| Coeficiente de trabajo }<br>en el corrimiento, } y compresion<br>en kilogramos por }<br>milímetro cuadr.º } cortante. . . . | 2,05               | 4,00             | 3,11    | 4,20    | 2,50    | 2,12               | 1,78     | 1,78     |
|                                                                                                                             |                    | 1,48             | 5,56    | 2,00    | 1,43    | 1,56               | 0,89     | 1,12     |
| <b>Luz 15 metros.</b>                                                                                                       |                    |                  |         |         |         |                    |          |          |
| Número de elementos. . . . .                                                                                                | 73                 | 92               | 120     | 157     | 140     | 28                 | 40       | 99       |
| Número de pernos. . . . .                                                                                                   | 114                | 960              | 2550    | 3007    | 3187    | 389                | 449      | 1176     |
| Peso de la parte metálica por metro<br>lineal de luz, en kilogramos. . . .                                                  | 250                | 300              | 520     | 550     | 600     | 200                | 250      | 550      |
| Peso del pavimento de madera por<br>metro lineal, en kilogramos. . . .                                                      | 50                 | 70               | 70      | 70      | 70      | 70                 | 70       | 70       |
| Peso total que puede resistir el puen-<br>te por metro lineal, en kilogramos                                                | 2400               | 1494             | 2224    | 2980    | 4672    | 1521               | 2250     | 4500     |
| Sobrecarga que puede resistir el puen-<br>te por metro lineal, en kilogramos.                                               | 2100               | 1124             | 1634    | 2360    | 4002    | 1251               | 1930     | 3880     |

PUENTE

Flecha correspondiente á la carga to-

|                                                                               |        |                            |        |        |        |         |        |        |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|------|------|
| Flecha correspondiente a la carga total, en metros. . . . .                   | 0,0171 | 0,0133                     | 0,0133 | 0,0133 | 0,0133 | 0,00168 | 0,0158 | 0,0158 |      |      |
| Esfuerzo cortante por milímetro cuadrado, en kilogramos. . . . .              | 10,60  | 5,72                       | 6,34   | 5,72   | 9,10   | 3,00    | 4,50   | 4,50   |      |      |
| Coeficiente de trabajo en el corrimiento, en kilogramos por milímetro cuadr.º | 4,60   | Por extension y compresion |        | 9,00   | 6,99   | 9,45    | 5,62   | 4,78   | 4,01 | 4,01 |
|                                                                               |        | Por esfuerzo cortante. . . |        | 2,22   | 2,34   | 3,00    | 2,14   | 2,34   | 1,33 | 1,68 |

**Luz 20 metros.**

|                                                                               |        |                              |        |        |        |        |        |        |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| Número de elementos. . . . .                                                  | 151    | 133                          | 158    | 227    | 177    | 36     | 52     | 124    |      |      |
| Número de pernos. . . . .                                                     | 158    | 1240                         | 3400   | 3609   | 3865   | 527    | 607    | 1480   |      |      |
| Peso de la parte metálica por metro lineal de luz, en kilogramos. . . .       | 250    | 300                          | 520    | 550    | 600    | 200    | 250    | 550    |      |      |
| Peso del pavimento de madera por metro lineal, en kilogramos. . . .           | 50     | 70                           | 70     | 70     | 70     | 70     | 70     | 70     |      |      |
| Peso total que puede resistir el puente por metro lineal, en kilogramos.      | 1348   | 842                          | 1251   | 1685   | 2628   | 846    | 1260   | 2520   |      |      |
| Sobrecarga que puede resistir el puente por metro lineal, en kilogramos.      | 1048   | 472                          | 661    | 1065   | 1958   | 576    | 940    | 1900   |      |      |
| Flecha correspondiente á la carga total, en metros. . . . .                   | 0,0304 | 0,0237                       | 0,0237 | 0,0237 | 0,0237 | 0,030  | 0,0281 | 0,0281 |      |      |
| Esfuerzo cortante por milímetro cuadrado, en kilogramos. . . . .              | 7,95   | 4,37                         | 4,81   | 4,37   | 6,76   | 3,70   | 5,60   | 5,60   |      |      |
| Coeficiente de trabajo en el corrimiento, en kilogramos por milímetro cuadr.º | 8,18   | Por extension y compresion   |        | 16,00  | 12,44  | 16,80  | 10,00  | 8,50   | 7,15 | 7,15 |
|                                                                               |        | Por esfuerzo cortante. . . . |        | 2,96   | 3,12   | 400,00 | 2,86   | 3,12   | 1,78 | 2,24 |

**Luz 25 metros.**

|                                                                          |     |      |      |      |      |     |     |      |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Número de elementos. . . . .                                             | 210 | 147  | 150  | 279  | 179  | 44  | 64  | 149  |
| Número de pernos. . . . .                                                | 180 | 1528 | 4240 | 5012 | 5370 | 665 | 765 | 1804 |
| Peso de la parte metálica por metro lineal de luz, en kilogramos. . . .  | 250 | 300  | 520  | 550  | 600  | 200 | 250 | 550  |
| Peso del pavimento de madera por metro lineal, en kilogramos. . . .      | 50  | 70   | 70   | 70   | 70   | 70  | 70  | 70   |
| Peso total que puede resistir el puente por metro lineal, en kilógramos. | 863 | 536  | 800  | 1076 | 1680 | 540 | 810 | 1620 |
| Sobrecarga que puede resistir el puente por metro lineal, en kilogramos. | 563 | 166  | 210  | 456  | 1010 | 270 | 590 | 1000 |

PORTALII.

|                                                                                                      | SISTEMA | SISTEMA COTTRAU. |         |         |         | SISTEMA PROPUESTO. |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|--------------------|----------|----------|
|                                                                                                      | EIFFEL. | Tipo f.          | Tipo c. | Tipo g. | Tipo i. | Tipo 1.º           | Tipo 2.º | Tipo 3.º |
| Flecha correspondiente á la carga total, en metros. . . . .                                          | 0,0475  | 0,0370           | 0,0370  | 0,0370  | 0,0370  | 0,0468             | 0,0439   | 0,0439   |
| Esfuerzo cortante por milímetro cuadrado, en kilogramos. . . . .                                     | 6,36    | 3,38             | 3,84    | 3,38    | 5,46    | 5,00               | 7,50     | 7,50     |
| Coeficiente de trabajo<br>en el corrimiento, y compresion<br>en kilogramos por<br>milímetro cuadr.º. | 12,75   | 25,00            | 19,40   | 26,25   | 13,12   | 13,29              | 11,12    | 11,12    |
|                                                                                                      |         |                  |         |         |         |                    |          |          |
| <b>Luz 30 metros.</b>                                                                                |         |                  |         |         |         |                    |          |          |
| Número de elementos. . . . .                                                                         | 245     | 184              | 240     | 330     | 279     | 52                 | 76       | 174      |
| Número de pernos. . . . .                                                                            | 257     | 1910             | 5100    | 6015    | 6375    | 803                | 923      | 2148     |
| Peso de la parte metálica por metro lineal de luz, en kilogramos. . . . .                            | 250     | 300              | 520     | 550     | 600     | 200                | 250      | 550      |
| Peso del pavimento de madera por metro lineal, en kilogramos. . . . .                                | 50      | 70               | 70      | 70      | 70      | 70                 | 70       | 70       |
| Peso total que puede resistir el puente por metro lineal, en kilogramos. . . . .                     | 599     | 374              | 556     | 745     | 1168    | 378                | 558      | 1116     |
| Sobrecarga que puede resistir el puente por metro lineal, en kilogramos. . . . .                     | 299     | 4                | "       | 125     | 498     | 108                | 238      | 596      |
| Flecha correspondiente á la carga total, en metros. . . . .                                          | 0,0684  | 0,0532           | 0,0532  | 0,0532  | 0,0532  | 0,054              | 0,063    | 0,063    |
| Esfuerzo cortante por milímetro cuadrado, en kilogramos. . . . .                                     | 5,30    | 2,86             | 3,17    | 2,86    | 4,55    | 7,50               | 11,20    | 11,20    |
| Coeficiente de trabajo<br>en el corrimiento, y compresion<br>en kilogramos por<br>milímetro cuadr.º. | 18,40   | 36,00            | 27,99   | 37,80   | 22,50   | 18,98              | 16,02    | 16,02    |
|                                                                                                      |         |                  |         |         |         |                    |          |          |

FIN.





Fig. 1.  
Elemento F. - Mangueta - Escala de  $\frac{1}{10}$ .

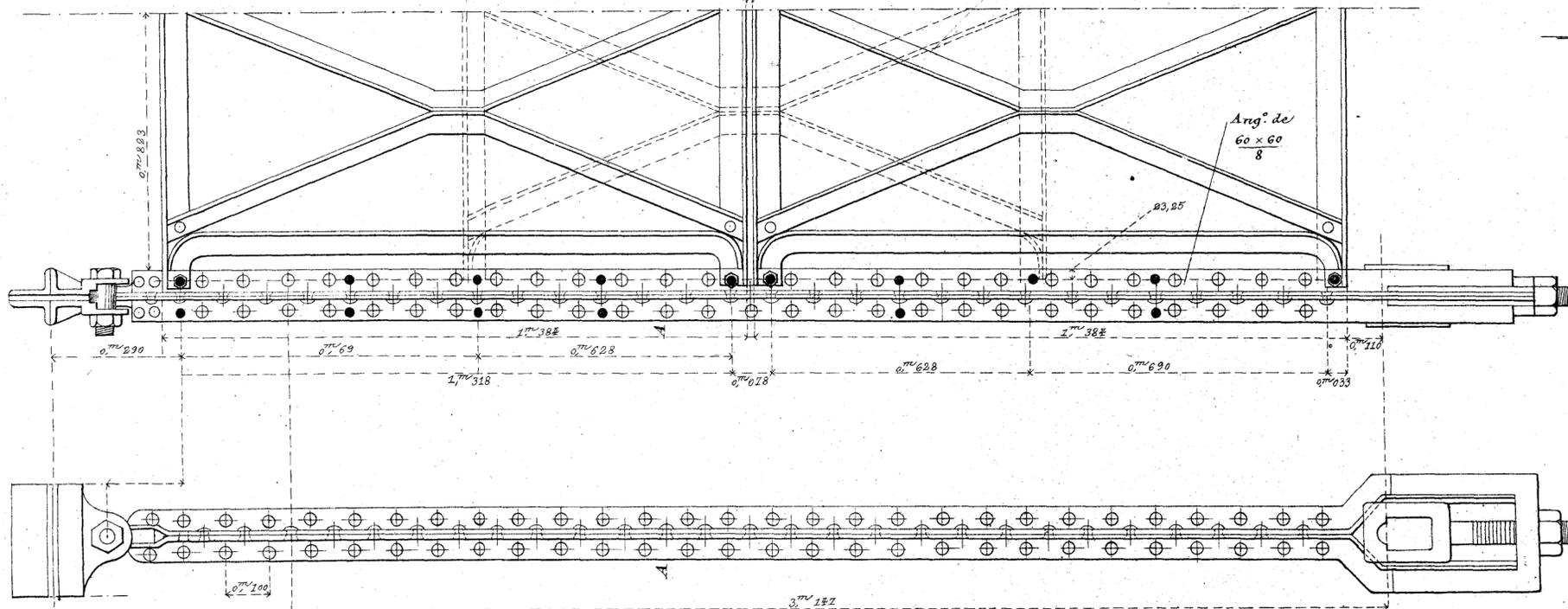


Fig. 4.  
Detalle del tornillo y tuerca de templar. (tamaño natural).

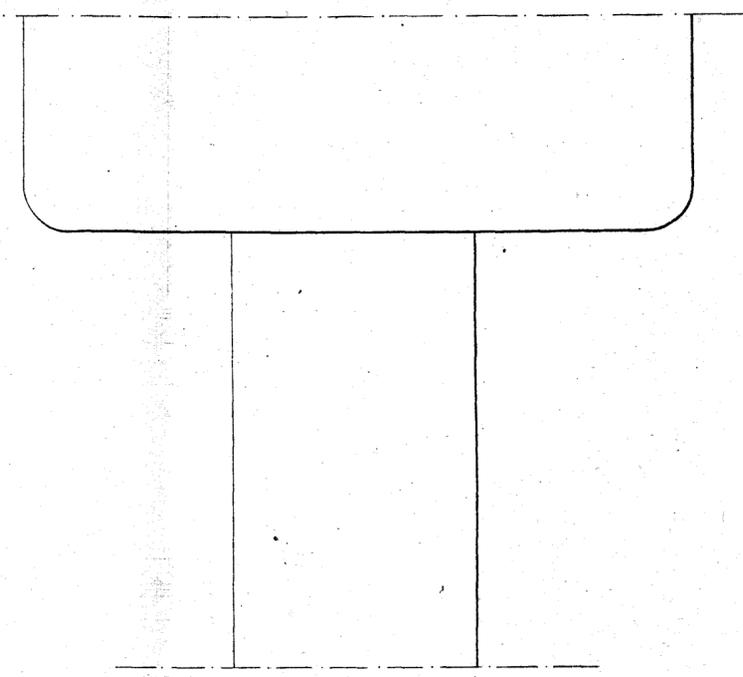


Fig. 2.  
Union de la mangueta con el larguero - Escala de  $\frac{1}{5}$ .

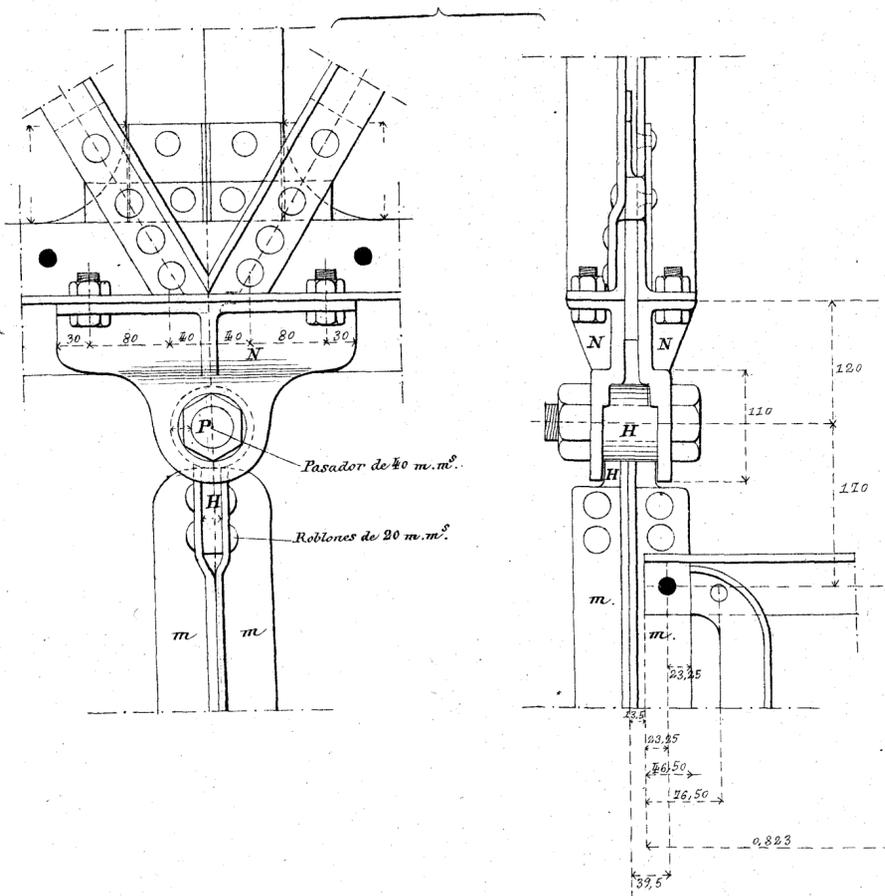
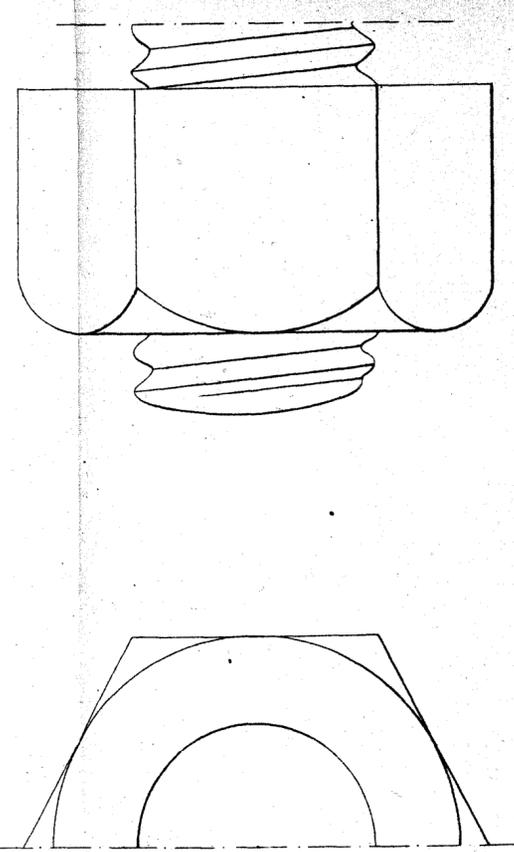
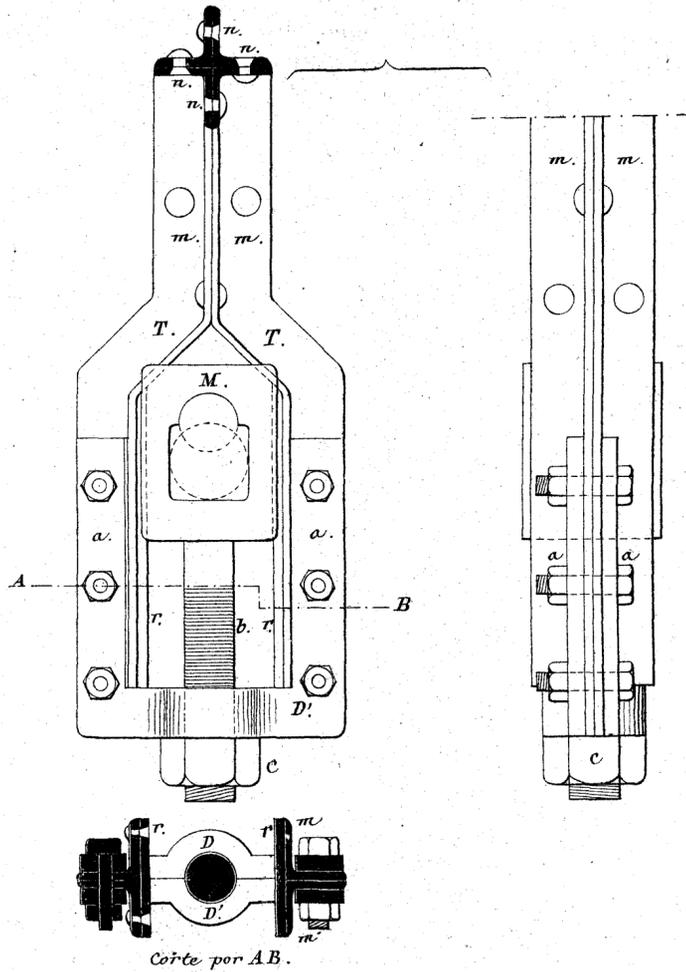


Fig. 3.  
Parte inferior de una mangueta - Escala de  $\frac{1}{5}$ .



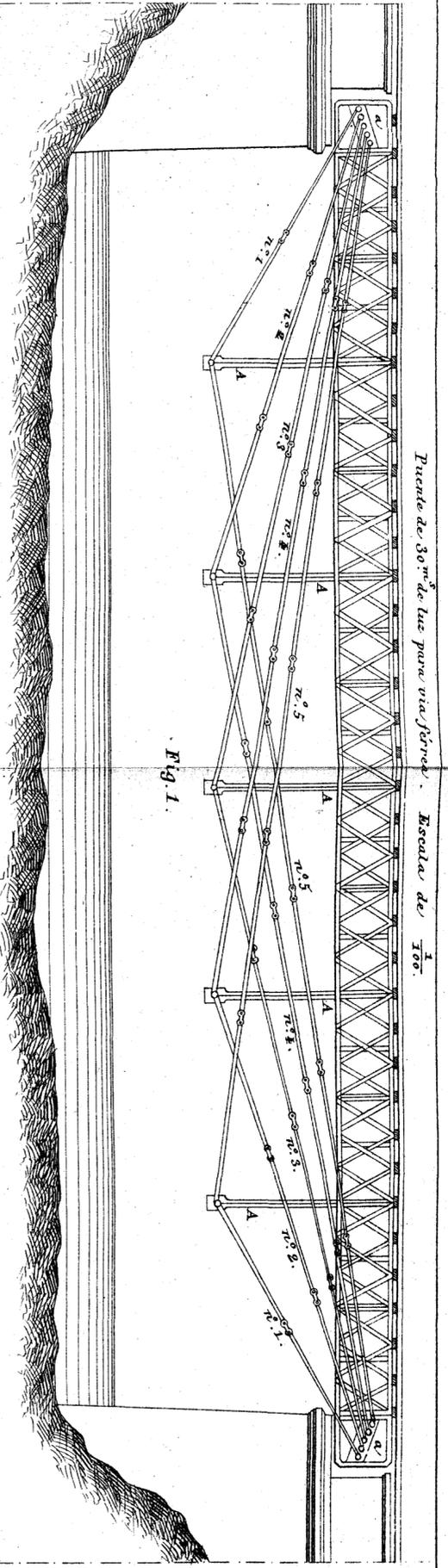


Fig. 1.

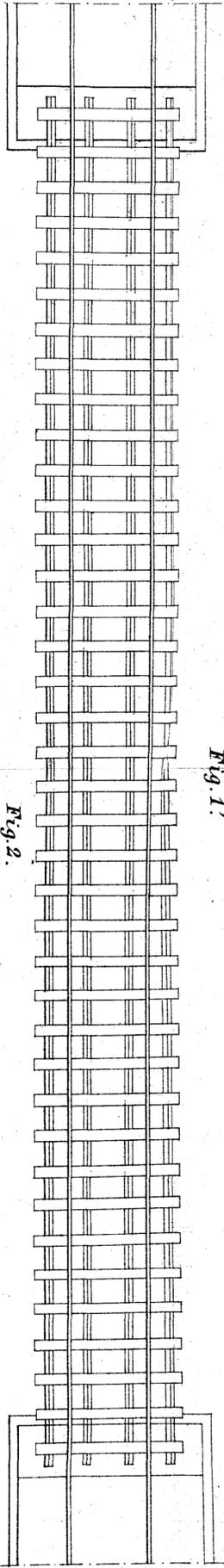


Fig. 2.

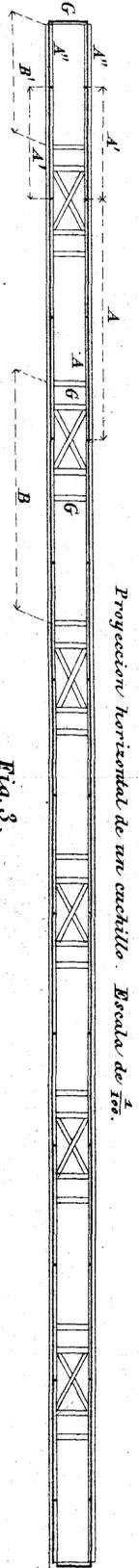


Fig. 3.

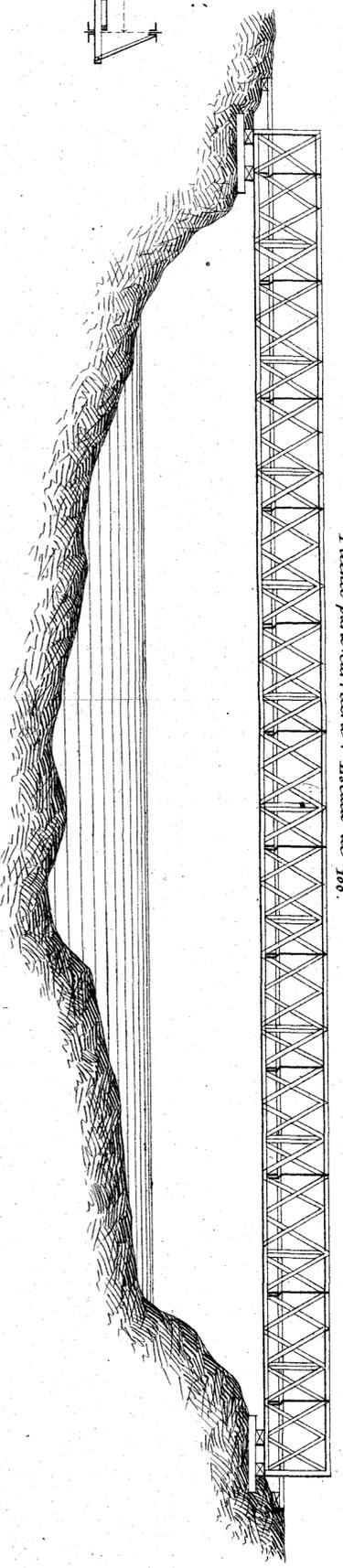


Fig. 3'.

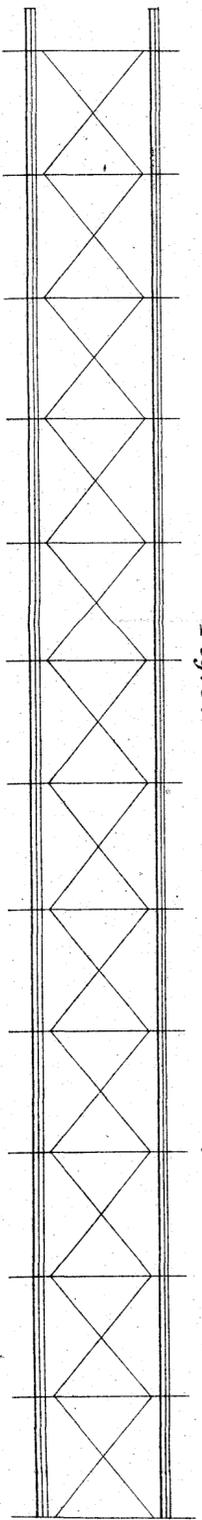


Fig. 3''.

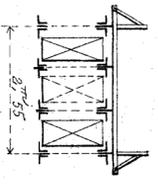


Fig. 4.

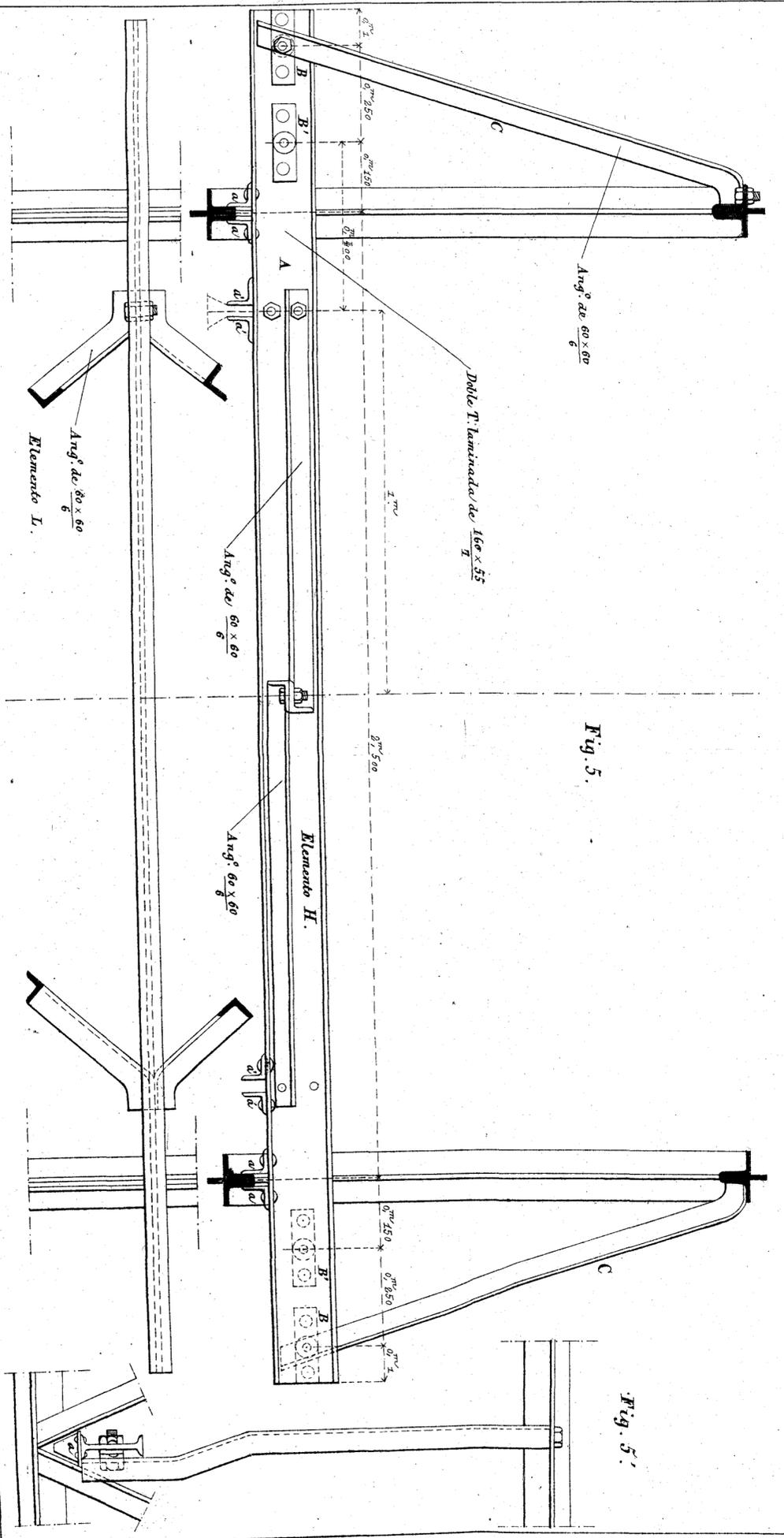


Fig. 5.

Fig. 5'.



Fig. 9.

Escala de  $\frac{1}{200}$ .

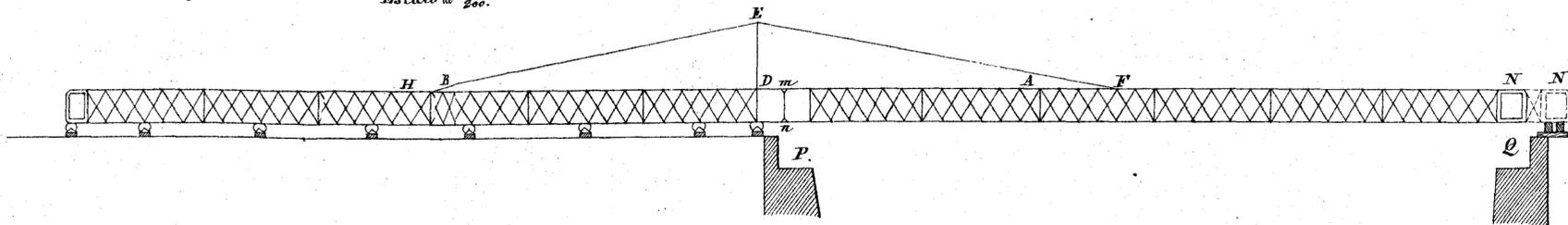


Fig. 10.

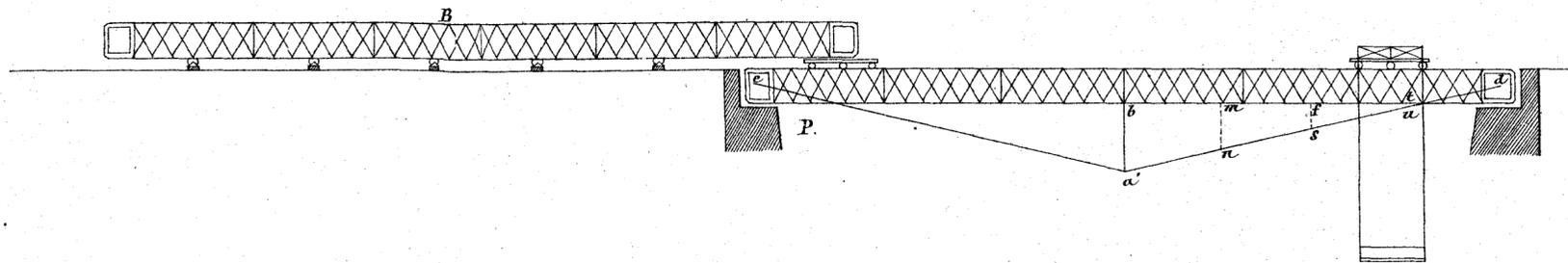


Fig. 11.

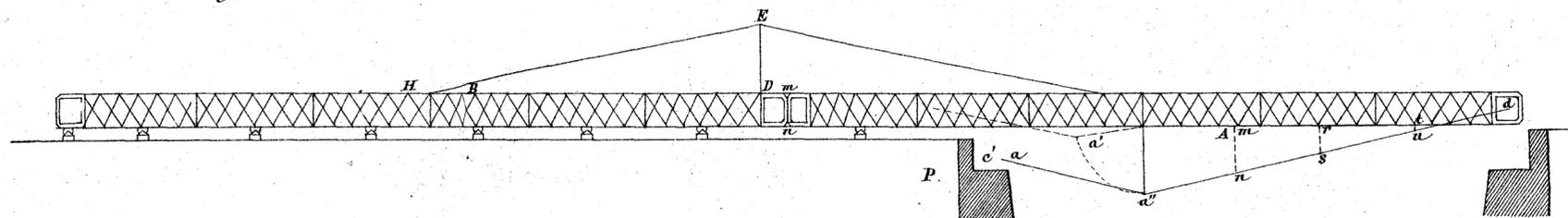


Fig. 17.

Vigueta de apeo.

Escala de  $\frac{1}{20}$ .

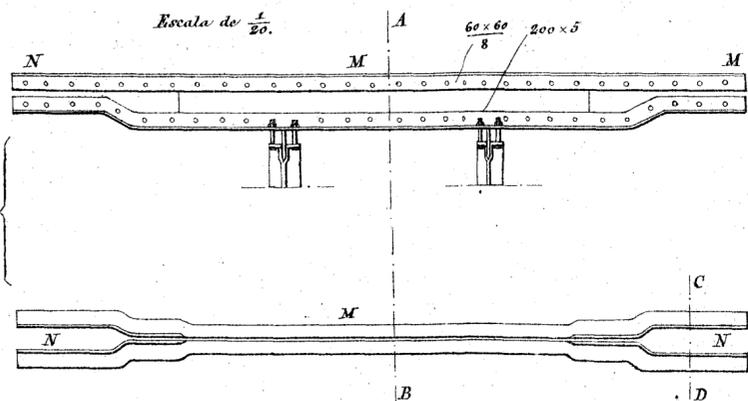


Fig. 9.

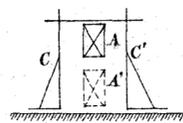


Fig. 10.

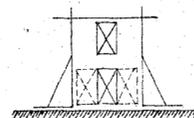


Fig. 21.

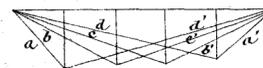


Fig. 22.

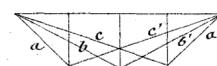


Fig. 13.

Gato de montaje. Escala de  $\frac{1}{20}$ .

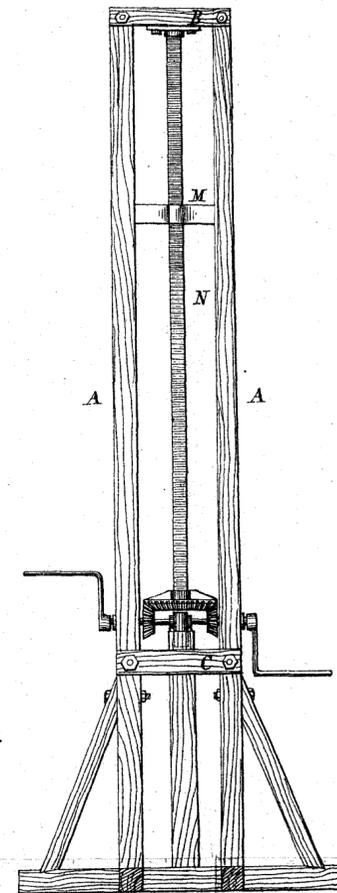


Fig. 14.

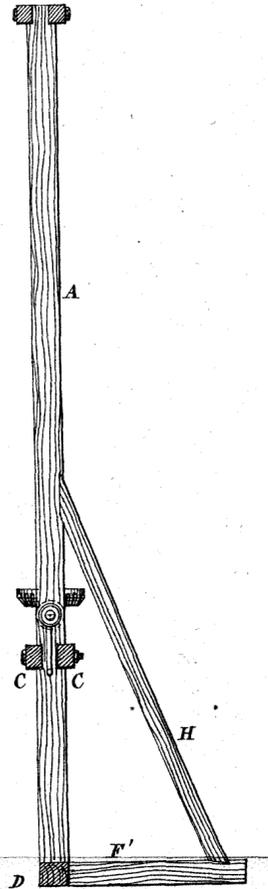


Fig. 15.

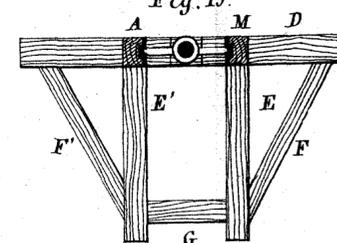
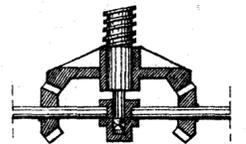


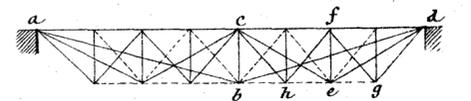
Fig. 16.

Gato de montaje. Detalle del engranaje.



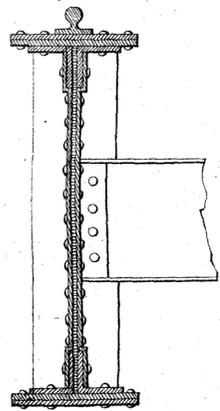
Escala de  $\frac{1}{20}$ .

Fig. 25.



Puente Marcille.

Fig. 1.  
Sección de una viga.



Escala de  $\frac{1}{20}$ .

Fig. 2.- Alzado de una viga.

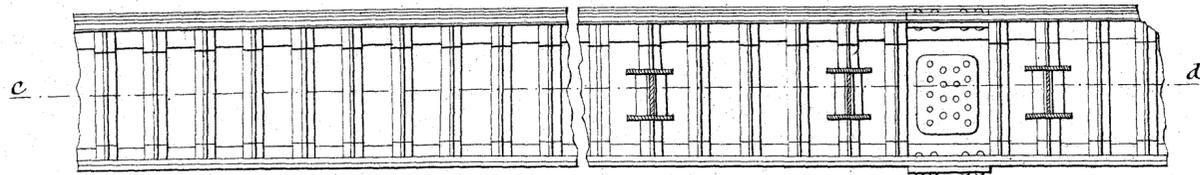
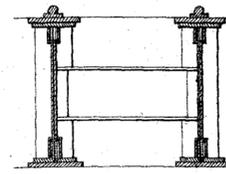


Fig. 4.- Sección por a. b.

Fig. 6.  
Corte trasversal.



Escala de  $\frac{1}{50}$ .

Fig. 12.

Corte trasversal del puente Eiffel.

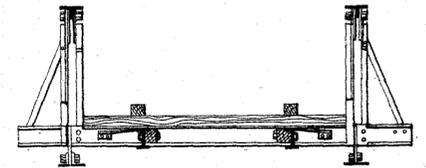


Fig. 3.- Planta.

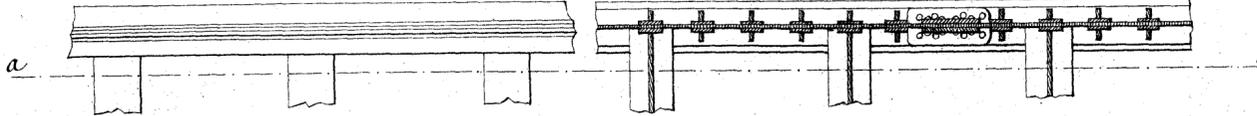


Fig. 5.- Sección por c. d. Escala de  $\frac{1}{50}$ .

Fig. 11.

Tirante inferior. Puente Eiffel.

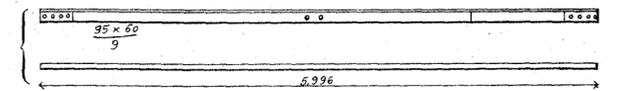
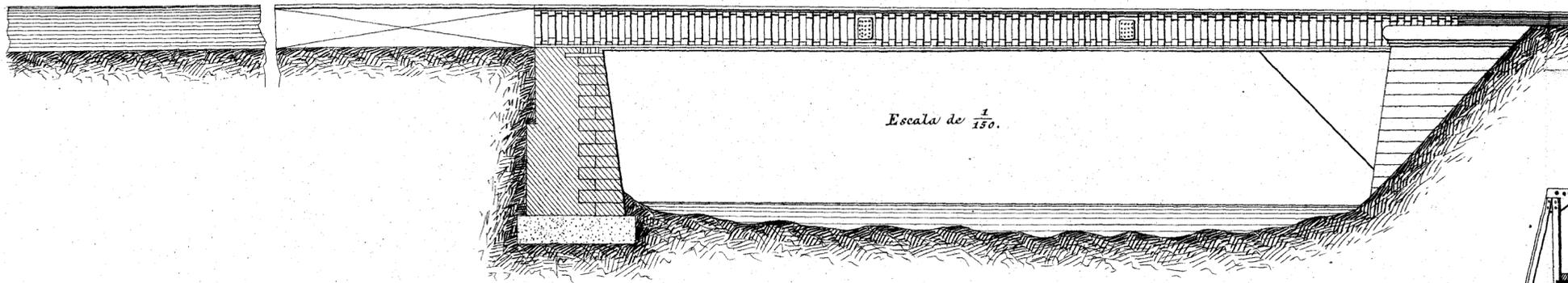


Fig. 7.

Alzado del puente.



Escala de  $\frac{1}{150}$ .

Fig. 10.

Alzado de una viga Eiffel.

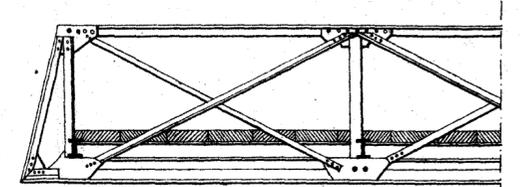


Fig. 8.

Puente Eiffel. Elemento triangular.

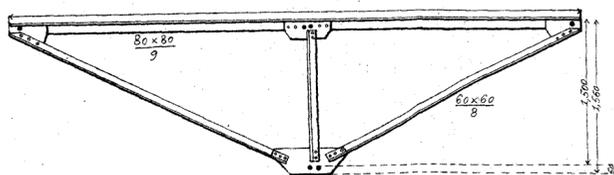


Fig. 9.

Semitriángulo.

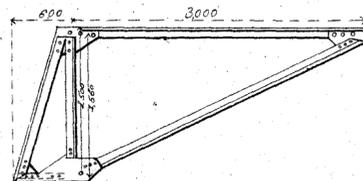
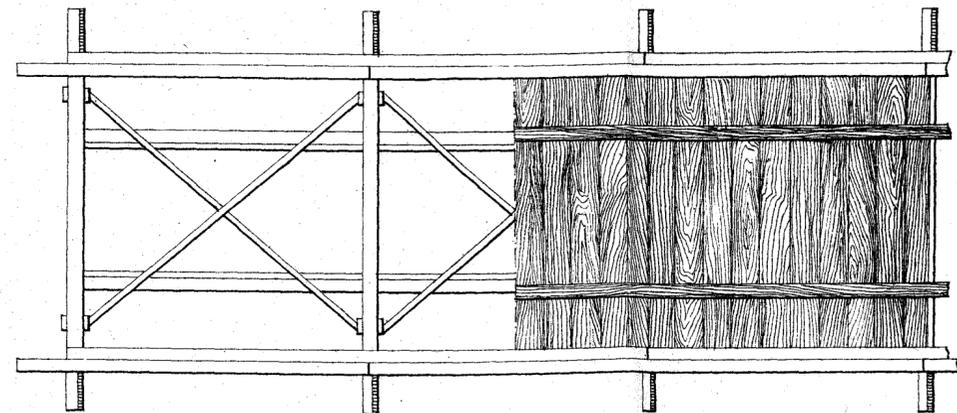


Fig. 13.

Planta del puente Eiffel.

Escala de  $\frac{1}{50}$ .



Sistema Cottrau para via ordinaria.

Fig. 20.

Sistema Eiffel, para via ordinaria.

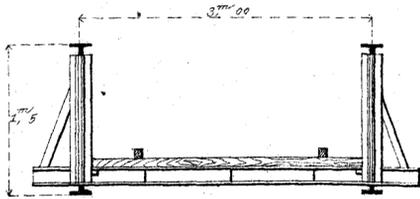


Fig. 21.—Tipo f.

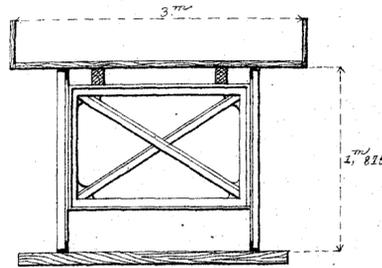


Fig. 22.—Tipo c.

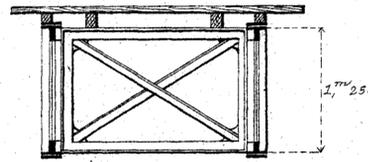


Fig. 23.—Tipo g.

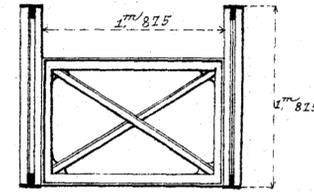
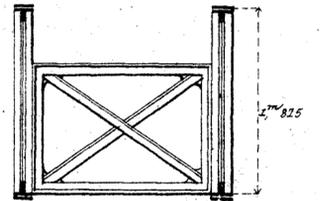


Fig. 24.—Tipo i.



Sistema que se propone para via ordinaria.

Fig. 28.

Sistema Cottrau para via férrea.

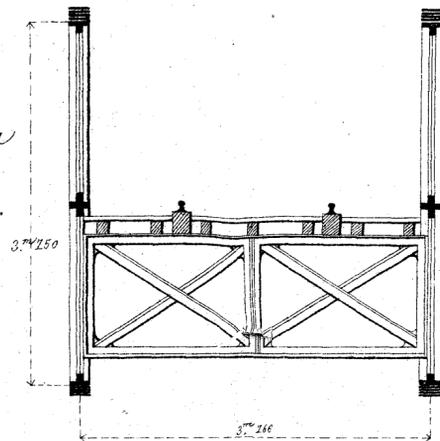


Fig. 25—Tipo n.º 1.

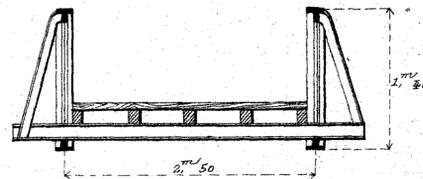


Fig. 26.—Tipo n.º 2.

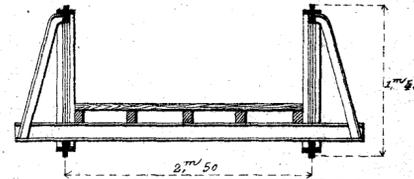


Fig. 27—Tipo n.º 3.

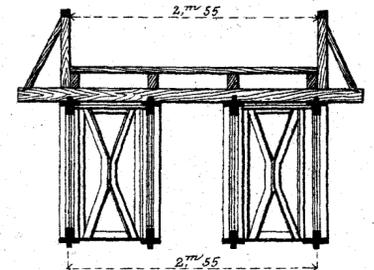


Fig. 14.

Sistema Cottrau. Elemento A.

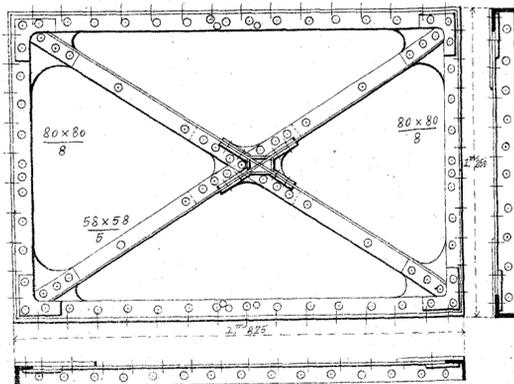


Fig. 15.—Elemento B.

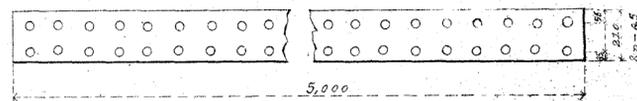
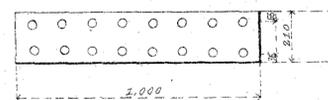


Fig. 16.—Elemento C.



Escala de  $\frac{1}{20}$ .

Fig. 17.

Alzado del Puente Cottrau.

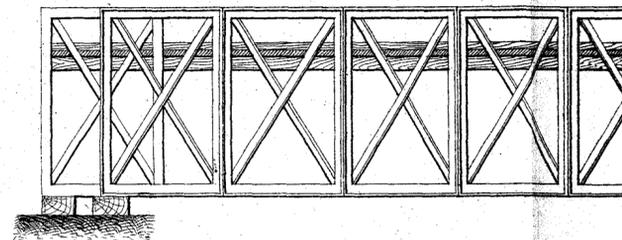


Fig. 19.

Corte trasversal.

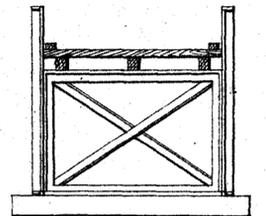
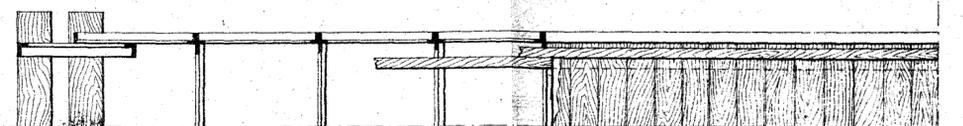
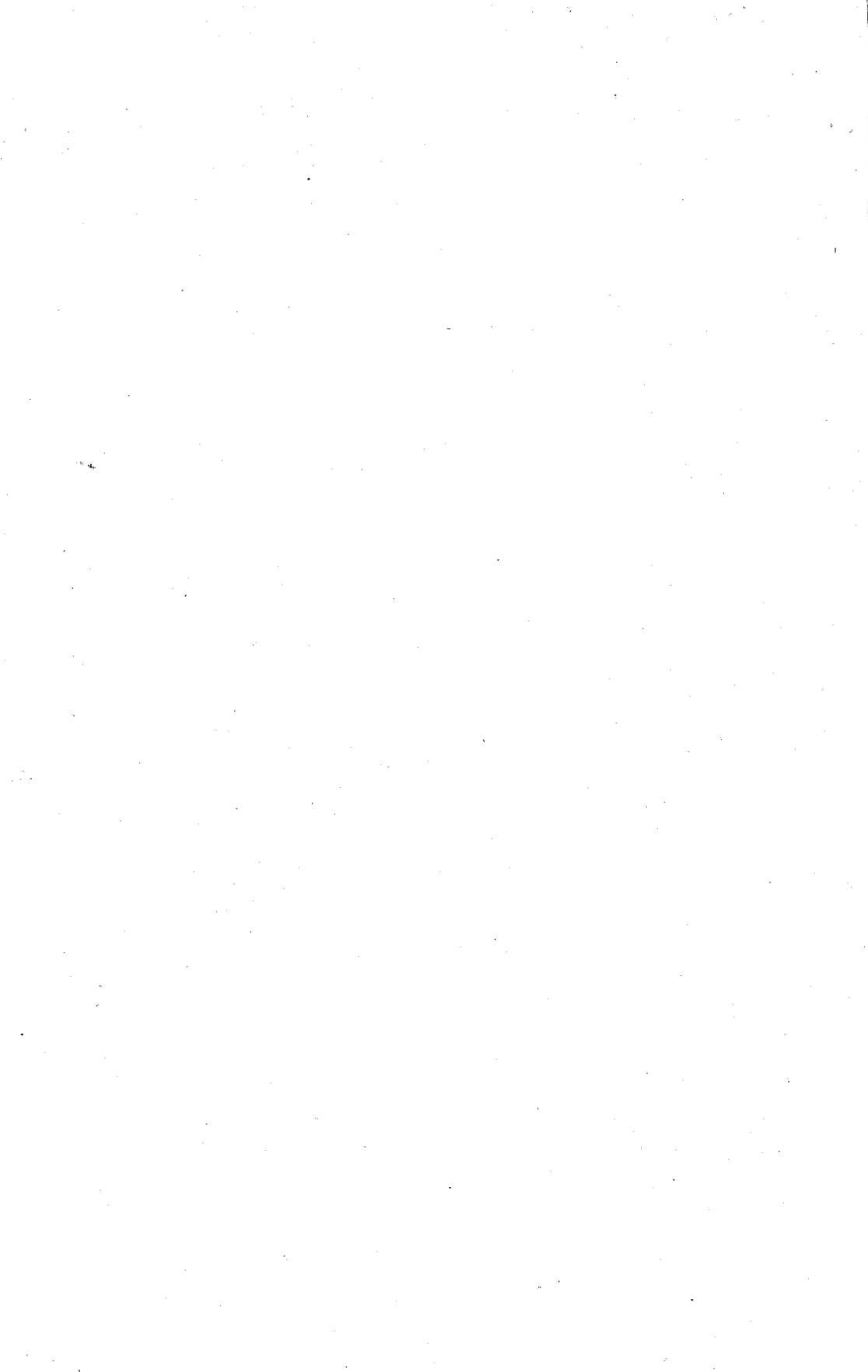


Fig. 18.—Planta.

Escala de  $\frac{1}{50}$ .

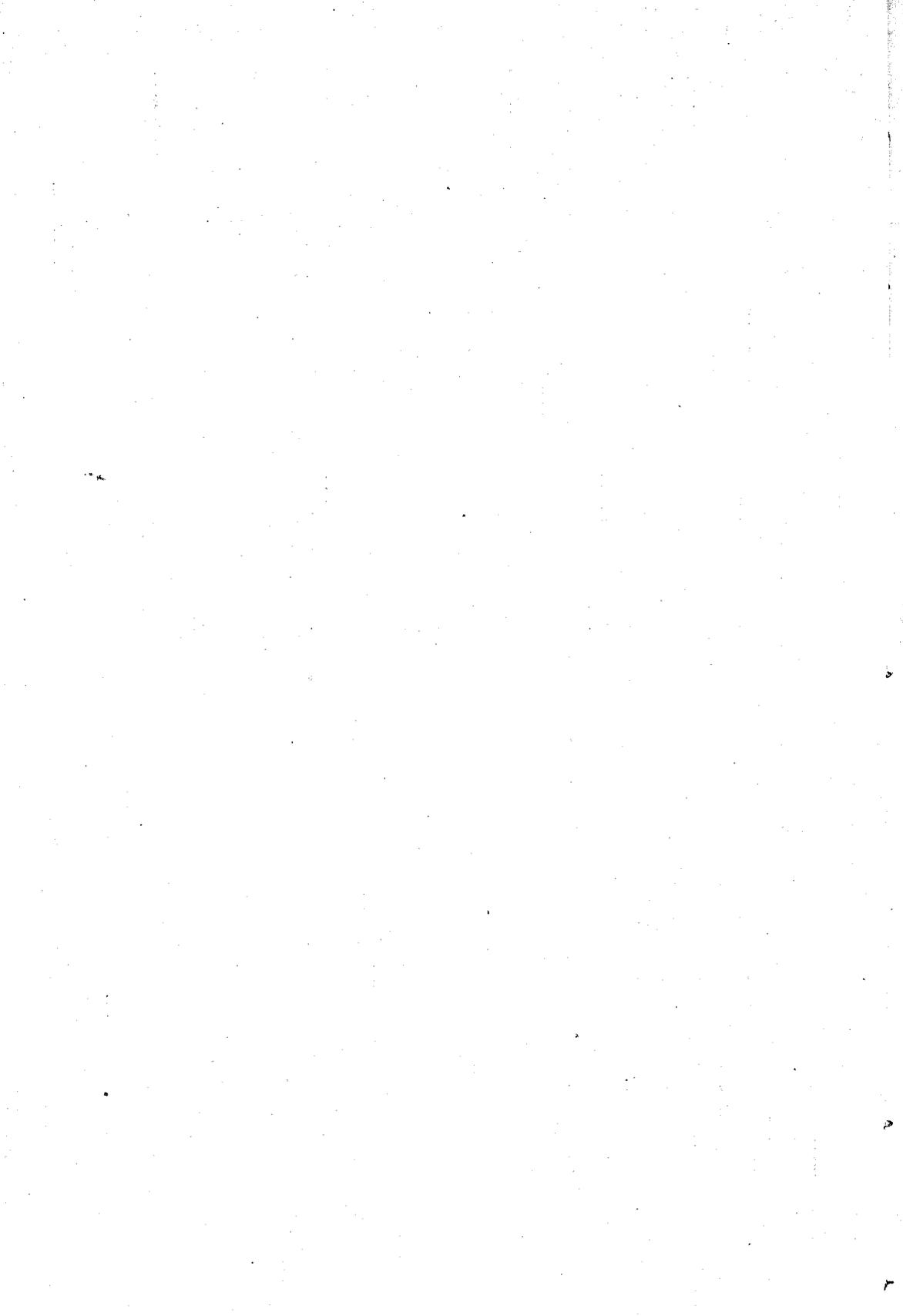




TRANVIAS

MOVIDOS POR CABLES SUBTERRÁNEOS

---



# TRANVÍAS

MOVIDOS

## POR CABLES SUBTERRÁNEOS

POR EL COMANDANTE DE EJÉRCITO

DON PEDRO VIVES Y VICH

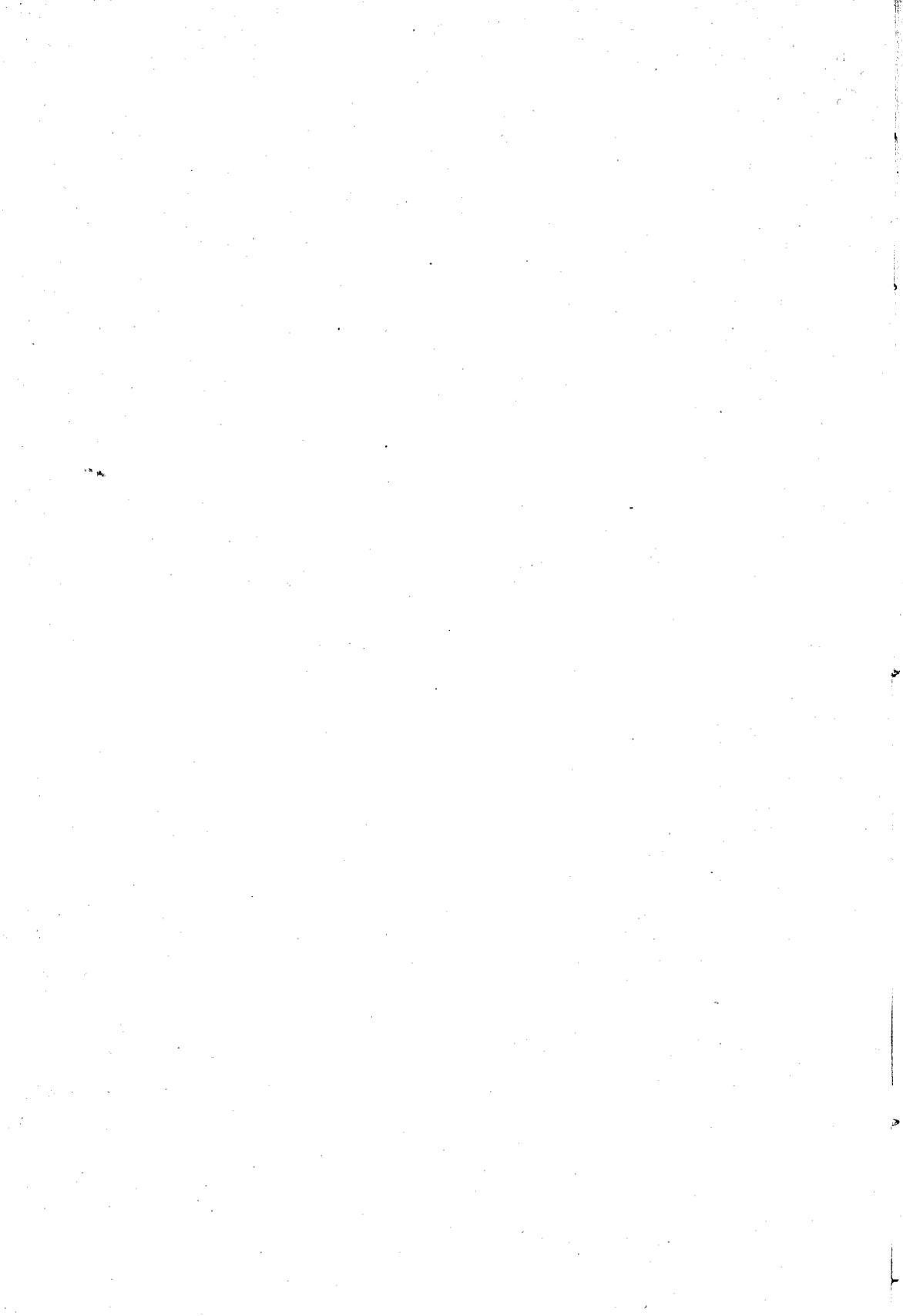
CAPITAN DE INGENIEROS



MADRID

*IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS*

1886



---

## TRANVÍAS MOVIDOS POR CABLES SUBTERRÁNEOS

---

### I.

#### PROYECTOS ANTERIORES Á LA PRIMERA LÍNEA ESTABLECIDA EN SAN FRANCISCO DE CALIFORNIA.



A facilidad de comunicaciones entre los diversos puntos de una misma poblacion, es tan necesaria, que sin ella no se concibe la existencia de los grandes centros, al ménos si han de vivir como lo exigen las necesidades de estos tiempos.

El tranvía ordinario movido por fuerza animal viene siendo, desde mediados de este siglo, el medio más comunmente empleado para lograr esta facilidad de comunicaciones; y si bien en la mayor parte de los casos satisface cumplidamente las necesidades del tráfico, en otros resulta deficiente, inaplicable, ó caro. Deficiente, porque su capacidad de trasporte es bastante limitada; inaplicable, porque las caballerías no pueden subir pendientes que se encuentran en las calles de ciertas poblaciones; y caro, porque la fuerza animal es más costosa que la fuerza de vapor. De aquí los ensayos de tranvías de vapor en el interior de las poblaciones, y la existencia de los ferrocarriles urbanos subterráneos de Lóndres y los elevados de New-York, que ofrecen una capacidad de trasporte grandísima sin interceptar para nada la circulacion de las calles; y de aquí tambien el que se hayan buscado soluciones aplicables á cualquier clase de pendientes, y más económicas que la traccion por fuerza animal.

El sistema empleado en algunas minas para el trasporte del mineral, valiéndose de grandes cubos que suspendidos de una polea corren á lo largo de un cable-carril de alambre; y los planos inclinados, por los que suben y bajan los vagones sujetos por un cable que se manobra por medio de una máquina

fija, sugirieron, sin duda, la idea de construir tranvías movidos por cables en análogas condiciones; pero la idea hubo de pasar por un largo procedimiento de ensayos y de proyectos más ó ménos afortunados, ántes de llegar á una solución del todo aceptable.

El cable de alambre empezó á sustituir con ventaja al cable de cáñamo, por lo ménos en algunas de sus aplicaciones, desde su descubrimiento, que fué en 1835, en que Mr. A. Smith obtuvo el primer privilegio de invención en Inglaterra para construir cables metálicos.

Este es el invento fundamental del sistema objeto de este estudio, pues es indudable que sin cable metálico no podría haberse aplicado mas que á cortísimas distancias dicho sistema.

Anteriormente á la aparición del cable de hierro, se habían, sin embargo, ideado algunos sistemas de locomoción que pueden ser considerados como primeros ensayos del actual tranvía de cable: tal es uno que proponía mover los carruajes articulándolos á una cadena alojada en una ranura ó carril hueco y abierto por su parte superior, cuya cadena se maniobraba por medio de una máquina fija; y otro sistema en el cual la cadena se hallaba sujeta en los dos extremos de la vía, y daba una vuelta sobre un tambor fijo en el vehículo, cuyo vehículo se ponía en movimiento haciendo girar al tambor.

Once años despues de conocido el cable metálico, Mr. E. W. Brandling, de Inglaterra, ideó un tranvía movido por un cable sin fin, que atravesaba una caja situada en la parte inferior del vehículo; dos tablas que maniobradas por medio de una horquilla desde la parte superior del carruaje, podían acercarse ó alejarse, conservándose paralelas y siempre dentro de la caja, hacían presa en el cable poniendo en marcha al carruaje, ó le dejaban correr en libertad á través de la caja, quedando parado el vehículo.

En 1858, un norte-americano, Mr. Gardner, propuso un cable que se moviera á lo largo de un pequeño túnel que tuviera una pequeña ranura de comunicación con el piso de la calle, y por la cual se verificara la unión entre los carruajes y el cable. Esta idea, que en el fondo es la misma de los actuales tranvías de cable, no pasó de mero proyecto durante muchos años, por la imperfección de los órganos cinemáticos conocidos para realizar mecánicamente el pensamiento.

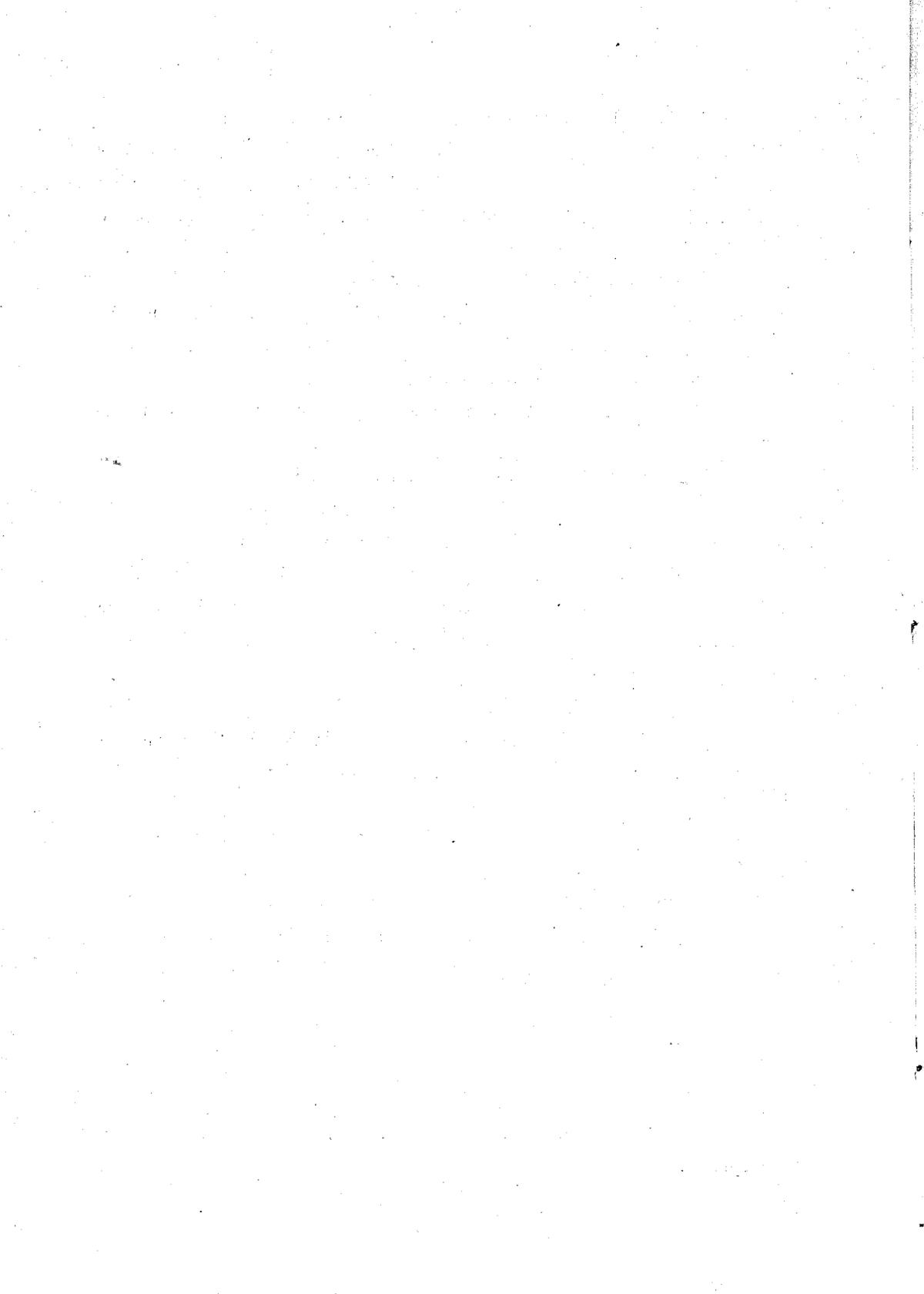
Por el mismo tiempo los Sres. Foster y Brown, tambien de los Estados- Unidos, propusieron emplear un cable aéreo sostenido por postes que le mantenian á conveniente altura: el cable se hallaba movido por una máquina fija, y en los postes resbalaba sobre poleas; los coches llevaban un aparato sobre la cubierta que podia abrirse ó cerrarse, á manera de unas pinzas, maniobrándolo desde el interior. Al cerrarse las pinzas, el carruaje y el cable se hacian solidarios, y éste seguia el movimiento de aquél; y al abrirse, quedaba independiente, y por lo tanto parado. El postecillo que sostenia las pinzas, podia tener cierto juego en el sentido del eje del carruaje, gracias á un muelle que evitaba de este modo los choques al empezar y al terminar el movimiento.

En 1864, Mr. A. C. Beach propuso un sistema de tranvías, en que el medio por el cual se trasmitía el movimiento era una cadena que corria á lo largo de un carril hueco, y á la cual los coches se unian por medio de unos brazos de hierro que caian de su parte inferior, y hacian presa en anillos colocados en los eslabones. Este sistema es notable por la perfeccion con que su autor estudió los detalles de la union de los coches con la cadena, pero como los anteriores, no pasó de proyecto.

Poco despues Mr. C. F. Harvey, dando un salto atrás, propuso emplear cuerdas ordinarias con birolas, en vez de cable de alambre. Las birolas tenian por objeto el que en ellas enganchara un brazo de hierro que pendia del carruaje.

Infinidad de ideas para perfeccionar los proyectos citados, y de proyectos nuevos referentes á tranvías por cables, se registraron en las oficinas de patentes para obtener privilegio de invencion en Inglaterra, en los Estados- Unidos y en Francia, hasta 1873, época en que el medio de locomocion de que nos ocupámos tomó definitivamente carta de naturaleza entre las aplicaciones prácticas.

En todos esos ensayos infructuosos, se veia poco á poco el progreso de los detalles, y en algunos de ellos ingeniosos mecanismos para lograr la oportuna union y separacion del carruaje y el cable; pero en el conjunto de cada sistema propuesto, habia algo suficiente á hacerlo económica ó prácticamente inaceptable.



---

## II.

### ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA DE LA CALLE DE CLAY EN SAN FRANCISCO DE CALIFORNIA.



La ciudad de San Francisco es una de las que en los tiempos modernos han crecido más rápidamente: hace cuarenta años era un pueblo de unos 1.000 habitantes, y hoy cuenta más de 250.000. Su situación, en una hermosa península á la entrada de la gran bahía que lleva el mismo nombre de la ciudad, debió parecer inmejorable á los soldados y frailes españoles que hace poco más de un siglo fundaron allí un presidio y un convento, que fué aldea durante la dominacion mejicana, y que, como por encanto, se ha convertido en la metrópoli del Pacífico, gracias al descubrimiento del oro en California, al pasar este rico país á formar parte de los Estados-Unidos de Norte-América.

El centro de la pequeña península está formado por una multitud de colinas, que por su altura y lo escarpado de sus faldas, casi merecen mejor el nombre de montañas, pues algunas de ellas tienen más de 330 piés de elevacion sobre el nivel de la bahía.

Al crecer la poblacion, se extendieron las calles por la parte llana á lo largo de la línea bañada por el agua; pero pronto resultaron insuficientes aquellas fajas, y la poblacion invadió la parte montañosa, cubriéndola al poco tiempo de anchas calles trazadas á cordel, formando manzanas cuadradas ó rectangulares, con regularidad perfecta en el plano, y haciendo caso omiso del perfil, que en algunos parajes presenta pendientes y escarpados del todo inadmisibles en una vía pública. En calles bastante céntricas hay pendientes que pasan de un 20 por 100, y en otras ménos frecuentadas, las hay que llegan al 30.

Esta manera de ser de la ciudad, hacia que en una gran parte no se pudiera transitar mas que á pié, lo cual era para la poblacion un inconveniente gravísimo, que en vano se trató de evitar por medio de zig-zags para la subida de los carruajes, pues á causa de hallarse las calles ya trazadas y en gran parte pobladas, no se disponia de espacio para trazar las subidas en buenas condiciones.

En este estado las cosas, Mr. Andrés S. Hallidie, ideó en 1870 aplicar un sistema de tranvías movidos por cables subterráneos, como medio de comunicacion en las calles que presentaran mayores pendientes. Dos años más tarde se formó una compañía para construir un tranvía de ensayo á lo largo de la calle de Clay, que se halla situada en punto muy céntrico (véase el plano, lámina I), y presenta pendientes que llegan á un 16 por 100.

La compañía emitió acciones, pero el proyecto inspiraba tan poca confianza, que el público, áun el que por vivir en la misma calle de Clay se hallaba más directamente interesado, rehusó el tomar participacion en la empresa.

A pesar de todas las dificultades, la compañía formada empezó en junio de 1873 á tender á lo largo de la calle los carriles y el tubo central por el cual habia de circular el cable, y á instalar la maquinaria que lo habia de poner en movimiento.

El dia 1.º de agosto del mismo año, se hallaba ya instalado el trozo de línea comprendido entre la plaza y la calle de Jones, y por él circulaba un cable de acero de unos 2130 metros de longitud. El primer ensayo se hizo á las cuatro de la mañana de dicho dia, en presencia de Mr. Hallidie y de las personas más directamente interesadas.

El carruaje partió de la parte más elevada de la vía (de la calle de Jones), y convenientemente asegurado con cuerdas (que se mantuvieron flojas, pero que hubieran podido evitar una desgracia en el caso de haberse producido la rotura del cable ú otro accidente inesperado) descendió sin novedad hasta la parte inferior de la línea. Dichas precauciones se tomaron por haberse observado al empezar el experimento, que los frenos ordinarios de que estaban dotados los carruajes, eran del todo ineficaces para las pendientes en que tenian que funcionar.

La mañana estaba muy húmeda, y á causa de esto el experimento parecia hacerse en desventajosas condiciones por lo más resbaladizo que pudieran estar los carriles. El operario encargado de antemano de maniobrar el aparato de embrague, tuvo miedo al llegar el momento del ensayo, y fué preciso que el mismo Mr. Hallidie se encargara de la maniobra. Durante el trayecto el carruaje se detuvo y puso en marcha diferentes veces, quedando probada prácticamente la bondad del nuevo sistema de locomocion.

Invertido el carruaje y puesto en la vía ascendente, subió sin incidente notable hasta la cumbre de la calle de Jones.

Por la tarde del mismo día 1.º de agosto se repitió el experimento, invitando al público á que lo presenciara, y se enganchó un coche ordinario de tranvía detrás al coche-embrague, ó *dummy*, para demostrar más la bondad del sistema y su capacidad de transporte. Ambos carruajes, cargados con un número de personas proporcionado á su capacidad, verificaron el descenso sin más dificultades que las originadas por la multitud de espectadores que á duras penas podia la policia contener convenientemente separados de la línea del tranvía.

Ya en el límite inferior, al pasar los coches de una á otra vía, surgió alguna dificultad, debida principalmente á la mucha aglomeracion de gente, lo cual motivó que el público creyera que habia fracasado el sistema; pero al poco rato quedó arreglado el desperfecto, y el pequeño tren empezó su viaje ascendente cargado con más de 60 personas que invadieron los coches al notar que se iniciaba el movimiento. Siendo la capacidad de éstos de 16 y 14 personas respectivamente, la prueba se verificó en desfavorables condiciones, puesto que se dobló la carga.

En un cambio de rasante, á mitad de la subida, se detuvo el tren, sin que de pronto se pudiera sospechar la causa de la interrupcion, que luégo resultó ser debida á que el cable no era arrastrado por el tambor que debia ponerle en movimiento, sino que por el contrario, éste no hacia mas que resbalar ó patinar. Se aumentó por medio de arena el rozamiento entre el cable y la garganta del tambor, y se tensó algo más el cable que estaba un poco flojo, con lo cual el pequeño tren prosiguió su marcha, sin nuevo contratiempo hasta el extremo superior de la línea.

Habiendo sido las dos pequeñas interrupciones, ocurridas en la prueba pública, debidas á causas conocidas y remediables, el sistema de Mr. Hallidie figuró desde aquel momento entre el número de sistemas prácticos de locomoción, comparable con los tranvías de sangre ó de vapor, y superior á éstos en los casos particulares de tener que ganar grandes pendientes.



---

### III.

#### DESCRIPCION DE LA VÍA Y CASA DE MÁQUINAS DE LA LÍNEA DE LA CALLE DE CLAY.



SIENDO esta línea la que ha servido de base á todos los perfeccionamientos que más tarde se han introducido á la locomocion por medio de cables subterráneos, conviene dar con algun detalle la descripcion de cada una de sus partes.

Los carriles son de los ordinariamente usados en los tranvías movidos por fuerza animal, siendo su separacion de 1,07 metros (3 piés y 6 pulgadas inglesas).

En el centro de la vía hay una ranura de 0,019 metros de anchura que corre á lo largo de la línea paralela á los carriles, y sirve para que la plancha de hierro que sostiene al aparato de embrague pueda circular sin tropiezo. La presencia de esta ranura, es lo único que exteriormente distingue una línea de tranvías de esta clase, de otra ordinaria movida por fuerza animal.

La ranura es la parte superior del tubo ó pequeño túnel por cuyo interior circula el cable que pone en movimiento al sistema, y su anchura está limitada por la condicion de que sea menor que el grueso de las llantas de los carruajes ordinarios, pues de lo contrario las ruedas de éstos se atascarian en las ranuras; satisfaciendo la anchura adoptada de 0,019 metros á esta circunstancia, y ofreciendo al mismo tiempo bastante holgura para que pueda circular el aparato de embrague.

Para que la circulacion pueda verificarse, es preciso que el paralelismo entre los carriles y la ranura sea perfecto, puesto que los carruajes se mueven

siguiendo estas tres guías de movimiento (1), y teniendo que ser muy angosta la ranura por las consideraciones expuestas, permite poquísimos juegos en el sentido transversal.

Para asegurar este perfecto paralelismo, se hicieron coincidir las traviesas de sostenimiento de la vía, interrumpidas por el tubo, con los marcos de refuerzo y sostenimiento de éste, uniendo fuertemente cada marco con los extremos de las semi-traviesas, para formar un todo rígido en la forma expresada en la figura 1 (lámina II). Los marcos-traviesas están á una distancia de 0,90 á 1,20 metros uno de otro, segun las pendientes.

El tubo era de madera, sujetándose los tablones en los marcos-traviesas de fundicion; pero la experiencia demostró bien pronto la poca duracion de la madera, y al prolongarse la línea, cinco años despues de inaugurada, hasta Van-Ness-Avenue, se construyó el tubo con marcos de fundicion rectangulares, del ancho de la vía, y de altura suficiente para contener el tubo, que se construyó de hormigon hidráulico; dejando en los marcos, á derecha é izquierda del agujero del tubo, dos grandes aberturas, para que el hormigon no tuviera ninguna solucion de continuidad, y formara un todo monolítico.

La longitud total del tranvía despues de terminado, es de 1584 metros, teniendo doble vía en toda su extension. Al verificarse el experimento en 1.º de agosto de 1873, la vía llegaba solamente hasta la calle de Jones, ó sea un poco más de la mitad de la longitud total que debia tener, y que tuvo algunos años despues.

El cable sin fin que recorre el tubo en sus dos ramas, ascendente y descendente, tiene una longitud de 3353 metros (11.000 piés) y está compuesto de 114 alambres de acero templado de 0,0016 metros de diámetro, agrupados en 6 torzales de 19 hilos cada uno. El diámetro del cable es de 0,025 metros, próximamente.

Segun los cálculos y experiencias de Mr. Hallidie, el límite de ruptura de un cable de esta especie y de la seccion transversal del citado, es una carga

---

(1) Posteriormente se ha propuesto en Inglaterra emplear flejes de acero completamente planos, en vez de carriles, en cuyo caso la ranura es la única guía de movimiento.

de unos 24.600 kilogramos (53.760 libras inglesas), y el límite de seguridad es de 3.664 kilogramos (8.000 libras.)

Como dato interesante se pone á continuación una tabla sacada de un folleto del citado Mr. Hallidie, en la cual aparecen las cargas de ruptura y las de seguridad para diversas secciones de cables de acero templado, tal como se construyen en los talleres de San Francisco llamados *California wire works*. Conservo las medidas inglesas para evitar la aglomeracion de decimales en la reduccion, y las inexactitudes consiguientes al despreciar cifras en las aproximaciones.

*Cables de acero templado.*

| Circunferencia en pulgadas. | Carga de ruptura en toneladas (*). | Carga de seguridad en libras. | Peso del cable por cada 100 piés de longitud en libras. |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1                           | 2½                                 | 800                           | 17                                                      |
| 1½                          | 4½                                 | 1.500                         | 30                                                      |
| 1¾                          | 6                                  | 2.000                         | 41                                                      |
| 1¾                          | 7½                                 | 2.500                         | 50                                                      |
| 2                           | 10                                 | 3.300                         | 65                                                      |
| 2½                          | 21                                 | 7.000                         | 100                                                     |
| 3                           | 24                                 | 8.000                         | 140                                                     |
| 3½                          | 30                                 | 10.000                        | 190                                                     |
| 4                           | 35                                 | 18.000                        | 250                                                     |
| 4½                          | 65                                 | 22.000                        | 280                                                     |

(\*) La tonelada inglesa tiene 2.240 libras.

El trazado de la línea de la calle de Clay es todo él en línea recta, presentando en el perfil las pendientes y rampas de que puede formarse idea por el perfil longitudinal de dicha calle (figura 3, lámina II), en el cual están expresadas las distancias y los desniveles en piés ingleses.

La figura 4 (lámina II) da idea de la marcha del cable; sale de la casa de máquinas, y toma la direccion de la línea por medio de la polea vertical A y de la inclinada B; asciende por la vía de la derecha hasta el extremo superior de la línea, situado en Van-Ness-Avenue, en cuyo punto, por medio de la

polea horizontal *C*, pasa á la vía descendente (izquierda); cruza por frente á la casa de máquinas, sin detenerse, por encima de la polea *A*; pasa nuevamente á la vía ascendente en la parte inferior de la línea por medio de la polea horizontal *D*, y al llegar á la altura de la casa de máquinas, penetra en su interior guiado por la polea inclinada *E* y por la vertical *F*, que le obligan á tomar una dirección paralela á la de salida, y perpendicular á la línea. En el interior del edificio se cierra el circuito ó cadena sin fin, formado por el cable de la manera que más adelante se detallará.

Frente á la casa de máquinas hay un subterráneo bastante espacioso, para alojar las poleas *A*, *B*, *E* y *F*, que comunica directamente con los tubos subterráneos de la línea.

Todas las grandes poleas de cambio de dirección, tienen 2,44 metros de diámetro, siendo ésta también la separación ó equidistancia de las ranuras ascendente y descendente.

El cable se halla, además, sostenido y guiado por pequeñas poleas de 0,28 metros de diámetro, colocadas á lo largo de ambas vías, á unos 12 metros de distancia unas de otras, en el interior del tubo, para evitar el rozamiento con el fondo y las paredes del mismo. En las figuras 1 y 2, se vé de frente y de costado, en *A*, una polea de esta clase. El diámetro de 0,28 metros se determinó por las condiciones de tener que estar la polea contenida dentro del túnel, y de haber de quedar algunos centímetros por debajo de la línea *aaa* (figura 2), que es el camino recorrido por la parte más baja del aparato de embrague al circular por la vía.

En los cambios de rasante en que se producen ángulos salientes (al pasar de un tramo en rampa á otro horizontal, ó ménos inclinado en la subida), basta una ó varias poleas de esta clase en la curva del vértice de las dos rasantes, para evitar que el cable roce contra el fondo del tubo.

En los cambios de rasante que producen ángulos entrantes (al pasar de un tramo horizontal ó ménos inclinado, á una rampa mayor, en la subida), el cable está guiado por tres poleitas *B, B, B* (figura 2), que impiden el rozamiento con el techo del tubo.

El diámetro de estas poleas está también limitado por la condición de tener que quedar todas ellas algunos centímetros por encima de la línea *aaa*

que describe el aparato de embrague en su movimiento, pues de lo contrario se producirían choques entre el aparato y las poleas.

Aun cuando más adelante se describirá con detalle el aparato, no estará ahora de más hacer notar la particularidad de que en su parte inferior presenta la figura de una L, lo cual le permite verificar la aprehension del cable á algunos centímetros de distancia del plano vertical de la ranura, que es ligeramente excéntrica respecto á la vía (figura 1). Las poleas *B, B, B*, se hallan montadas debajo del techo del túnel al lado de la ranura.

Gracias á las disposiciones indicadas, el carruaje puede recorrer las dos vías en toda su extension, con el aparato de embrague cogido al cable, sin tropezar en las poleas de sostenimiento; teniendo únicamente que desembargar al pasar por las poleas de cambio de direccion.

Al pasar el carruaje por frente á la casa de máquinas, al recorrer la vía ascendente (derecha de la figura 4), hay que soltar el cable antes de llegar á la polea *E*, y no volverlo a coger hasta pasada la polea *B*, marchando durante este brevísimo tiempo el coche con la velocidad adquirida, favorecida por la pendiente de la vía (figuras 3 y 4).

En los extremos de la línea hay disposiciones especiales para pasar los coches de una á otra vía.

En el extremo inferior el paso se verifica tal como está indicado en la figura 5, en la cual está marcado con el número 1 el coche que lleva aparato de embrague, llamado *dummy*, y con el número 2 el coche ordinario unido á él. Al llegar el pequeño tren á la posición indicada en la vía descendente, se desenganchan los coches, y se hace que el aparato de embrague suelte al cable, que precisamente en este pasaje pasa a la suficiente profundidad para que el *dummy* pueda circular con el aparato de embrague dentro del tubo sin tropezar con el cable ni con las poleas. En este estado el coche número 1 desciende solicitado por la gravedad hasta la plataforma *A*, provista de una ranura y un hueco interior para contener al aparato de embrague, y allí se le hace dar un cuarto de giro, pasando luego á la plataforma *B*, en la cual sufre otro cuarto de giro y se halla ya sobre la vía ascendente. Mientras el coche número 1 es maniobrado en la plataforma giratoria *A*, el número 2 desciende por el desvío directo, y, atravesando la plataforma *B*, se coloca en

el pedazo de vía que hay á continuacion; de manera que cuando el número 1 llega á la plataforma *B*, el número 2 está ya en disposicion de ser enganchado nuevamente. En la figura 5 está indicado el camino recorrido por cada vehículo.

En el extremo superior de la línea, el paso de los carruajes de una á otra vía se efectúa por medio de dos plataformas giratorias, análogas á las *A* y *B*, pasando los dos coches por ellas uno despues de otro; no pudiéndose verificar el paso simultáneo de los dos vehículos, como en el límite inferior, por hallarse el terreno en contrapendiente y no haberse podido utilizar la accion de la gravedad para que el vehículo número 2 descendiera por el desvío.

---

La casa de máquinas se halla situada en la misma calle de Clay, esquina á la de Leavenworth (figura 4, láminas I y II) á unos 1000 metros de distancia del extremo inferior de la línea. Es un edificio cuadrado, de unos 20 metros de lado, en el cual, además de los aparatos motores, se hallan instalados el depósito de carruajes, la estacion y las oficinas.

Las calderas, máquinas y aparatos de trasmision, están instalados en el piso subterráneo, situado á 4,50 metros más bajo que el nivel de la acera de la calle, en la forma indicada en la figura 6, que es un plano de este local.

El depósito de carbon se halla debajo de la acera de la calle Clay, lo cual facilita notablemente la descarga del combustible, que se introduce en los depósitos por medio de trampas practicadas en la misma acera.

Las calderas y máquinas de vapor no ofrecen ningun detalle digno de particular mencion. Estas últimas, en número de dos, son horizontales, sus cilindros tienen 0,36 metros de diámetro por 0,71 de longitud, y los émbolos recorren una distancia lineal de 162,15 metros por minuto. Cada máquina puede desarrollar una fuerza de 30 caballos de vapor, y conectarse ó desconectarse de la otra á voluntad.

El cable se pone en movimiento por los siguientes órganos cinemáticos:

El tambor *TT* (figura 6, lám. III), de 2,44 metros de diámetro, es movido por las ruedas dentadas *P*, *P*, *P* y *P*, de las que la mayor está montada sobre

el mismo eje del tambor. Los diámetros de estas ruedas dentadas se han determinado en vista de la velocidad que se ha querido dar al tambor  $TT$ .

Otro tambor  $RR$ , del mismo diámetro, se halla montado sobre un pequeño carro que puede trasladarse á lo largo de los carriles  $ab$ ,  $ab$ , desde el extremo  $aa$ , casi tocando al tambor fijo, hasta el extremo  $bb$ , á 15 metros de distancia del mismo. El carro que soporta al tambor móvil, se halla constantemente solicitado por un cable, de cuyo extremo pende un contrapeso en direccion al punto  $bb$ .

En prolongacion de los carriles  $ab$ ,  $ab$ , están las dos grandes poleas verticales  $AA$  y  $FF$ , y las dos inclinadas  $BB$  y  $EE$ , de que se ha hecho mencion al describir la entrada y salida del cable en la casa de máquinas, las cuales van señaladas con las mismas letras en la figura 4.

La misma figura 6 hace ver el curso del cable desde que entra guiado por la polea  $FF$ , hasta que sale por la  $AA$ ; en efecto, de la primera de las citadas poleas vá el cable al tambor fijo  $TT$ , retrocede para arrollarse sobre el tambor móvil  $RR$ , vuelve al  $TT$ , y desde su parte superior, vá á las poleas  $AA$  y  $BB$ , que le conducen de nuevo á la vía.

Gracias á esta disposicion, el cable tiende constantemente á aproximar el tambor  $RR$  al  $TT$ ; y como el contrapeso obra en opuesto sentido, resulta que el cable se halla siempre convenientemente tendido, siendo el tambor móvil  $RR$  el verdadero tensor.

Si el cable sufre alguna extension por efecto de la temperatura ó de un exceso de tráfico, el tambor móvil  $RR$  se acerca automáticamente al extremo  $bb$  de la pequeña vía, sobre la que puede correr; y siendo el desplazamiento que puede sufrir el tambor  $RR$ , de unos 15 metros, y dando el cable una vuelta completa alrededor de los tambores  $TT$  y  $RR$ , resulta que el cable puede sufrir sin aflojarse un alargamiento de unos 30 metros, ó sea cerca de  $\frac{1}{100}$  de su longitud total.

Esta disposicion del aparato tensor, es un perfeccionamiento del que se empleó en los primeros tiempos de la explotacion del tranvía. La tension del cable se verificaba por medio de la gran polea horizontal  $D$  (figura 4), situada en el límite inferior de la línea, la cual estaba montada sobre un carro que

podía resbalar sobre carriles paralelos á la vía, y que se hallaba también solicitado por un contrapeso. La experiencia demostró bien pronto los inconvenientes de que el aparato tensor se hallara en un paraje oculto á la vista de los empleados, donde cualesquiera descomposición exigía una suspensión del tráfico; inconvenientes que se hacían sentir más por hallarse precisamente la polea *D* (figura 4) debajo de las plataformas *A* y *B* (figura 5) de cambio de vía, y ser por lo tanto en el paraje en que se detienen los pequeños trenes al terminar la carrera descendente.

Con el actual sistema, todo lo que puede ofrecer peligro de descomposición, se halla á la vista de los empleados de la casa de máquinas; no quedando en los tubos subterráneos más que el cable y las diversas poleas que guían su movimiento.

En momentos de mucho tráfico, á pesar de la acción del aparato tensor, sucedía que el rozamiento entre el cable y los tambores *TT* y *RR* (figura 6), no era lo suficientemente grande para producir el movimiento de los trenes, y el cable resbalaba sobre las gargantas de los tambores, pudiéndose decir que *patinaba* sobre ellos. Para evitar este inconveniente, bastaba de momento un poco de arena para aumentar el rozamiento entre el cable y los tambores, pero se ideó un sistema permanente para remediar esta clase de interrupciones.

El medio consistió en dotar á las dos gargantas del tambor *TT*, por las cuales pasa el cable, de una serie de pequeñas piezas de metal, susceptibles de cierto juego, de las cuales da idea la figura 7, que representa una sección transversal de la garganta del tambor, y un par de estas pequeñas piezas; *K, K, K*, es la garganta invariablemente unida al tambor; *i, i*, son dos piezas metálicas que encajan dentro de la  que forma la garganta, de modo que puedan tener un ligero movimiento de rotación alrededor de los puntos *X, X*, manteniéndose dichas piezas constantemente levantadas todo lo que la figura de la garganta les permite, gracias á un muelle situado en su parte inferior, y que no aparece en la figura. Las piezas *i, i*, tienen dos apéndices superiores, *r, r*, que forman todos unidos una garganta articulada. Cada garganta está dotada de 80 ó 100 pares de estas piezas metálicas ó pinzas.

Al pasar el cable *h* por la garganta articulada formada por las piezas *i, i*, y sus apéndices *r, r*, las hace descender sobre la garganta fija, tanto más

cuanto mayor sea la tension del cable; y éste, á su vez, es oprimido lateralmente por los apéndices  $r, r$ , que obran sobre el cable como verdaderas pinzas, y le arrastran, haciéndole seguir el movimiento de la polea y evitando todo resbalamiento. La presion de los apéndices  $r, r$ , sobre el cable, crece á medida que el cable oprime más á las piezas metálicas, ó sea á medida que es mayor su tension, y, por lo tanto, los rozamientos se producen y crecen á medida que van siendo necesarios.

Las demás dependencias de la casa de máquinas, no ofrecen interés especial.





---

## IV.

### MATERIAL MÓVIL DE LA LÍNEA DE LA CALLE DE CLAY.



Los carruajes que circulan por esta línea, son, como ya se ha indicado, de dos clases diferentes; unos dotados de aparato de embrague para poder soltar ó coger el cable á voluntad, llamados *dummy*; y otros que se enganchan á la parte posterior de éstos, y que pertenecen al tipo comun de los carruajes empleados en los tranvías ordinarios.

En la figura 1 se vé la seccion transversal del *dummy*, y en la 2 una vista longitudinal. En estos carruajes se ha logrado que puedan acomodarse 16 personas, seis á cada lado y cuatro en el frente; que quede un espacio ó pasillo central de suficiente anchura para que el maquinista pueda maniobrar holgadamente el aparato de embrague, y que los pasajeros ocupen una posicion lo suficientemente baja para que el maquinista pueda dominar por encima de sus cabezas el terreno inmediato, y detener á tiempo el tren cuando se presente algun obstáculo en la vía.

La parte más interesante del *dummy*, y de todo el material móvil, es, sin duda alguna, el aparato de embrague; que por lo mismo que tiene que satisfacer á muy variadas condiciones, ha sido durante algun tiempo la principal dificultad para el plánteamiento del sistema.

En la parte anterior del pasillo central del *dummy*, hay cuatro fuertes piés de hierro, *C, C, C, C* (figuras 1 y 2), que sostienen una tuerca *DD*, que puede girar dentro de un collar sujeto á los piés derechos, sin variar de altura respecto al piso del *dummy*; la parte superior de la tuerca está coronada por el volante *EE*, que sirve para maniobrarla.

Un grueso tornillo  $FF$  (figuras 1 y 2), dotado de una ranura en el sentido de una de las generatrices del cilindro, que encaja en un apéndice fijo en los piés  $C, C, C, C$ , puede moverse de arriba á abajo y de abajo á arriba sin girar, trasformándose por este medio el movimiento circular del volante  $EE$  en rectilíneo alternativo del tornillo  $FF$ , por el intermedio de la tuerca  $DD$ . El tornillo  $FF$  termina en una plancha partida,  $G, G, G, G$  (figuras 1, 2 y 8), que penetra por la ranura al interior del tubo.

En el interior del tornillo  $FF$ , que es hueco, se aloja una varilla  $KK$  (figuras 1, 2 y 8), terminada en tornillo en su parte superior, que juega con una tuerca situada en el centro del volante  $HH$ , cuyo volante puede girar libremente en una garganta en que termina el tornillo  $FF$ , originándose de este modo otra trasformacion de movimiento idéntica á la anterior, entre el volante  $HH$  y la varilla roscada  $KK$ . Esta varilla penetra en el tubo por entre las dos planchas  $GG, GG$  (figura 8), en que termina el gran tornillo  $FF$  (figuras 1 y 2).

A la parte inferior de las planchas  $GG, GG$  (figura 8), va cosida una pieza de hierro  $AAA$ , que sostiene al aparato de embrague propiamente dicho, permitiéndole un ligero movimiento transversal respecto al eje del carruaje. Dentro de la pieza  $AAA$ , juega el marco rectangular  $BBBB$ , por medio de las dos ranuras longitudinales que encajan en las lengüetas de la pieza  $AAA$ . El marco móvil termina por la izquierda en un apéndice  $m$ , dotado de una ranura semicilíndrica de diámetro un poco inferior al del cable.

Los lados mayores del marco móvil  $BBBB$  (figura 8), tienen interiormente dos lengüetas que sirven de guías de movimiento á la pieza  $CC$ , que lleva sus correspondientes ranuras, y termina por su parte inferior en un apéndice  $n$ , simétrico al  $m$ , con su correspondiente ranura semicilíndrica frente á la otra; de manera que al hallarse la pieza  $CC$  en su extrema posición hácia la izquierda (que es la marcada en la figura 8), las dos ranuras semicilíndricas de los apéndices  $m$  y  $n$  forman un pequeño tubo cilíndrico de diámetro un poco inferior al del cable. La pieza  $CC$  puede correr dentro del marco que la contiene desde la posición indicada en la figura, hasta ponerse en contacto la arista  $rr'$  con la  $ss'$ .

Para que sea visible la pieza  $CC$ , en la figura 8 se supone arrancado uno de los lados del marco  $BBBB$ .

El movimiento de traslación de la pieza  $CC$ , dentro del marco, se verifica por medio de la cuña  $DD$ , fija en la parte inferior de la varilla  $KK$  (figuras 1, 2 y 8); dicha cuña tiene en su parte posterior dos lengüetas, una vertical y otra inclinada, que encajan, la primera, en una ranura vertical  $s'$ , fija en el marco  $BBBB$  (figura 8); y la segunda, en otra ranura inclinada  $r'$ , situada en la pieza  $CC$ . Al descender la cuña  $DD$  empujada por la varilla  $KK$ , la arista  $rr'$  se acerca á la  $ss'$ , y los apéndices  $m$  y  $n$  se separan, dejando abierto el tubo que formaban. Al subir la cuña  $DD$  arrastrada por la varilla  $KK$ , por el contrario, la arista  $rr'$  se separa de la  $ss'$ , y los apéndices  $m$  y  $n$  se ponen en contacto, dejando restablecido el pequeño tubo.

Hallándose el cable á la altura de las ranuras semicilíndricas de los apéndices  $m$  y  $n$ , se comprende que cuando los apéndices se ponen en contacto, el cable queda cogido por el aparato de embrague, y cuando se separan quedan independientes el aparato y el cable.

Los citados apéndices  $m$  y  $n$ , llevan un par de poleas en cada extremo, sostenidas por piezas de caucho, que las hacen permanecer unidas aun cuando los apéndices se separen; cuyas poleas tienen por objeto guiar al cable á la entrada y salida del aparato de embrague, y mantenerlo constantemente á la conveniente altura, para que al acercarse los dos apéndices  $m$  y  $n$ , le cojan entre sus dos ranuras. En la figura 8 no se han representado las poleas para evitar confusión, pero en las figuras 1 y 2 se pueden ver los dos pares, marcados con las letras  $pp$ ,  $pp$ .

Para meter y sacar el aparato de embrague del tubo, hay en diversos parajes de la vía unas pequeñas aberturas en el pavimento, cerradas con puertas de dos hojas, dispuestas de tal manera, que estando cerradas dejan entre sí una separación igual á la ranura; y estando abiertas, dejan espacio suficiente para que pueda salir el aparato de embrague con todos sus accesorios.

Una vez introducido el aparato de embrague en el túnel, por cualquiera de estas puertas, para lo cual basta hacer descender el aparato maniobrando el volante  $EE$  (figuras 1 y 2), si se quiere que el cable se introduzca en el

aparato, basta seguir maniobrando el volante  $EE$  hasta que las poleas  $pp$  tropiecen con el cable; y como están montadas de modo que pueden desplazarse lateralmente, se abran para dar lugar á que se coloque entre las gargantas de las poleas. Como el cable está constantemente en movimiento, al pasar por entre las poleas las hace girar, sin arrastrar en su movimiento al carruaje.

Para ello es preciso maniobrar el volante  $HH$  (figuras 1 y 2), para hacer subir la varilla  $KK$  (figuras 1, 2 y 8), que en su movimiento arrastrará á la cuña  $DD$ , la cual, acercando el apéndice  $n$  al  $m$ , hará que entre ambos cojan al cable, obligándole á arrastrar al *dummy* en su movimiento.

Hay que tener especial cuidado de que el aparato de embrague quede á la conveniente altura dentro del tubo, para que al ponerse en marcha recorra precisamente la línea  $aaaa$  (figura 2), pues si pasara más alto ó más bajo, se producirían choques contra las poleas superiores ó inferiores que guían el movimiento del cable dentro del tubo. Para asegurar esta condición, en el volante  $EE$  (figuras 1 y 2), hay una varilla acostada, que por medio de una charnela puede girar hasta ponerse vertical; y está el aparato dispuesto de tal modo, que cuando el extremo superior de esta varilla (hallándose vertical) toca al volante  $HH$ , el aparato de embrague se halla á la altura requerida.

Para obligar al cable á que éntre en las gargantas de las poleas  $pp$ ,  $pp$  (figura 2), es necesario bajar el aparato algo más de lo que corresponde á su posición de marcha; pero hay que tener cuidado de volverlo á subir á esta posición ántes de embragar.

Hallándose el carruaje en movimiento, para detenerlo, ó sea para desembragar, basta hacer descender por medio del volante  $HH$ , la varilla  $KK$  (figura 8), con lo cual la cuña  $DD$  hace separar el apéndice  $n$  del  $m$ , y el cable queda en libertad resbalando entre las poleas  $pp$ ,  $pp$  (figuras 1 y 2), sin arrastrar al *dummy* en su marcha.

Si se quisiera que el aparato se separára totalmente del cable, bastaría hacerle subir por medio del volante  $EE$ , hasta que la tensión del cable, para recobrar su posición natural, venciera la resistencia de los montajes de caucho que sostienen las poleas, y recobrára, por lo tanto, su posición, quedando cable y aparato independientes.

La operacion de meter el aparato de embraque en el tubo, solo se hace al colocar el *dummy* en la línea, no habiendo necesidad de levantar el aparato mas que en caso de descomposicion, ó para sacar el *dummy* de la línea. Estas operaciones se hacen siempre frente á la casa de máquinas, exceptuando en los casos de avería, en que puede sacarse el aparato por cualquiera de las puertecitas que hay á lo largo de la vía.

La operacion de coger y soltar el cable, se repite en cada viaje redondo tres veces; una en cada uno de los dos extremos de la línea, para pasar de una á otra vía; y otra para salvar la solucion de continuidad que presenta el circuito formado por el cable frente á la casa de máquinas en la vía ascendente. Al llegar el *dummy* á la altura de la polea *E* (figura 4), suelta al cable y sigue por la velocidad adquirida en la pendiente que separa las calles de de Jones y de Leavenworth (figura 3), hasta rebasar la polea *B* (figura 4), en cuyo sitio coge de nuevo al cable como ya se ha indicado.

La operacion de embragar ó desembragar, para empezar ó detener la marcha, se hace cada vez que tiene que subir ó bajar algun pasajero; pero generalmente se evitan las detenciones en los puntos de gran pendiente, verificándose la mayor parte de las paradas en las mesetas formadas en los cruces de las calles.

Las grandes pendientes de la línea hicieron preciso un sistema de frenos más poderosos que los ordinarios, para poder verificar las paradas en los cortos espacios horizontales de los cruces de las calles, y sobre todo para poder detener el tren aún en los parajes de mayor pendiente en caso de necesidad.

Los nuevos frenos ideados, y en uso desde hace algunos años, consisten en unas piezas de madera *ff* (figura 2), que por medio de un armazon especial se sostienen paralelas al carril en el espacio que queda libre entre las dos ruedas de cada lado del vehículo. Por medio de una sencilla trasformacion de movimiento, estos pedazos de madera pueden bajar hasta ponerse en contacto con los carriles, y sustituir de este modo al rozamiento rodando de las ruedas, el rozamiento resbalando de las piezas de madera sobre los carriles.

En el *dummy* el freno se maniobra de la manera indicada en la figura 9, que es un corte transversal de la parte inferior de un carruaje de esa especie.

Los trozos de madera destinados á producir el rozamiento sobre los carriles, van fuertemente sujetos á la parte inferior de dos palancas curvas  $A B$ ,  $A B$ , cuyos puntos de apoyo están en  $o$ ,  $o$ , sobre el piso del carruaje; las cabezas  $B B$  de las palancas llevan una tuerca cada una, que encaja en una varilla roscada  $V V$ , dispuesta de modo que las hélices que forman los tornillos, tienen diferente sentido; y por lo tanto, al dar vueltas la varilla  $V V$ , las tuercas  $B B$  se acercan ó se alejan una de otra. En el centro de la varilla  $V V$ , hay un pequeño volante  $R$ , dotado de travesaños en todo su perímetro, que puede maniobrarse fácilmente con el pié. En la parte inferior de la figura 9, está indicado el detalle del juego entre la varilla roscada  $V V$  y la palanca  $A B$ , por medio de la tuerca móvil  $B$ .

Haciendo dar vueltas á la polea  $R$  (figura 9), los extremos superiores  $B B$  de las palancas se acercan ó se alejan; en el primer caso, las piezas de madera  $A A$  se separan de los carriles; y en el segundo, se unen tanto más á ellos cuanto mayor sea la separacion de los extremos superiores de las palancas. Se comprende que con este freno se puede llegar á producir un rozamiento grandísimo, pues el carruaje puede dejar de apoyarse en sus cuatro ruedas, y cargar todo su peso sobre los maderos del freno  $A A$  (figura 9), y  $f f$  (figura 2).

El freno y el aparato de embrague pueden maniobrarse á la vez por el maquinista, puesto que la maniobra del primero se hace con un pié, y la del segundo con las manos.

En los coches ordinarios, las piezas de madera  $f f$  (figura 2), se maniobran desde la plataforma delantera por medio de una palanca y sencillas trasformaciones de movimiento, que no ofrecen ninguna particularidad digna de mencion. Cada coche ordinario lleva, además, frenos sobre las ruedas, de los usuales en esta clase de vehículos.

Las piezas de madera que enfrenan sobre los carriles, se gastan con frecuencia, pero su reposicion es fácil y económica.

La manera de enganchar los dos carruajes, el *dummy* y el ordinario, que forman el pequeño tren de circulacion, está suficientemente indicada en la figura 2.

## V.

### OTRAS LÍNEAS DE CABLES CONSTRUIDAS EN SAN FRANCISCO.



El nuevo método de locomoción que desde 1873 empezó á funcionar en la calle de Clay, era tan distinto de todos los demás conocidos, que fueron precisos algunos años de no interrumpida experiencia para que se propagara, aún dentro de la misma ciudad de San Francisco.

---

A los tres años y medio de inaugurado el primer tranvía movido por cable subterráneo, empezó la explotación de otro en la calle Sutter, por la cual, desde hacia algunos años, funcionaba un tranvía movido por fuerza animal, luchando con la dificultad de las grandes pendientes, que sin embargo eran incomparablemente menores que las de la calle de Clay, puesto que la mayor que se encuentra en la calle de Sutter es de 10,40 por 100.

Las principales particularidades de esta vía son: anchura, 1,524 metros (5 piés ingleses); longitud en la calle de Sutter, 4115 metros, toda ella de doble vía; y en la calle de Larkin, que cruza á la anterior en ángulo recto, un ramal de 1065 metros, también de doble vía. (Véase el plano, lám. I.)

El tubo difiere bastante del de la calle Clay; su fondo está formado por una viga *AA* (figura 10), de 0,40 metros por 0,20 de escuadría, que sostiene otras dos piezas de madera *BB*, de 0,20 metros por 0,20, sobre cuya parte superior descansan los marcos *CC* de fundición, á los cuales está clavado el forro lateral del tubo, que es también de madera. Los marcos *CC* sostienen

en su parte superior dos hierros de ángulo, que dejan entre sí la ranura por la cual corre la plancha de hierro que sostiene al aparato de embrague. El conjunto del tubo se asemeja á una galería de mina.

La pieza *AA* (figura 10), está colocada á 1,70 metros por debajo del nivel de la calle. La anchura exterior, incluyendo la tablazon del forro, es de 0,60 metros, y la interior de 0,36. Los marcos de fundicion están espaciados á 0,90 metros.

Las pequeñas poleas que guían el movimiento del cable en los tramos rectos, y las de cambio de pendiente en los ángulos salientes, tienen 0,18 metros de diámetro, y sus ejes se hallan á la altura del plano superior de las piezas de madera *BB* (figura 10), coincidiendo su emplazamiento con el de un marco de fundicion algo más reforzado que los situados en paraje en donde no hay polea. Además de las de los cambios de pendiente, hay una polea á cada 5,40 metros de distancia.

Las pequeñas poleas superiores para guiar al cable en los ángulos entrantes, análogas á las *BBB* de la figura 2, empleadas en la calle de Clay, se han sustituido en esta línea por una sola polea *P* (figura 10), situada en un montaje *DD*, que puede girar alrededor de las charnelas *hh*, situadas en el plano vertical que contiene al cable y á las poleas, cuyo marco ó montaje se halla constantemente sostenido en posicion vertical por medio de un resorte *r*, y además por la misma tendencia del cable á sostenerlo levantado.

Al describir el aparato de embrague, se verá la manera de pasar por el tubo sin tropezar con las poleas *P* y con sus montajes *DD*.

El *dummy* lleva en su punto medio el aparato de embrague, y es perfectamente simétrico respecto á su plano medio transversal; no teniendo, por lo tanto, parte anterior ni posterior, lo cual proporciona la ventaja de que puede andar indistintamente en cualquiera de las dos direcciones; y no hay necesidad, como sucede en la calle de Clay, de dar media vuelta al *dummy* por medio de plataformas giratorias, en cada uno de los extremos de la vía.

El tranvía por cable de la calle de Sutter, se prolonga en otro movido por caballos, y el paso de carruajes entre una y otra vía se verifica en la forma indicada en la figura 11. El *dummy* señalado con el número 1, y el coche ordinario con el número 2, se hallan al terminar el recorrido de la vía des-

cedente en el sitio indicado en la figura. El *dummy* pasa por medio del desvío á la vía ascendente, en donde se le une el coche ordinario número 3, que procede del tranvía ordinario, y los mismos caballos del coche número 3 se enganchan en el número 2, que sigue por la otra vía. Gracias á esta combinacion, los pasajeros, sin necesidad de trasbordo, pasan de una á otra vía.

En *A* (figura 11) hay unas puertas, por si conviene sacar el aparato de embrague fuera del tubo.

El extremo del ramal de la calle de Larkin termina tambien en una línea ordinaria, y se verifica la combinacion de una manera análoga. En ambos puntos el *dummy* pasa de una á otra vía por la accion de la gravedad, gracias á que el terreno tiene la suficiente inclinacion para ello.

En el extremo superior de la calle Sutter, y en el inferior de la de Larkin, pasan el *dummy* y el coche ordinario de una á otra vía por medio de un desvío análogo al de la figura 11, verificándose el paso, primero del *dummy*, y despues del coche que se une á él.

La casa de máquinas estaba en un principio situada en la calle de Larkin, esquina á la de Bush, separada por lo tanto una manzana de la calle Sutter; pero en 1883 se construyó una nueva casa de máquinas en la misma calle Sutter, esquina á la de Polk, con todo género de perfeccionamientos y adelantos en los aparatos y maquinaria.

El *dummy* ofrece colocacion para 18 personas, 5 en cada lado y 4 en cada extremo; y los coches ordinarios tienen igual número de asientos interiores, y una plataforma en cada extremo.

El aparato de embrague difiere esencialmente del empleado en la calle de Clay. Consta de un armazon *AA* (figura 12), con un arco dentado en su parte superior, y dos travesaños *BB*, terminados en dos agujeros circulares horizontales (corte por *cd*), por los cuales entran dos pasadores que sujetan el armazon al piso del carruaje, de modo que los travesaños *BB* queden por debajo del nivel de dicho piso.

Dentro de este marco juega la parte móvil del aparato, que se compone de la palanca *CC* (figura 12), que puede moverse entre las barras *BB* en un plano paralelo al del marco, y mantenerse en la posicion que se quiera gracias al fiador *F* que engrana en el arco dentado; la parte inferior de la palanca

está unida por medio de la articulacion  $E$  á la pieza  $LL$ , que puede subir ó bajar á lo largo de los montantes rectos  $AA$ ,  $AA$  del armazon fijo; y por medio de la articulacion  $D$  se une á la pieza curva  $DG$  (de la cual en la figura sólo se ven los extremos), la cual á su vez sostiene á la pieza  $HHH$ , que lleva dos poleas de garganta profunda,  $JJ$ , y una pieza  $II$ , con una ranura semicilíndrica, en correspondencia con otra pieza  $KK$ , solidaria con la  $LL$ .

Haciendo girar la palanca  $CC$  en el sentido que indica la flecha, la pieza  $LL$  tenderá á descender, y la  $HH$  á subir, hasta ponerse ambas en contacto, oprimiendo al cable entre las piezas  $KK$  é  $II$ . Moviendo la palanca en sentido contrario al de la flecha, las piezas  $LL$  y  $HH$  se separan, dejando que el cable circule con libertad, sin rozar siquiera con ellas, puesto que las poleas  $JJ$  tienen las tangentes horizontales superiores más elevadas que la garganta ó ranura  $II$ .

Los cilindros verticales  $PP$ , sujetos al armazon, tienen por objeto evitar que el cable tenga rozamientos laterales con el aparato.

Se comprende por lo expuesto, que pasando el cable por las poleas  $JJ$  (figura 12), basta mover la palanca  $CC$  en el sentido de la flecha, para embragar, y hacerla mover en sentido contrario, para detener el movimiento del *dummy*.

Para las operaciones de coger y soltar el cable, sirven las dos semi-esferas  $MM$ , unidas á la parte inferior de la pieza móvil  $LL$  (figura 12), y los pequeños topes  $oo$  situados en la parte inferior del armazon fijo  $AA$ ,  $AA$ . Haciendo girar la palanca  $CC$  en sentido contrario al de la flecha, llega un momento en que la pieza inferior móvil  $HH$  tropieza en su descenso con los topes  $oo$ , y no pudiendo seguir el movimiento descendente la pieza  $HH$ , el punto  $G$  queda fijo; y por lo tanto, toda la accion de la palanca  $CC$  se emplea en hacer girar el punto  $E$  alrededor del  $D$ , ó sea en hacer subir á la pieza  $LL$ ; y como ésta arrastra consigo á las dos semi-esferas  $MM$ , tropiezan con el cable y le obligan á salir de las gargantas de las poleas  $JJ$ , soltándole á un lado de dichas poleas al seguir las semi-esferas ascendiendo, y quedando, por lo tanto, el cable y el aparato independientes uno de otro.

En esta disposicion, si se quiere sacar del tubo el aparato de embrague,

se sacan los pasadores que sujetan á los travesaños  $B, B$ , y se levanta todo el armazon.

Para la operacion inversa, de hacer que hallándose cable y aparato independientes, aquél se coloque encima de las gargantas de las poleas  $J, J$ , se hace tambien descender la pieza  $HH$  hasta que descanse sobre los topes  $o, o$ , y en este estado, se hace girar la palanca  $CC$  en sentido de la flecha, para que la pieza  $LL$  descienda hasta que las semi-esferas  $M, M$ , se coloquen debajo del cable, haciendo luégo girar la palanca en sentido contrario lentamente, para que arrastrando las semi-esferas al cable en su movimiento ascendente, lo eleven hasta la altura de las gargantas de las poleas  $J, J$ , en las cuales entrará sin la menor violencia.

El paso del aparato de embrague por los ángulos entrantes, se verifica gracias á las semi-esferas en que terminan los ejes de las poleas  $J, J$  (figura 12), que sobresalen algunos centímetros del plano vertical en que está contenido el cable. Estas semi-esferas están á la misma altura que el fleje horizontal curvo  $EE$  (figura 10), que vá sujeto al montaje móvil de las poleas de ángulo, y por lo tanto, al pasar el aparato de embrague por frente á estos montajes, las semi-esferas  $J, J$  (figura 12), empujan al fleje y obligan al montaje  $DDD$  (figura 10) á tomar la posicion indicada de puntos, volviendo á la posicion vertical apenas acaba de pasar el aparato de embrague. El muelle  $r$  (figura 10), que sirve para mantener en posicion vertical el montaje de la polea, está auxiliado, miéntras no pasa el aparato de embrague, por la tendencia del cable á mantenerse en su plano vertical.

El tranvia de la calle de Sutter acusa un verdadero progreso respecto al de la calle de Clay, en lo referente á cambios de vía; á estar mejor guiado el cable dentro del tubo; á ser el aparato de embrague más sólido; ménos excéntrica la aprehension del cable, y de más fácil maniobra; á ser los *dummy's* simétricos respecto á su plano transversal medio, y poder, por lo tanto, andar en las dos direcciones; y por último, á ofrecer los vehículos más capacidad de trasporte sin aumento sensible de peso. En cambio, el construir el tubo de madera fué un defecto, que si por de pronto hizo más económica la obra, ha producido despues mucho aumento de gastos en su conservacion.

Al construir en 1883 la nueva casa de máquinas, se hizo un pequeño

ramal de algunos centenares de metros de longitud para facilitar el servicio, y en él se deshechó por completo la madera para la construcción del tubo, adoptándose el sistema que se describirá al hablar de la línea de la calle de California.

---

En abril de 1878 se inauguró una tercera línea en la calle de California, que es una de las más concurridas en su parte baja, y que ostenta mejores palacios en la parte alta. Esta calle, como las demás de San Francisco, presenta una serie de pendientes y rampas, separados por espacios ó mesetas horizontales en los cruces de las calles transversales, de modo que el perfil longitudinal de la vía es en un todo análogo á los de las calles de Clay y de Sutter, presentando pendientes mayores que las de esta última, y menores que las de la primera; toda vez que el tramo más inclinado, que es el comprendido entre las calles de Stocketon y de Powell, tiene una pendiente de 14 por 100, habiendo en el trozo de calle recorrido por la vía, siete tramos cuya inclinación es mayor de 10 por 100.

La longitud de la vía es de 3660 metros, y su anchura la misma que en la calle de Clay. Toda la línea está en una sola alineación, y tiene doble vía.

El túnel es sumamente sólido, y su sección transversal se puede considerar como tipo, habiendo sido adoptado con ligeras variantes para la mayor parte de las líneas construidas posteriormente. A cada 0,90 metros de distancia, hay un marco-travesía de hierro de la forma indicada en la figura 13, y todo el espacio que queda entre travesía y travesía, está relleno de hormigón, pero con un hueco de la sección indicada en la figura, que es lo que forma el tubo propiamente dicho.

El marco-travesía hace el doble oficio que expresa su nombre, sirviendo de sostenimiento al tubo y de travesía á los carriles; y el hormigón, además de constituir el tubo, hace las veces de balasto, y todo el tubo es de una sola pieza, es decir, proporcionando una verdadera vía monolítica.

Las poleas que guían al cable, están sujetas á los marcos de hierro, y no ofrecen ninguna particularidad.

El aspecto exterior de la vía, es el mismo que el de las otras dos.

En la construcción de los marcos-traviesas, se aprovecharon carriles viejos para la pieza curva principal de cada marco, y los demás hierros son todos de las secciones corrientes en el comercio.

Este sistema de vía es un gran progreso respecto á los anteriores, compensándose su mayor coste con la mayor duración y con lo económico que resulta el entretenimiento.

El cable empleado es de 0,032 metros de diámetro.

Los cambios de vía en los extremos de la línea se han perfeccionado, combinando en cierto modo el sistema de la calle de Clay con el de la de Sutter. Consiste, como indica la figura 14, en dos desvíos de comunicación, uno con ranura para el *dummy* y otro sin ella para el carruaje ordinario. Al llegar el pequeño tren al extremo inferior de la vía descendente, se desenganchan los dos coches y se hace que cada uno pase simultáneamente por su desvío, para lo cual basta soltar los frenos para que bajen por la pendiente. En la figura el número 1 representa el *dummy*, y el número 2 el coche ordinario.

El aparato vá tan bien colocado en el centro del *dummy*, que puede andar indistintamente en ambas direcciones.

El aparato de embrague oprime ó suelta al cable de arriba á abajo como el de Sutter y no lateralmente como el de Clay, con la sola diferencia, respecto al primero, que la pieza *HH* (figura 12) es fija, y la pieza superior *LL* es la única móvil; verificándose el embrague al descender sobre la fija, y el desembrague al elevarse.

La maniobra del aparato, si bien fundada en los mismos principios que la de la calle de Sutter, difiere de ella en los órganos cinemáticos empleados y en su disposición. En la figura 15 está bosquejada la parte superior del aparato: *A, A*, son dos barras fijas en el piso del carruaje, en las cuales se sujeta la parte fija del aparato *BBBB*, por medio de dos pasadores; esta parte fija termina en dos planchas gruesas de hierro *B, B*, en cuya parte inferior va sujeta la pieza que lleva la ranura inferior y las poleas.

La parte móvil se compone de una plancha gruesa *FF* (figura 15), que puede subir y bajar guiada por las *B, B*, terminada en su parte inferior en

una pieza de hierro con la correspondiente ranura destinada á oprimir al cable; y en su parte superior termina en un arco de círculo dentado  $HHH$ , con una palanca  $EDG$ , que puede girar alrededor del punto  $E$ , y que se puede mantener en cualquier posición por medio del fiador  $m$ , maniobrado desde  $G$  por medio de una espiral sujeta en la pequeña palanca  $n$  y al fiador  $m$ . La parte fija y la móvil están unidas por la doble viela  $CD$ , articulada por su parte inferior en la parte fija  $BB$ , y por su parte superior, en la palanca  $EDG$ .

Al hacer girar esta palanca, como el punto  $C$  es fijo, el  $D$  describirá necesariamente el arco de círculo  $DD'$ , cuyo centro es  $C$ , y por lo tanto el punto de apoyo  $E$  recorrerá la línea vertical  $EE'$ , arrastrando en su movimiento á la palanca y á toda la parte móvil del aparato.

Se comprende que combinando convenientemente la dirección y magnitudes de los lados del triángulo formado por los puntos  $C$ ,  $D$  y  $E$ , se puede obtener una amplitud en el movimiento rectilíneo alternativo del aparato, tan grande y tan pequeño como se quiera.

Lo restante de esta línea no ofrece ninguna particularidad digna de mención.

En marzo de 1880 se inauguró otra línea á lo largo de la calle de Geary, que presenta grandes analogías con la de la calle de California, por lo cual bastará indicar las diferencias principales.

El ancho de la vía es de 1,524 metros, como el de la calle de Sutter.

La longitud de la línea, con doble vía y toda ella en una sola alineación, es de 4024 metros, siendo su perfil longitudinal mucho más tendido que los de las líneas anteriormente citadas, puesto que la mayor pendiente no llega al 9 por 100, y más de los dos tercios de los tramos inclinados (excluyendo los horizontales de los cruces de las calles), tienen inclinaciones menores del 5 por 100.

El tubo es análogo al de la calle de California, pero algo menor su sección transversal, y los marcos-traviesas son de fundición en vez de ser de hierro forjado.

El cable corre inmediatamente debajo de la ranura sin la excentricidad de algunos centímetros que existe en todas las demás líneas, lo cual es un inconveniente de consideracion, porque está mucho más expuesto á la accion atmosférica y á las influencias destructoras del agua y del polvo que puedan caer por dicha ranura.

El aparato de embrague se maniobra por medio de una palanca análoga á la de la figura 15, pero su parte inferior difiere de los embragues de las calles de Sutter y de California en que la aprehension del cable se verifica por la parte inferior del aparato como en el de la calle de Clay, y las quijadas tienen movimiento lateral en vez de tenerlo de arriba á abajo.

En el extremo de la línea, para que el aparato de embrague pueda coger al cable (que pasa á mayor profundidad para no interrumpir la maniobra del cambio de vía) hay en el fondo del tubo una excéntrica que se maniobra por medio de una cadena terminada en una argolla que descansa en el suelo al lado de la vía, en el punto marcado en la figura 16 con la letra A. Levantando la argolla, la excéntrica se levanta y arrastra al cable hasta ponerlo á suficiente altura para que pueda ser cogido entre las dos piezas movibles del aparato de embrague.

Este tranvía cruza al ramal de la calle de Sarkin y con este motivo se presentó por primera vez la dificultad del cruce de los tubos y de los cables subterráneos sin que se impidieran mutuamente la circulacion. Esta dificultad se venció haciendo que la última línea construida cruzara sus cables por debajo de la más antigua sin interrumpirla ni estorbarla para nada, y el problema se redujo á que los *dummy's* de la última línea tienen que levantar el aparato de embrague para pasar por encima de los cables de la línea de la calle de Sarkin, sin que esta operacion detenga la marcha de los pequeños trenes, puesto que siguen impulsados por su velocidad adquirida hasta rebasar el cruce, cuya operacion está favorecida por la forma del perfil longitudinal que presenta ligeros descensos hácia el cruce en ambas vías ascendente y descendente.

El cambio de vía en la parte superior de la línea se verifica como en la de California, por medio de un doble desvío, pero en el límite inferior el sitio disponible es muy escaso y mucho el tránsito de las tres calles que allí se

unen, por cuyas razones y por no tener pendiente la vía, se adoptó el medio indicado en la figura 16, que consiste en una plataforma giratoria á la cual van á desembocar las dos vías, de modo que con sólo hacer girar la plataforma unos 30° pueden pasar los coches de una á otra vía, y que al salir el *dummy* de la plataforma pueda el coche número 2 entrar en ella sin que tenga que girar de nuevo. La plataforma lleva tambien una ranura para que el *dummy* pueda entrar sin levantar el aparato de embrague. En la figura 16 la plataforma está dibujada en la posicion que debe tener en el momento de salir el coche número 1 y entrar el número 2 procedente de la vía de bajada.

---

En diciembre de 1881 se abrió al servicio público otra línea llamada *Presidio Rail Road*, en un todo análoga á las anteriores, pero con las circunstancias de tener una curva en su trazado, y de atravesar una zona de terreno más montuosa que las recorridas por las líneas anteriores.

El ancho de esta vía es de 1,524 metros, como las de las calles de Sutter y de Geary.

La longitud de la línea es de 3050 metros, de doble vía, formando dos alineaciones rectas y una curva á lo largo de la Avenida de Montgomery y de la calle de la Union, siendo de 135° el ángulo formado por las dos alineaciones rectas.

El cable pasa esta curva siguiendo la direccion de la cuerda del arco, guiado por dos grandes poleas horizontales de 2,44 metros de diámetro, y el *dummy* suelta al cable unos cuantos metros antes de llegar al punto de tangencia, recorre animado de la velocidad adquirida toda la alineacion curva y vuelve á coger al cable pasado el segundo punto de tangencia. Los dos tramos rectos contíguos á la pequeña alineacion curva están en pendiente hácia ésta, lo cual facilita el que los trenes puedan alcanzar la suficiente velocidad para pasar por sí solos la curva.

El perfil longitudinal es, como los de las otras líneas de San Francisco, una série de pendientes y rampas, separadas por pequeños espacios horizontales que corresponden á los cruces de las calles. Las mayores inclinaciones

están hácia la mitad de la línea en la calle de la Union, inmediatas á la casa de máquinas que se halla en la cumbre de una loma cruzada por la línea, siendo el tramo más pendiente de 21,3 por 100, en una distancia horizontal de 125 metros, y habiendo otros tres tramos de la misma longitud con pendientes mayores del 11 por 100.

El tubo está construido con mucha solidez, siendo los marcos-traviesas de fundicion y las paredes de palastro, roblonadas á los marcos.

El aparato de embrague es del mismo sistema que el de la calle de Clay, pero algo más reforzado que aquél, en atencion á los mayores esfuerzos á que estará sujeto por ser mayores las inclinaciones de la línea.

---

En setiembre de 1883 se pusieron en explotacion otras importantes líneas, construidas por una compañía llamada de *Market Street Company*, que recorren las calles de Market, de Valencia, de Haight y de Mc Allister, con un desarrollo de más de 12 kilómetros de doble vía, formando cuatro alineaciones curvas y cinco rectas, con rasantes casi horizontales en las calles de Valencia y de Market y bastante inclinadas en las demás.

La vía es en un todo análoga á la de la calle de California, presentando únicamente la particularidad de los cambios de vía, que se verifican por medio de una gran plataforma giratoria con dos vías y sus correspondientes ranuras para dejar pasar el aparato de embrague. En la figura 19 se vé gráficamente este cambio de vía; el carruaje, al terminar el recorrido descendente se halla en la posición 1, en la cual suelta el cable y pasa á la plataforma á la posición 2, donde dando media vuelta á la plataforma pasa á la 3, y de allí á la 4, volviendo á coger al cable para emprender el viaje.

Hay que advertir que en estos tranvías se usan unos vehículos de gran longitud que vienen á ser como si se hubieran unido formando un solo coche un *dummy* y un coche ordinario de los usados en las otras líneas.

En los dos tramos curvos que hay en las uniones de las calles de Haight y de Mc Allister con la de Market, los carruajes pasan por la velocidad adquirida y por medio de una disposicion análoga á la curva de la línea del Presidio.

La curva más exterior, que es naturalmente la más larga, entre las calles de Market y de Valencia, está servida por un pequeño cable auxiliar que corre con la mitad de velocidad que el cable general, cuyo cable se halla plegado á la curva por medio de tambores tronco-cónicos; disposición que se detallará al hablar de los tranvías de Chicago. Poco ántes de entrar los carruajes en la curva sueltan el cable recto, recorren una pequeña distancia animados de la velocidad adquirida, y cogen el cable auxiliar que les arrastra hasta el otro extremo de la curva, en cuyo punto sueltan el cable auxiliar y cogen el de la otra alineación recta. La curva más interior entre las citadas calles, que tiene naturalmente ménos desarrollo que la otra, la salvan los carruajes por la velocidad adquirida.

El otro tramo curvo situado entre las calles de Mc Allister y de Fulton, es recorrido por el cable general que se pliega á la curva por medio de tambores tronco-cónicos.

La sección de los cables usados por esta compañía, es la misma que la de los que emplea la de la calle de California.

El aparato de embrague va situado en la parte anterior del gran vehículo que, como se ha dicho, está dividido en dos partes, una anterior análoga al *dummy*, y otra posterior en forma de coche ordinario.

---

Otra línea de poca importancia se ha construido posteriormente en San Francisco, con una extensión de medio kilómetro, y cuyo objeto es poner en comunicación la altura de Telegraph Hill, con la calle de Stackton.



---

## VI.

### LÍNEAS CONSTRUIDAS FUERA DE SAN FRANCISCO, Y PROYECTOS PARA CONSTRUIR OTRAS NUEVAS Ó MODIFICAR LOS SISTEMAS EMPLEADOS.



Es digno de notarse el que mientras en la metrópoli del Pacífico el nuevo método de locomoción por cables subterráneos, adquiría cada vez mayor crédito y se extendía hasta el punto de ponerse en explotación unos 15 kilómetros de doble vía en ménos de cinco años (desde 1877 á 1881), los cuales unidos al tranvía de la calle de Clay arrojaban un total de 17 y medio kilómetros que funcionaban sin el menor tropiezo; en Europa y aún en las demás grandes poblaciones de los Estados-Unidos, que estaban en más relación con San Francisco y podían por lo tanto apreciar mejor las ventajas del nuevo sistema, no tomaban los tranvías de cable carta de naturaleza, lo cual acaso pueda tener su explicación en la falsa idea de que sólo eran aplicables con ventaja en terrenos de grandes pendientes, idea que no sufrió contradicción práctica hasta principios del año 1882, en que la importante ciudad de Chicago, cuya situación es precisamente la antítesis de la de San Francisco, pues se asienta sobre una dilatada llanura á orillas del lago Michigan, ensayó en gran escala los tranvías movidos por cables subterráneos en sus niveladas y espaciosas calles.

Más ántes de dar cuenta de los tranvías de Chicago, para seguir el órden cronológico, hay que citar otro tranvía construido en la ciudad de Dunedin (Nueva-Celandia) con el nombre de *Roslyn Tramway*, con arreglo á las mismas bases de los de San Francisco, y aún creo que construidos los cables y demás material en los mismos talleres de esta

última ciudad, pero presentando algunas diferencias dignas de llamar la atención.

---

La anchura de la vía es en el *Roslyn Tramway* la misma que en las líneas de las calles de Clay y de California, y su longitud de unos 1065 metros, presentando en su trazado dos curvas de unos 65 milímetros de radio en sentido opuesto una de otra, de modo que entre las dos forman una figura análoga á una S, y habiendo entre los dos extremos de la línea un desnivel de 152 metros, con una pendiente próximamente uniforme.

La principal variante respecto á las líneas anteriores, es la de tener ésta una sola vía con apartaderos para los carruajes que van en opuesta dirección. El cable, partiendo de la casa de máquinas, recorre toda la línea y vuelve á cerrar el circuito por el mismo tubo de ida, pero pasando por los apartaderos: en su curso ascendente y descendente se halla el cable bastante desplazado lateralmente de la proyección de la ranura, y el aparato de embrague es lo suficientemente excéntrico para evitar todo roce y contacto del aparato con el cable que corre en sentido contrario.

En la subida las dos curvas de la línea y las pequeñas de los apartaderos resultan en rampa y no es posible por lo tanto utilizar la acción de la gravedad, sin hacer que se verifique el paso de la curva por medio de la velocidad adquirida como en las líneas anteriores. El cable sigue las curvas guiado por pequeñas poleas horizontales que le hacen describir una línea igual y paralela á la de la ranura, y el *dummy* recorre los tramos curvos sin soltar el aparato de embrague al cable, y como existen necesariamente tensiones laterales que podrían torcer el aparato, llevan los tubos unas barras paralelas á la ranura, por las cuales rueda un pequeño cilindro de eje vertical que tiene al efecto el mismo aparato. Este carril curvo es una verdadera guía de movimiento del aparato y por lo tanto del *dummy*, que en unión de la ranura y de los carriles exteriores, asegura la marcha del sistema neutralizando la inevitable tensión lateral del cable en las curvas.

Los detalles de esta línea son ménos conocidos al autor de este trabajo,

porque no ha podido verificar el estudio sobre el propio terreno como le ha sucedido con las líneas de San Francisco construidas ántes de 1883, y con las de Chicago y Filadelfia, que ha tenido tambien ocasion de examinar, por cuyo motivo se limita la descripcion á los rasgos más salientes y á las principales variantes respecto á las líneas descritas anteriormente. Por otra parte, descritas con bastante detalle las líneas de San Francisco que han servido de tipo á todas las demás, sería ocioso entrar en minuciosas descripciones, en las cuales necesariamente se repetirían muchos conceptos, sin añadir nada verdaderamente interesante, por lo cual las noticias que siguen acerca de las demás líneas construidas, se limitan á consignar las variantes con respecto á las anteriores.

---

En Chicago se aplicó el sistema de cables subterráneos á una gran extension de tranvía ordinario, hallándose en proyecto, que quizá se haya realizado ya á estas fechas, adoptar el nuevo sistema en la mayor parte de las líneas que forman la vasta red de aquella ciudad.

En enero de 1882 se inauguró la línea llamada de *State Street*, con una extension de 7 y medio kilómetros de doble vía, toda ella en terreno llano y con algunas curvas para pasar de unas á otras calles; la anchura de la vía es de 1,524 metros.

En todas las líneas construidas anteriormente, las pendientes longitudinales son de consideracion y esto facilita la salida de aguas pluviales que puedan penetrar en el tubo por la ranura, pues basta colocar algunos tubos de desagüe que viertan en las cloacas, en puntos de la línea convenientemente escogidos, para tener asegurada la salida de aguas del túnel, las cuales por otra parte, con la velocidad que llevan por efecto de las grandes pendientes, contribuyen á la limpieza de su fondo. Además en San Francisco las nevadas son sumamente raras y poco copiosas, de modo que en la construccion del túnel no hubo que tener para nada en cuenta el que la nieve pudiera llegar á entorpecer la marcha del cable; en Chicago, por el contrario, los inviernos son rigurosísimos y las nevadas frecuentes y copiosas, por cuya razon y

atendiendo al desagüe, ha habido que dar á los tubos una profundidad mayor, para que por mucha nieve que caiga por la ranura no llegue á formar montones tan altos en el fondo del tubo que puedan obstruir el paso y dificultar la marcha del cable, por lo que se dá suficiente inclinacion á la superficie del fondo hácia los sitios de desagüe, que se hallan á unos 100 metros de distancia unos de otros. Esta inclinacion longitudinal es en la mayor parte de los sitios de un 3 por 1000.

La profundidad del fondo del tubo varía desde 1<sup>m</sup>,05 en los sitios que se podrian llamar de divisoria de aguas, ó de profundidad mínima, hasta 1<sup>m</sup>,20 en los parajes en que hay agujero de desagüe.

Como consecuencia de las mayores dimensiones del túnel, los marcos-traviesas son tambien más reforzados.

En la figura 17 puede verse la forma de uno de dichos marcos, en el que *A, A, A* y *B, B, B* son hierros de seccion **T**, que sostienen los cojinetes de fundicion *C, C*, los cuales á la vez soportan los largueros de madera en los que van sujetos los carriles; acabando de asegurar la rigidez del sistema las tornapuntas de hierro *D, D*.

En la figura se vé además la posicion de una polea de sostenimiento *P*, el corte del cable *E* cuando no está levantado por el aparato de embrague, la altura á que pasa dicho aparato *V, V* por el túnel, uno de los tambores tronco-cónicos *R* empleado en las curvas, análogo á los usados en los tranvías de la calle de Market de San Francisco y en el de Dunedin para guiar lateralmente al cable, y por último, la seccion transversal del carril curvo *S* análogo tambien al empleado en los citados tranvías para guiar al aparato de embrague en las curvas y evitar que la tension lateral del cable pueda flexar la plancha que sostiene al aparato.

El tubo es de hormigon y su seccion interior en forma de **U**, bastante abierta por arriba.

Las calles que recorre el tranvía, como la mayor parte de las de Chicago, tienen el pavimento formado de tarugos de madera descansando sobre una capa de arena gruesa ó grava, cuyos detalles están indicados en la figura 17.

Los tambores troco-cónicos *R* (figura 17) que guían al cable en las curvas, están espaciados de 2,40 á 2,50 metros para curvaturas de 12 á 18 metros de radio.

Las grandes poleas horizontales de término de línea, por las cuales pasa el cable de una á otra vía, son mayores que las empleadas en San Francisco, por ser tambien mayor la separacion de las vías, siendo su diámetro de 3,65 metros.

Cada *dummy* arrastra dos coches ordinarios, siendo uno y otros de mayor capacidad que los de San Francisco, y cada pequeño tren puede llevar 250 pasajeros, incluyendo en este número á los que vayan de pié en los estribos y plataformas de los coches.

Para pasar éstos de una á otra vía en los extremos de la línea, los trenes recorren una curva arrastrados por un cable auxiliar, pasando á la otra vía sin separarse los coches del *dummy*. Para fijar las ideas, en uno de los extremos de la línea, parte la curva de una de las vías de State Street, dá la vuelta á la manzana formada por las calles de Madison, Wabash, Lake y State, para terminar en la otra vía del mismo extremo de la línea. Por esta curva corre un cable auxiliar maniobrado por una polea horizontal sujeta en el mismo eje de la gran polea horizontal de término de la línea, pero cuyo diámetro es la mitad del de esta última polea, con lo cual resulta que la velocidad del cable auxiliar es la mitad de la velocidad del cable de línea, siendo muy conveniente esta disminucion de velocidad por la pequenez del radio de las curvas.

Gracias á esta disposicion, con sólo maniobrar el aparato de embrague en el extremo de la línea haciendo que suelte el cable principal y coja el auxiliar, recorra la curva de las calles de Madison, Wabash y Lake, y cambie nuevamente de cables soltando el auxiliar y cogiendo el principal al terminar la última curva, se tiene el tren en disposicion de emprender el viaje de regreso, sin necesidad de las engorrosas maniobras de las plataformas y de los cambios de vía, tanto más inconvenientes, cuanto mayor sea el tráfico, pues en líneas de poca importancia no es inconveniente el perder algunos minutos en los cambios de vía y en las maniobras de las plataformas, que llevan á cabo los mismos conductor y maquinistas, ni hay que temer la acumulacion de material en los extremos de la línea.

---

En Filadelfia se inauguró en mayo de 1883 una pequeña línea de tranvías de cable, como de ensayo, para adoptarla en mayor escala en el caso de que los resultados fueran satisfactorios.

La longitud de esta línea es de unos 2 kilómetros de doble vía, toda ella en línea recta y con algunas pendientes de poca consideración.

Las traviesas son de la forma indicada en la figura 18, de fundición, y el tubo es de palastro, de sección circular, de unos 0<sup>m</sup>,32 de diámetro. Los largueros de los carriles descansan sobre los extremos de los marcos-traviesas.

Se construyó el tubo de tan reducidas dimensiones con objeto de ver si se podía evitar el remover las tuberías de agua, de gas y las pequeñas cloacas ó atarjeas de desagüe, que en algunas calles de Filadelfia están á muy poca profundidad, pero parece que la práctica ha hecho ver la necesidad de adoptar tubo de mayor sección trasversal, pues así se ha hecho en las líneas construidas y en construcción de la misma ciudad.

El aparato es el de la calle de Clay modificado, y vá sujeto en la plataforma anterior de un coche ordinario de tranvías, de modo que desaparece el *dummy*.

La línea corre desde Columbia-Avenue hasta una de las entradas del Fairmont Park, hallándose la casa de máquinas en el primero de dichos extremos. El paso de una á otra vía se verifica en el extremo contíguo al gran parque por medio de una curva en forma de pera, recorrida por el cable, análoga á la empleada en algunos caminos de hierro para dar la vuelta á las locomotoras sin hacer uso de la plataforma.

Posteriormente se han tendido en Filadelfia unos 30 kilómetros más de cable, empleando trincheras más profundas y anchas para la colocación de los tubos, por la misma compañía llamada *Union Passenger Railway Company*, que fué la que construyó la línea de ensayo en Columbia-Avenue; sintiendo el autor de estas líneas no tener datos suficientes para poder dar una descripción de los rasgos principales de esta nueva línea.

---

Además de estas líneas se ha construido una de poca importancia por su extensión, pero de grande por el mucho tráfico, á lo largo del célebre puente

de Brooklyn que, como es sabido pone en comunicacion esta ciudad con la de New-York salvando el rio del Este, cuya línea ofrece la particularidad de tener el cable al descubierto por encima del piso del puente, lo cual no tiene inconveniente, porque la anchura total del puente se halla dividida en cinco partes independientes por completo unas de otras, y dos de estas partes se hallan destinadas exclusivamente al paso del tranvía movido por cable; una para la vía de ida y otra para la de regreso.

---

En Lóndres se ha construido una línea desde Highgate Hill hasta Southwood Lane, y se proyectan otras de las cuales no tengo noticias detalladas.

---

En New-York se ha organizado una compañía llamada *National Cable Railway Company*, con un capital de 2.500.000 pesos (dollars) para la introduccion de este sistema de tranvías en las ciudades del Este de la Union, habiendo sido esta compañía la constructora de la pequeña línea del puente de Brooklyn. Además, en la misma ciudad, la compañía del *Rapid transit* adoptó en 1884 el sistema de cable como el mejor para el tránsito dentro de la poblacion y proyecta construir 26 líneas, que suponen un considerable número de kilómetros de desarrollo.

En San Luis, Kausas City, Lóndres, Filadelfia y en otras muchas poblaciones de Europa y América, se proyectan nuevas líneas, que en union de las existentes y de las que se hallan en construccion, constituyen la mejor prueba de la bondad del sistema.

---

Siendo el objeto de es este trabajo dar noticia de los tranvías *movidos* por cables *subterráneos*, no parece oportuno describir otra porcion de sistemas en los que el cable juega un papel importante, pero no es *subterráneo*, ó no es

precisamente el órgano que pone directamente en movimiento á los vehículos. A este grupo, muy interesante por cierto, pertenecen entre otras las siguientes líneas:

La que funciona entre Onchy y Lausana (lago de Ginebra), que consiste en dos vagones enganchados cada uno en el extremo de un cable aéreo, cuyo motor son dos turbinas. La longitud de la línea es de poco más de un kilómetro;

Los caminos funiculares del Vesubio, del Monte Penna (Apeninos), del Niágara, etc. etc., y vários otros que son más bien planos inclinados que verdaderos tranvías;

El camino funicular de la Superga (iglesia panteon de los príncipes de Saboya), situado cerca de Turin, en el que el cable aéreo sirve para transmitir el movimiento á dos volantes situados en el vehículo, los cuales á su vez mueven una rueda dentada que engrana en un carril ó cremallera central;

Los grandes ascensores públicos de Bahía (Brasil) y Stockolmo, que ponen en comunicacion las partes altas con las bajas de aquellas poblaciones, y que en cierto modo pueden considerarse como el límite de las pendientes de las líneas funiculares;

El tranvía suspendido á través del río Teremakan, en Middle Island (Nueva-Celandia), en el cual el vehículo está suspendido de cuatro ruedas que corren sobre dos cables paralelos que hacen el oficio de carriles, verificándose la traccion por un tercer cable central que se maniobra desde la orilla;

Los sistemas de tranvías *mono-rails*, ó sea de un sólo carril central, maniobrados por cables aéreos, de los cuales Mr. Ducham construyó en la exposicion de Lyon de 1882 una pequeña línea á manera de ensayo, que dió bastantes buenos resultados;

Y las *balsas* que se emplean en algunos puntos de Inglaterra para salvar pequeños canales ó brazos de mar de poca profundidad, que consisten en vagones de grandes dimensiones, que corren de una á otra costa, sobre una vía situada en el fondo del mar (teniendo los vagones suficiente altura para sobresalir encima de las aguas), maniobrados por cables movidos desde las costas.

Todas estas construcciones presentan detalles interesantísimos, capaces por sí solos de acreditar la moderna cinemática, pero ninguno de los sistemas

que representan ha llegado á generalizarse como medio de locomocion, por más que hayan producido excelentes resultados en algun caso particular; lo cual se explica, porque así como los tranvías de cable subterráneo pueden con facilidad aplicarse á toda clase de vías sin interrumpir la circulacion de los vehículos ordinarios, aquellos otros sistemas son más bien para satisfacer condiciones muy especiales, y la mayor parte de ellos interrumpen la vía pública con los postes y los cables aéreos.

---

Entre la infinidad de modificaciones que se han ideado para perfeccionar los sistemas de San Francisco y de Chicago, que en el fondo corresponden al tipo ideado por Mr. Hallidie, cito á continuacion algunos de los más notables.

*Modificaciones propuestas por el Sr. Molera.* D. Eusebio Molera, cuyo nombre es bien conocido á los lectores del *Memorial de Ingenieros*, lo mismo que el de su antiguo compañero D. Juan Cebrian, por los interesantísimos trabajos científicos que han llevado á cabo en California estos dos antiguos compañeros nuestros, ha ideado un sistema de marco-traviesa y tubo de seccion mínima que parece bastante aceptable.

En la figura 20 está representada la idea del Sr. Molera: los carriles descansan sobre largueros que á su vez apoyan sobre traviesas de madera; éstas llevan un rebaje en la parte central, en el cual van sujetos con escarpas dos hierros de seccion especial, indicada en el corte, que constituyen el tubo; estos hierros van además sujetos en su parte superior por tornapuntas de hierro clavadas en las mismas traviesas. El tubo tiene la seccion estrictamente precisa para contener las poleas que guían al cable, las cuales están fijas sobre un montaje especial *BB* que puede girar al rededor del punto *o*. Dicho montaje está mantenido por un resorte en espiral en la posicion indicada en la figura: cuando el aparato de embrague pasa por el sitio en que está la polea, el montaje cede empujado por el mismo aparato y se coloca en la posicion indicada de puntos, completamente fuera del tubo, volviendo á la posicion normal apenas acaba de pasar el aparato, gracias á la accion del resorte.

Para que estos mecanismos funcionen siempre automáticamente, es necesario que el interior del tubo permanezca limpio, pues la suciedad dificultaría ó impediría la acción del resorte sobre el montaje, y con este fin se sujetan á lo largo de la ranura, por su parte inferior, dos tiras de cauchú *DD*, de modo que sin impedir el paso de la plancha que sostiene al aparato de embrague, mantengan constantemente cerrada la ranura.

Este sistema no ha llegado á ponerse en práctica, pero la idea parece muy aceptable, y de tener absoluta seguridad en la manera de funcionar del montaje sin entorpecimientos, sería una reforma sumamente beneficiosa, puesto que evitaría las dificultades que trae consigo el tener que desviar las cañerías para el establecimiento de la parte subterránea de la línea, que es acaso una de las principales dificultades con que se tropieza en la mayor parte de los casos al establecer una línea de esta clase.

*Proyecto de Mr. Bridewells.* Otros inventores han tratado de resolver el problema de la desviación de las cañerías, proporcionándolas espacio dentro del tubo mismo del cable ó en otros espacios contiguos. Tal propone Mr. Bridewells, de San Francisco, en su proyecto de tranvía con *ruedas subterráneas*, del cual se podrá formar una idea con la inspección de la figura 21: el tubo es de grandes dimensiones, como que tiene que dejar paso á una serie de pequeños carros que, agrupados de cuatro en cuatro, soportan los verdaderos coches del tranvía, con el intermedio de fuertes y grandes hierros de figura de **II**. A derecha é izquierda del tubo central, en cuyo fondo están tendidos los carriles de la vía propiamente dicha, hay otros dos tubos destinados á contener las cañerías y alambres que puedan correr á lo largo de la calle; las que la cruzan tienen que atravesar al tubo por debajo.

Este sistema, cuyos rasgos principales están indicados en la figura 21, lo considero muy poco práctico, por ser expuesto á interrupciones á causa de tener la mayor parte del mecanismo subterráneo.

Mr. Bridewells, en un folleto publicado describiendo su invento, folleto que ha sido reproducido por varios periódicos científicos de América, atribuye á esta disposición las siguientes ventajas: primera, hacer más difíciles los accidentes por quedar debajo de la calle las ruedas y carriles; segunda, dejar la calle en mejores condiciones que los demás sistemas, puesto que hace des-

aparecer el resalto de los carriles que tanto molesta á los vehículos tirados por caballerías, lo cual es acaso la única ventaja positiva; tercera, economía en la construcción y en la explotación, lo cual no parece que pueda admitirse, puesto que parece que debe ser precisamente lo contrario, sobre todo por lo que se refiere á la construcción; y cuarta, la ventaja de poder alquilar los dos tubos laterales para el paso de cañerías, alambres de teléfonos, etc., etc., proporcionándose así una renta que capitalizada debe rebajarse al coste de la línea.

*Sistema de los Sres. O. D. Orvis y N. B. Adams.* Pertenece al mismo género del anterior y parece también muy poco práctico, pero creo conveniente dar una idea de este invento, porque ha sido descrito en algunas revistas científicas, dándole á mi juicio más importancia de la que en realidad tiene, y pudiera parecer un lunar el no mencionarlo en este trabajo.

Consta el proyecto de dos tubos que llevan cada uno un carril en su fondo, por los cuales corren las ruedas, que son también subterráneas y están unidas á los coches por medio de planchas de acero análogas á las que soportan el aparato de embrague. Por cada tubo corre un cable, siendo la velocidad del de la derecha de 8 millas por hora, y la del de la izquierda de 4. El *dummy* lleva dos aparatos de embrague, uno á cada lado, correspondiendo á las ranuras de los tubos, y según se embrague con el de la derecha ó con el de la izquierda, marcha el tranvía á 8 ó 4 millas por hora.

Como se vé, en este sistema tampoco hay carriles en la superficie de la calle, apareciendo en su lugar dos ranuras que ocupan aproximadamente la misma posición que los carriles en los tranvías ordinarios.

A mi juicio este proyecto tiene los mismos inconvenientes que el de Mr. Bridewells, siendo de notar que sus autores le atribuyen las mismas ventajas que este último pretende para su sistema, añadiendo la de poder marchar á dos velocidades diferentes, á cambio de la cual hay que apuntar la mala condición de verificarse la tracción lateralmente, lo cual en la práctica daría indudablemente lugar á muchos contratiempos.

Los autores proyectaban aplicar su idea en la ciudad de New-York.

*Modificaciones de Mr. Hyde.* Al lado de estas ideas, que me parecen poco realizables, aparecen otras que, partiendo del sistema de Mr. Hallidie, perfeccionan algun detalle ó lo aplican á casos determinados, contribuyendo de este modo poderosamente al perfeccionamiento de este medio de locomocion.

A este grupo pertenece el aparato de embrague ideado por Mr. Hyde, del cual dá una idea la figura 22, sacada directamente de uno de tamaño natural construido como ensayo por el inventor, que tuvo la amabilidad de permitirme sacar este dibujo, y de proporcionarme cuantas noticias le pedí acerca de su sistema, al ser presentado á él con este objeto por los citados ingenieros Cebrian y Molera, en San Francisco.

Mr. Hyde es el director ó gerente de la compañía de tranvías de *Mission Street*, que por efecto de las condiciones especiales de localidad, usa pequeños coches tirados por un solo caballo, que salen con poco intervalo uno de otro, prefiriendo el sistema de coches pequeños y salidas frecuentes, al de coches mayores con intervalos tambien mayores. Al tratar de convertir la línea de *Mission Street* en línea de cable, ha partido Mr. Hyde de la idea de seguir con el mismo sistema de explotacion, que se acomoda bien á las necesidades del tráfico, y de conservar y aprovechar el material existente.

Al efecto coloca el aparato de embrague debajo de la plataforma anterior, sujeto en una barra de hierro  $BB$  (figura 22), que á la vez descansa en los ejes de las ruedas  $A, A$ . El aparato de embrague consta de dos montantes unidos por un arco en su parte superior  $DDDD$ , que puede girar alrededor de la barra  $BB$ ; de una viela  $cb$  articulada en el centro del arco por un extremo, y por otro en la varilla  $bd$ , la cual á su vez está articulada en una lámina de hierro que puede subir y bajar á lo largo de los montantes. En el punto  $b$ , concurre además una varilla horizontal  $ab$ , articulada por su extremo anterior en la palanca de maniobra  $F$ , que se mueve desde la plataforma. Al pasar la palanca  $F$  á la posicion  $F'$  indicada de puntos, el punto  $a$  se traslada á  $a'$ , el  $b$  á  $b'$ , y el  $d$  á  $d'$ , arrastrando consigo en su movimiento ascendente á la plancha donde vá el apéndice que oprime el cable contra la quijada inferior, que vá fija en los montantes.

El aparato de embrague puede girar alrededor del eje  $BB$ , con sólo des-correr un pasador que le mantiene fijo en su posicion vertical, y para sacarlo

fuera del tubo no hay más que colocarlo horizontalmente, con lo cual el coche queda convertido en un coche ordinario, puesto que la palanca de maniobra también se puede desarticular. Esto facilita el que pueda el mismo coche ser tirado por caballerías ó arrastrado por el cable, según convenga.

Mr. Hyde propone además un tubo de palastro de sección muy reducida, reforzado por marcos elípticos de sección de **I**.





---

## VII.

### CONSIDERACIONES GENERALES.



DESCRITAS las principales líneas y mecanismos en ellas empleados, conviene fijar la atención, para darse cuenta de la verdadera importancia del sistema de cables, acerca del coste de su construcción, entretenimiento y explotación, para lo cual seguiré el mismo orden con que estudia esta cuestión Mr. W. W. Hanscom, en su notable artículo publicado en junio de 1884, en la revista titulada *Transactions of the technical society of the Pacific coast*, que ve la luz en San Francisco, añadiendo algunos otros datos y antecedentes recogidos por el autor de estas líneas.

I.—**Construcción.**—*a.*—*Via y tubo.*—En la construcción, por lo que se refiere al material, se ha progresado desde el empleo de materiales tan poco permanentes como la madera, con pavimento superior de tablones, hasta el hormigon hidráulico y el hierro forjado, empleado en grandes cantidades, con adoquinado para la superficie de la vía, y acero para los carriles. Se puede decir que se ha llegado al límite superior en el coste de la construcción, puesto que se emplean los materiales más duraderos y más caros de que en la actualidad se dispone.

Y no parece prudente separarse de estos materiales en busca de economías, siendo únicamente admisible que ésta sea el resultado de reducir estos materiales á un minimum, estudiando la manera de reducir los grandes excesos de resistencia que indiscutiblemente hay en las líneas últimamente construidas, y pueden no ser necesarios en la mayor parte de los casos.

El problema se reduce á calcular los máximos esfuerzos que puede producir el cable contra las poleas, y por lo tanto contra los marcos-travesías; y las cargas máximas que pueda sufrir la superficie de la calle, y dar al tubo solidez suficiente, pero no excesiva, para la estabilidad del sistema.

En la imposibilidad de poder consignar el coste por milla ó por kilómetro de las diversas líneas construidas, coste que por otra parte ha variado mucho de unas á otras líneas, pongo á continuacion algunos datos interesantes, extractados de un folleto publicado bajo la inspiracion de Mr. Hallidie, y que por este concepto parece que merece tomarse en consideracion.

El coste medio de una milla de doble vía de tranvía de cable se calcula en 51.899'56 dollars (ó pesos).

|                                                                                                                                                                                                                              |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Suponiendo una línea de 3 millas de doble vía, la construccion de la vía importaría.. . . . .                                                                                                                                | Dollars 155.698'68 |
| Dos máquinas fijas, calderas, depósitos de agua, bombas, aparatos tensores, poleas y material móvil compuesto de 15 coches á 900 dollars uno, y 15 <i>dummy's</i> con aparatos de embrague á 700 dollars uno, total. . . . . | 44.100'00          |
| Solares y edificios. . . . .                                                                                                                                                                                                 | 20.000'00          |
| 10 por 100 para gastos de estudios é imprevistos. . . . .                                                                                                                                                                    | 21.979'87          |
| <b>Total coste calculado para una línea de 3 millas de doble vía. . .</b>                                                                                                                                                    | <b>241.778'55</b>  |

Para formar este presupuesto, parte Mr. Hallidie de los precios corrientes en San Francisco, que varían bastante respecto á los que rigen en España y en la mayor parte de los países de Europa, pues en California gana un oficial de albañil, de carpintero, herrero, etc., etc., 3 dollars diarios, y un peon de 1,50 á 2. Por esta razon se dan estos datos nada más que para formar idea, pues es seguro que áun adoptando un sistema idéntico de construccion, en cada país ó en cada localidad donde se aplicára resultaría á precios muy diferentes unos de otros.

*b. Maquinaria.*—Para servir de base al estudio comparativo de esta importante parte de las líneas de cables, Mr. W. W. Hanscom dá los siguientes interesantes estados de las líneas de San Francisco, en los cuales vá comprendido en la casilla del peso de la maquinaria, el peso de las partes movibles de

las máquinas de vapor, volantes, ruedas dentadas y tambores, así como las grandes poleas de cambio de movimiento y las pequeñas poleas que guían al cable en la línea, en una palabra, se comprende bajo el nombre de *maquinaria*, todas las partes que en la casa de máquinas ó en la línea se mueven, exceptuando el cable.

*Peso aproximado de la maquinaria y de los cables en varias líneas de San Francisco.*

| NOMBRES DE LA LÍNEAS.              | Peso de la maquinaria, en libras inglesas. | Peso del cable en libras. |
|------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Clay. . . . .                      | 22.000                                     | 15.400                    |
| California. . . . .                | 100.000                                    | 65.000                    |
| Sutter. . . . .                    | 240.000                                    | 68.000                    |
| Geary. . . . .                     | 60.000                                     | 37.800                    |
| Union ó Presidio. . . . .          | 80.000                                     | 30.500                    |
| Market, Valencia y Haight. . . . . | 240.000                                    | 164.412                   |
| Mc Allister. . . . .               | 100.000                                    | 68.000                    |

De cuyos datos tomando como unidad el peso del cable de cada línea resulta el siguiente cuadro:

| NOMBRES DE LA LÍNEAS.              | Peso del cable = 1. | Peso de la maquinaria, en funcion del peso del cable. |
|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|
| Clay. . . . .                      | 1                   | 1428                                                  |
| Market, Valencia y Haight. . . . . | 1                   | 1459                                                  |
| Mc Allister. . . . .               | 1                   | 1470                                                  |
| California. . . . .                | 1                   | 1538                                                  |
| Geary. . . . .                     | 1                   | 1587                                                  |
| Union ó Presidio. . . . .          | 1                   | 2622                                                  |
| Sutter. . . . .                    | 1                   | 3529                                                  |

Estas cifras pueden servir en cierto modo para calcular el coste de la maquinaria de una línea de una extension determinada, puesto que sabiendo la longitud del cable, y por lo tanto su peso, se puede venir fácilmente en cono-

cimiento del peso aproximado de la maquinaria, y por lo tanto de su coste, pues sabido es que ésta se vende por lo general á peso.

Este sistema de calcular el coste de la maquinaria de una línea de esta clase que se proyecte, tiene la ventaja de poderse aplicar á todos los países, con sólo saber el precio de la tonelada de hierro en el país donde deba instalarse la línea, bien entendido siempre que esta clase de cálculos no pueden servir más que para formarse una idea ó para un ligero ante-proyecto, y nunca para formar el presupuesto definitivo de una línea.

*c. Aparato de embrague y cable.*—Para la construcción del aparato de embrague hay que tener en cuenta en primer término las máximas pendientes de la línea, y calcular su resistencia con arreglo á este dato.

Además, la conveniente marcha del servicio exige que el aparato de embrague pueda maniobrarse con facilidad y prontitud, pues esta es una condición sin la cual el sistema de cables daría lugar á frecuentes choques y percances. Esta condición la satisfacen bastante bien la mayor parte de los aparatos en uso, auxiliados convenientemente por los frenos, como se ha indicado al describir unos y otros.

Respecto á la construcción del cable, opina Mr. Hanscom que es todavía susceptible de muchos perfeccionamientos, y en efecto, el cable, que es verdaderamente el alma del sistema, debe satisfacer á condiciones hasta cierto punto contradictorias. Por una parte debe ser suficientemente resistente y por lo tanto suficientemente grueso, para no romperse aún después de mucho tiempo de uso si se le somete á tensiones extraordinarias por efecto de un mayor tráfico accidental en la línea; y por otra, debe ser de sección reducida para que pueda plegarse bien alrededor de los tambores y poleas que le guían. No debe ser muy largo, porque cuanto más largo, necesita más fuerza para ponerse en movimiento y además es más cara su fabricación; ni muy corto, porque exigiría frecuentes cambios de cable dentro de la misma línea, lo cual dificulta siempre el servicio. Debe tener una superficie muy dura para que no sea destruido por el aparato de embrague, y por otra parte, esta dureza no puede ser tan grande que quite al cable la necesaria flexibilidad para plegarse á las diferentes curvas que debe describir. Los cables se han construido de varias clases y condiciones, pero parece que los más aceptables son los

de acero templado, los cuales poseen suficiente resistencia, dureza y flexibilidad. El tipo de cable más corriente es el descrito al hablar de la línea de Clay Street.

*d. Carruajes.*—Respecto á este punto, la cuestion principal es si el *dummy* debe ó no ir unido al coche ordinario, y esta cuestion se puede considerar resuelta segun las condiciones locales, pues en Chicago, donde es muy grande el tráfico, conviene más á todas luces el *dummy* independiente para poder unir á él los coches que hagan falta; y en cambio, en líneas análogas á la de Mission Street de San Francisco, es más conveniente el coche ordinario con el aparato de embrague en la plataforma anterior.

Lo que parece poco aceptable es la union del *dummy* con un coche ordinario, formando como dos coches unidos, tales como los usa la compañía de Market Street, porque resultan muy largos y difíciles por lo tanto de manio-brar, y aún de circular por curvas de rádio muy pequeño, por más que este inconveniente se salva empleando dos juegos de cuatro ruedas, uno en cada extremo del coche, que puedan girar independientemente, como se usa en los grandes vagones de ferrocarril.

**II.—Entretenimiento.**—*a.—Vía y tubo.*—Con el sistema de construir el tubo de marcos de hierro forjado y hormigon, y los carriles de acero, el entretenimiento se reduce á un mínimum, pudiendo decirse que el tubo propiamente dicho es de una duracion indefinida. Las partes que hay que renovar con más frecuencia (más por los deterioros que sobre ellas causan los vehículos ordinarios, que por el propio uso) son los carriles y los hierros de la ranura, cuyas piezas conviene que puedan reponerse sin necesidad de deshacer para nada ningun otra parte del tubo, como así se hace en realidad.

*b. Maquinaria.*—Por lo que se refiere á los motores, el entretenimiento es el mismo que el de un motor destinado á cualquier otro objeto; y respecto á las poleas y tambores, hay que hacer observar que cuanto más sencillos son los mecanismos empleados, más barato resulta la conservacion, siendo bajo este punto de vista preferibles las poleas fijas para guiar al cable por el interior del tubo, á las movibles empleadas en la calle de Sutter.

*c. Aparato de embrague y cable.*—La conservacion de estos dos importantes órganos, está en razon inversa una de otra, pues cuanto mayor sea la

dureza de las quijadas del aparato de embrague, destruirá más pronto al cable, y cuanto más dura sea la superficie de éste, mayor será el deterioro que cause en el aparato de embrague.

Siendo el cable de un coste muy superior al de los aparatos, se prefiere asegurar la conservación del primero á costa de los segundos, construyendo al efecto las quijadas de hierro fundido, sin endurecer, y colocándolas de modo que puedan fácilmente reponerse sin tocar ninguna de las otras piezas del aparato de embrague.

Los cables nuevos destruyen muy rápidamente las piezas de fundición de los aparatos, y esto se explica por la serie de pequeños salientes y entrantes que los alambres forman en la superficie del cable, cuyos salientes van poco á poco desapareciendo hasta el punto de que después de algun tiempo de uso el aspecto del cable es el de una barra cilíndrica. Se comprende que los rozamientos, y por lo tanto la acción destructora sobre la superficie rozada, han de ser mayores cuando el cable presenta la superficie desigual, propia de su tejido, que cuando se ha convertido en una verdadera superficie cilíndrica.

Con objeto de hacer ménos sensible este inconveniente de los cables nuevos, se les suele aplicar una capa de alquitran, que se renueva con frecuencia, para que los intersticios se hallen siempre cubiertos y el cable presente desde luego una superficie cilíndrica, con lo cual se logra que las quijadas de los aparatos duren el doble, ó acaso más, de lo que durarían sin esta precaución.

Al alquitran se añade una pequeña cantidad de aceite, con lo cual se lubrica la superficie del cable, lográndose dos importantes objetos: que el aparato de embrague al ir oprimiendo al cable, cuando se quiera poner en movimiento al *dummy*, resbale ántes un poco sobre el cable, lo cual se traduce en mayor suavidad al iniciarse la marcha, puesto que en los primeros momentos el *dummy* es arrastrado con menor velocidad por efecto de este resbalamiento entre el aparato y el cable; y que éste no se adhiera al aparato de embrague, ni á las poleas que le guían.

La vida del cable depende además del cuidado ó inteligencia del personal de maquinistas encargado de maniobrar los aparatos. En efecto, es conve-

niente que éstos al embragar ejerzan la presión necesaria sobre el cable, para que éste y el aparato formen un todo solidario, pero cualquier exceso de presión sobre la necesaria, se comprende que ha de causar un efecto destructor é inútil sobre el cable. En general, los maquinistas poco inteligentes incurren en este defecto de embragar demasiado, y en San Francisco se ha podido observar que un cable ha tenido casi doble duración cuando los aparatos de embrague han sido maniobrados por un personal escogido, que cuando lo han sido por otro ménos inteligente.

Otra causa que influye poderosamente en la mayor ó menor duración del cable es la manera de efectuar el paso á través del aparato de embrague cuando éste no se halla en movimiento, siendo bajo este punto de vista muy inconveniente la disposición empleada en la calle de Sutter (figura 12), en la que es muy corta la pieza inferior *II* con respecto á la superior *KK*, puesto que al verificarse el embrague, tiene que ser á fuerza de dos grandes presiones de la pieza superior contra las poleas *JJ*, cuya tangente horizontal superior es más alta que la canal *II*. Estas dos grandes presiones en dos puntos extremos, destruyen más al cable que la presión uniforme de las dos canales ó quijadas *KK* é *II*, abrazando directamente al cable sin la interrupción de las poleas *JJ*. Para lograr este resultado, en las demás líneas en que se usan aparatos de embrague de movimiento análogo al de la calle de Sutter, se construyen las dos piezas *KK* é *II* de la misma longitud y se colocan las poleas bastante separadas de dichas piezas, para que no estorben el embrague. Como la tangente horizontal de dichas poleas tiene que quedar siempre por encima de la pieza inferior, para que al circular el cable no roce con élla, se han ideado algunos otros sistemas (de los que ya se ha hecho mención) en que la pieza inferior es la que sube, independientemente de las poleas, á unirse contra la superior para verificar el embrague, teniendo esta disposición la ventaja de no obligar al cable á doblarse desde las poleas hasta la pieza inferior.

La longitud de las piezas del aparato de embrague que oprimen entre sí al cable (quijadas ó canales) no parece que influya mucho en la duración de éste; pero claro está que dicha longitud está limitada por las consideraciones de que no puede ser muy pequeña, porque produciría efecto cortante sobre

el cable, ó por lo menos dejaría la señal en el sitio en que se hubiera embragado; ni puede ser excesivamente larga, porque se adaptaría mal á las curvas verticales y horizontales que tiene que recorrer. Parece que teniendo las piezas del aparato de embrague una longitud de 8 á 10 diámetros del cable, se puede ejercer toda la presión de que es susceptible el aparato manejado por un hombre, sin que la presión imprima la menor huella en el cable, y produciéndose por otra parte un embrague capaz de arrastrar los trenes usuales con sus cargas máximas, aún en las mayores pendientes de las líneas construidas.

Por lo que se lleva dicho, se vé que el principal factor de la mayor ó menor duración del cable es el aparato de embrague, tanto por lo que se refiere á su construcción, como por lo referente á su manejo. Las condiciones á que debe satisfacer un aparato de embrague para obtener el máximo de economía en el entretenimiento del cable, son: que cuando el carruaje esté parado, el cable circule á través del aparato sin rozar en ninguna otra pieza que en las poleas, y que el embrague se verifique por compresión directa de las dos piezas destinadas á producirlo, sin que se dé lugar á rozamientos contra las poleas.

III.—**Explotación.**—Respecto á esta interesante cuestión, las siguientes tablas, tomadas del trabajo de Mr. Hanscom, dan una porción de datos útiles, y condensan cuanto pudiera decirse sobre el particular.

| NOMBRES DE LA LÍNEAS. | Caballos de vapor necesarios para mover al cable. | Peso del cable movido á una milla por hora, en libras. | Comparación de la fuerza necesaria para las diversas líneas, siendo la de Clay = 1. | OBSERVACIONES.     |
|-----------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Clay. . . . .         | 22,6                                              | 4084                                                   | 1,00                                                                                |                    |
| Sutter. . . . .       | 83,6                                              | 4538                                                   | 0,90                                                                                | Datos aproximados. |
| Geary. . . . .        | 58,00                                             | 4538                                                   | 0,90                                                                                | Datos aproximados. |
| California. . . . .   | 84,00                                             | 4743                                                   | 0,861                                                                               |                    |
| Union. . . . .        | 39,00                                             | 4788                                                   | 0,852                                                                               |                    |
| Market. . . . .       | 201,00                                            | 6221                                                   | 0,656                                                                               |                    |
| Mc Allister. . . . .  | 60,00                                             | 9066                                                   | 0,45                                                                                |                    |

En la segunda casilla consta la fuerza necesaria, en caballos de vapor, para mover los cables de cada línea, sin arrastrar carruaje ninguno, pero incluyendo toda la fuerza necesaria para vencer los rozamientos y resistencias pasivas; en la tercera casilla aparece la cantidad de cable que podría ser movido á razon de 1 milla por hora por un caballo de fuerza, tomando esta cantidad de cable en libras inglesas; y la cuarta casilla es la comparacion de los resultados consignados en la anterior, tomando como unidad la cantidad de cable movido por caballo de vapor en la calle de Clay, con objeto de darse cuenta más fácilmente de dicha comparacion.

La siguiente tabla dá la fuerza necesaria para mover los pequeños trenes compuestos de un *dummy* y de un coche ordinario.

| NOMBRES DE LA LÍNEAS. | Peso del tren en libras. | Fuerza necesaria para mover cada carruaje, en caballos de vapor. | Número de carruajes que hay en movimiento, por término medio. | Fuerza media necesaria para mover los carruajes de la línea. | OBSERVACIONES.                                  |
|-----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Clay . . . . .        | 4900                     | 0,80                                                             | 7                                                             | 5,60                                                         |                                                 |
| Sutter. . . . .       | 7500                     | 1,50                                                             | 18                                                            | 27,00                                                        |                                                 |
| California. . . . .   | 8600                     | 1,40                                                             | 14                                                            | 19,60                                                        |                                                 |
| Geary. . . . .        | 8400                     | 1,94                                                             | 19                                                            | 36,85                                                        |                                                 |
| Union. . . . .        | 8600                     | 1,42                                                             | 10                                                            | 14,20                                                        |                                                 |
| Market y Haight. .    | 9600                     | 2,07                                                             | 44                                                            | 91,00                                                        | <i>Dummy</i> y coche formando un solo vehículo. |
| Mc Allister. . . . .  | 9600                     | 2,07                                                             | 18                                                            | 37,00                                                        |                                                 |

La tabla que se pone á continuacion, expresa la velocidad media de las diversas líneas, la distancia media recorrida por cada pasajero que por ellas transite, el número de horas diarias que funciona, y la fuerza que se calcula consumen cada mil pasajeros al ser trasportados, en la distancia media calculada, sin contar la fuerza necesaria para mover el cable y los vehículos.

| NOMBRES.             | Velocidad en millas por hora. | Distancia recorrida por cada pasajero. | Horas diarias que funciona la línea. | Fuerza necesaria para el trasporte de 1000 pasajeros, en caballos de vapor. | OBSERVACIONES.                  |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Clay. . . . .        | 6                             | 1/2                                    | 17 y 1/2                             | 0,0971                                                                      |                                 |
| Sutter. . . . .      | 7 1/2                         | 1 y 1/2                                | 19 y 1/2                             | 0,261                                                                       |                                 |
| California. . . . .  | 6                             | 1                                      | 19                                   | 0,178                                                                       |                                 |
| Geary. . . . .       | 7 3/4                         | 1                                      | 19                                   | 0,177                                                                       |                                 |
| Union. . . . .       | 6                             | 1                                      | 17 y 1/2                             | 0,194                                                                       |                                 |
| Market. . . . .      | 8                             | 2 y 1/2                                | 20 y 2/3                             | 0,412                                                                       | (Se incluye la calle de Haight. |
| Mc Allister. . . . . | 8                             | 1                                      | 20 y 2/3                             | 0,163                                                                       |                                 |

Cuyos números demuestran la pequenísima fuerza que se emplea en transportar los pasajeros, siendo la mayor parte invertida en poner en movimiento al cable y á los vehículos, como se vé con mas detalle en la siguiente tabla, en la que consta la fuerza necesaria para cada línea, y la parte de esta fuerza empleada en mover el cable, los carruajes y los pasajeros; en las columnas de la derecha los números representan el tanto por ciento de la fuerza necesaria para cada uno de estos tres objetos, y en las de la izquierda está expresada en números que representan caballos de vapor.

| NOMBRES DE LA LÍNEAS. | Fuerza en caballos para cada línea. | Fuerza necesaria para el cable. |                | Fuerza necesaria para los vehículos. |                | Fuerza necesaria para los pasajeros. |                | Número de pasajeros por día. |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|------------------------------|
|                       |                                     | En caballos.                    | Tanto por 100. | En caballos.                         | Tanto por 100. | En caballos.                         | Tanto por 100. |                              |
| Clay. . . . .         | 28,56                               | 22,60                           | 79,00          | 5,60                                 | 19,00          | 0,36                                 | 2,00           | 4.000                        |
| Sutter. . . . .       | 114,60                              | 83,60                           | 72,90          | 27,00                                | 23,50          | 4,00                                 | 3,60           | 15.000                       |
| California. . . . .   | 105,02                              | 84,00                           | 80,00          | 19,60                                | 18,60          | 1,42                                 | 1,40           | 8.000                        |
| Geary. . . . .        | 96,63                               | 58,00                           | 60,00          | 36,86                                | 38,00          | 1,77                                 | 2,00           | 10.000                       |
| Union. . . . .        | 54,55                               | 39,00                           | 70,00          | 14,20                                | 26,00          | 1,35                                 | 4,00           | 7.000                        |
| Market. . . . .       | 301,00                              | 201,00                          | 66,70          | 91,00                                | 30,60          | 9,06                                 | 2,70           | 22.000                       |
| Mc Allister. . . . .  | 98,30                               | 60,00                           | 61,00          | 37,00                                | 37,60          | 1,30                                 | 1,40           | 8.000                        |
|                       | 796,66                              | 548,20                          | 68,00          | 231,26                               | 28,00          | 19,26                                | 4,00           | 74.000                       |

Los números que figuran en el renglon inferior del anterior cuadro, son los promedios generales de todas las líneas, consideradas como una sola.

En los dias de tráfico ordinario, los carruajes corren espaciados á las distancias que expresa el siguiente cuadro:

| NOMBRE DE LAS LÍNEAS. | Número de carruajes en circulacion. | Longitud del cable, en piés. | Longitud de cable correspondiente á cada carruaje. | OBSERVACIONES.                                              |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Clay. . . . .         | 7                                   | 11.000                       | 1.571                                              | Sin tener en cuenta los trenes que proceden de Mc Allister. |
| Sutter. . . . .       | 18                                  | 37.736                       | 2.096                                              |                                                             |
| California. . . . .   | 14                                  | 25.895                       | 1.844                                              |                                                             |
| Geary. . . . .        | 19                                  | 27.000                       | 1.421                                              |                                                             |
| Union. . . . .        | 10                                  | 21.000                       | 2.100                                              |                                                             |
| Market. . . . .       | 44                                  | 65.765                       | 1.472                                              |                                                             |
| Mc Allister. . . . .  | 18                                  | 27.183                       | 1.510                                              |                                                             |
| TOTALES. . . . .      | 130                                 | 215.579                      | 12.014                                             |                                                             |
| Promedios. . . . .    | 18,5                                | 30.797                       | 1.716                                              |                                                             |

De manera que, por término medio, en las líneas de San Francisco á cada carruaje en circulacion corresponde una longitud de cable de 1716 piés; pero en los domingos y dias festivos en que la circulacion aumenta, sobre todo en algunas líneas como las de Geary y Haight que conducen al Parque de Goulden Gate, se puede calcular que este promedio es de unos 1000 piés, y aún se ha reducido esta distancia hasta 700.

Suponiendo que el tráfico sea tal que á cada carruaje correspondan 1000 piés de cable (caso que si bien no es el usual es frecuente como se acaba de indicar) y dada la longitud total de cable de las líneas de San Francisco, corresponden unos 215 carruajes, ó sean un 65 por 100 más de los expresados en la última tabla, y el número de pasajeros debe considerarse tambien mayor en un 65 por 100 respecto al señalado en la penúltima tabla, aumentando de una manera análoga las fuerzas calculadas para el transporte de los carruajes y de los pasajeros, sin que aumente la calculada para mover al cable, puesto que éste sigue siendo el mismo.

Con arreglo á estas consideraciones, y partiendo de los datos consignados en la penúltima tabla, se puede calcular la fuerza necesaria para poner en movimiento las líneas citadas, marchando los carruajes espaciados á 1000 piés, de la manera siguiente:

|                                                                                                            | Caballos. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.º Fuerza necesaria para mover los cables segun la tabla. . . . .                                         | 548,20    |
| 2.º Fuerza empleada en mover los carruajes, igual á la de la tabla<br>aumentada en un 65 por 100. . . . .  | 381,57    |
| 3.º Fuerza empleada en trasportar pasajeros, igual á la de la tabla<br>aumentada en un 65 por 100. . . . . | 31,77     |
| TOTAL. . . . .                                                                                             | 961,56    |

O sea, reduciendo estas cifras á tantos por ciento,

57 centésimas partes de la fuerza para el cable,

39 Id. id. id. id. para los carruajes, y

4 Id. id. id. id. para los pasajeros

110 para el conjunto.

Cuyos resultados expresan el promedio de todas las líneas comparadas. Si se aplicára igual procedimiento á la línea de la calle de Geary, que es la que ménos fuerza gasta en mover al cable (segun puede verse en la penúltima tabla) y suponiendo los vehículos separados tambien á 1000 piés, se tendrían 8 carruajes más; y las fuerzas necesarias para mover carruajes y pasajeros aumentadas en un 42 por 100 más, obteniéndose los siguientes resultados:

|                                             | Caballos. |
|---------------------------------------------|-----------|
| 1.º Fuerza necesaria para el cable. . . . . | 58,00     |
| 2.º Id. id. para los vehículos. . . . .     | 52,34     |
| 3.º Id. id. para los pasajeros. . . . .     | 2,84      |
| TOTAL. . . . .                              | 113,18    |

O sea 51 centésimas partes para el cable,

46 Id. id. id. los carruajes, y

3 Id. id. id. los pasajeros,

100 para el conjunto.

Para demostrar que estos cálculos no pecan de exagerar el número de pasajeros que pueda trasportar la línea, basta decir que según los datos de la tabla la capacidad de transporte de la línea de Geary es de 10.000 pasajeros al día, marchando los coches á 1716 piés; marchando á 1000 sería un 42 por 100 mayor, según se lleva dicho, ó sea de 14.200 pasajeros, y según los datos recogidos por los empleados de la línea se han trasportado en días de gran movimiento de 20.000 á 22.000 pasajeros.

De todo lo expuesto acerca de estas interesantes cuestiones, se deduce que el cable consume algo más de la mitad de la fuerza total, y que los pasajeros consumen una mínima parte que varia del 3 al 4 por 100. Los perfeccionamientos que tratan de introducirse para obtener el máximo de economía en la explotación, deben dirigirse pues á aligerar el cable y á suavizar los grandes rozamientos que hoy consumen la mayor parte de la fuerza destinada para la locomoción; y que mucho puede hacerse en este sentido, lo denota la sencilla inspección de los datos consignados, pues mientras en la línea de la calle de California el cable consume el 80 por 100 de la fuerza total, el de la calle de Geary sólo absorbe el 60.

---

Al terminar este ligero estudio, parece oportuno decir algo acerca de las ventajas é inconvenientes del sistema de tranvías de cable subterráneo, comparado con los demás sistemas en uso y de sus posibles aplicaciones en España.

En los Estados-Unidos, país en que todas las cuestiones se miran bajo el punto de vista mercantil, los tranvías de cable han tenido y tienen sus apasionados, que niegan puedan tener el más ligero inconveniente, y sus detractores, que no les otorgan la más pequeña ventaja; y unos y otros hacen el pro y la contra en términos tan apasionados como si se tratara de una candente cuestión personal ó política, y es que muchas veces las alabanzas ó críticas, aunque aparezcan en periódicos científicos, no tienen otro objeto que el de hacer subir ó bajar las acciones de ciertas compañías, alabando ó desacreditando este sistema ú otros empleados en determinadas líneas que puedan ser rivales en intereses.

Por estas razones hay que proceder con suma cautela ántes de admitir como buenos los juicios de los periódicos y revistas americanos, que por otra parte son los más autorizados en el asunto, y sobre todo los de San Francisco, puesto que son los que más de cerca lo conocen.

En Inglaterra se ha organizado una sociedad con el título de *The Hallidie Patent Cable Tramways Corporation Limited*, y con un capital de 1.000.000 de libras esterlinas, que tiene por objeto introducir este sistema.

En una circular de esta compañía, que es la constructora de las líneas de Lóndres de que se ha hecho mencion, se enumeran de la siguiente manera las ventajas de los tranvías de cable, enumeracion que se ha reproducido en la misma forma en un folleto publicado en español en San Francisco de California por la *Compañía mexicana de Tranvías de cable*, cuyo objeto es introducir el sistema en Méjico.

«*Primera ventaja.*—La gran economía en los gastos de explotacion comparados con el sistema de traccion animal, pues en éste el coste por término medio en las tres líneas metropolitanas principales de Lóndres, es de un 76 por 100 del total de los ingresos, mientras que el coste de explotarlas por el sistema de cables se calcula que no exceda de un 38 por 100, lo cual dá una economía de un 50 por 100 sobre el sistema actual.

«En las líneas de fuera de Lóndres (en el resto de Inglaterra), se considera el coste de la explotacion de un 60 por 100, y por medio de este sistema se calcula que por término medio no llegaría á más de un 40 por 100 del total de los ingresos.»

«*Segunda.*—La circunstancia de poder usar carriles completamente planos en su parte superior, sin emplear los carriles ordinarios con reborde, los cuales hacen que muchas personas se opongan con cierta razon al establecimiento de tranvías, por las molestias que ocasionan los carriles á los carruajes ordinarios que han de cruzarlos.»

«*Tercera.*—La gran ventaja de poderse emplear este sistema con igual facilidad en caminos llanos que en los muy quebrados, siendo en estos últimos el único sistema aplicable, puesto que los demás medios de traccion no pueden pasar de ciertas pendientes.»

«*Cuarta.*—La facilidad de poder hacer frente á un tráfico extraordinario en ciertos dias determinados, sin más que tener para ello almacenado el número de carruajes necesarios, cosa que no sucede en los tranvías movidos por fuerza animal, que necesitarian tener un respetable número de caballerías de repuesto solamente para estas ocasiones. Esta es acaso una de las principales ventajas del sistema.»

«*Quinta.*—El evitar el deterioro que causan en el empedrado de las calles las caballerías al tirar de los coches de los tranvías ordinarios.»

«*Sexta.*—La disminucion del ruido y el regularizarse y hacerse más agradable el movimiento.»

«*Sétima.*—El evitar que sean maltratados los animales de tiro.»

A estas ventajas, que son innegables, añade el folleto de la *Compañía mexicana*, la de que por efecto de la gran comodidad, rapidez y limpieza del sistema, se ha observado que en los sitios en que se han establecido tranvías de cable en sustitucion de otros tirados por fuerza animal, se ha notado un aumento inmediato y progresivo de tráfico.

Respecto al número de accidentes que puedan producir desgracias, ya sea en las personas que circulan por la calle, ya en las que vayan en los vehículos, parece que el sistema de cable se halla por lo ménos en iguales condiciones que el ordinario, porque los carruajes pueden detenerse con igual rapidez y con más precision que en los tranvías tirados por fuerza animal, con la ventaja de parte del cable, de que siendo todas las operaciones mecánicas se suprimen los riesgos provinientes de que se desboquen las caballerías, no se las pueda detener á tiempo, etc., etc., y otras causas independientes de la voluntad del cochero.

Los inconvenientes principales son á mi ver los siguientes:

*Primero.*—Que por mucha que sea la duracion del cable, llega un momento en que se puede producir su rotura, y entónces hay que interrumpir necesariamente el servicio ó verificarlo por medio de caballerías, para lo cual como es natural no están preparadas las empresas.

Este inconveniente es tanto menor cuanto mayor sea la resistencia del cable, y para dar cabal idea de las veces que este contratiempo pueda surgir, y de la duracion de las interrupciones que se producen, puedo citar el hecho

de que en dos meses y medio que en el año 1883 residí en San Francisco, haciendo diariamente continuo uso de los tranvías de cable, tan sólo noté dos interrupciones, que quedaron arregladas una de ellas á las pocas horas de producirse y la otra al dia siguiente, habiendo en aquélla época una longitud de 17 y medio kilómetros de líneas de cable, todas ellas con doble vía.

Las roturas se evitan en lo posible, no sólo con la buena construccion y calidad del cable, sino tambien con las precauciones que se han indicado, siendo además de notar que los cambios de direccion influyen de una manera notable en la duracion del cable, y que la experiencia ha patentizado que en dichos cambios son del todo inadmisibles las poleas cuyos diámetros no sean por lo ménos unas 100 veces mayores que las de los cables.

A evitar las interrupciones del servicio cuando ocurre una rotura, cosa que si se puede en parte prevenir no se puede evitar en absoluto, se han dirigido varios ensayos hechos en Chicago para colocar dos cables dentro de cada tubo, cables que deberian estar constantemente en circulacion y de los cuales podria el *dummy* hacer uso indistintamente, para lo cual debería llevar dos apatatos de embrague ó uno con dos quijadas, una hácia la derecha y otra hácia la izquierda. De este modo se evitaría por completo este inconveniente, que es acaso el mayor que tiene el sistema. Ignoro si hasta la fecha han dado tales ensayos los resultados que de ellos se esperaban, pero juzgo muy posible que se logre resolver el problema de la circulacion de dos cables paralelos y en el mismo sentido, puesto que parece cosa más fácil que los dos cables que circulan en un mismo tubo y en diferente sentido en el tranvía de Dunedin.

*Segundo.*—El tener que remover las cañerías y cloacas que cruzan el subsuelo, al establecer una línea de esta clase, contra cuyo inconveniente se han indicado ya algunos paliativos encaminados á obtener un tubo de seccion mínima. Este inconveniente se traduce en un aumento en el coste de la construccion, aumento que en determinadas localidades en que el subsuelo esté muy cruzado de conducciones y cloacas, puede llegar á hacer que el sistema sea poco aplicable ó resulte excesivamente caro. En cambio en muchas otras localidades, en calles recién urbanizadas en los ensanches de las poblaciones

y en todos los sitios en que haya pocas cañerías que desvíar, es un inconveniente insignificante.

*Tercero.*—Las líneas de cable subterráneo, por más que puedan tener en su trazado algunas curvas, y ya se ha visto que en las construidas las hay, tienen su aplicacion lógica y mejor en los trazados en línea recta ó en líneas en que predominen mucho las alineaciones rectas. Por lo tanto hay que desechar desde luego este sistema para las tortuosas calles de las poblaciones antiguas, porque en líneas en que predominen las curvas, los cables se desgastan con más facilidad y se disminuye considerablemente su duracion, aumentándose mucho los gastos de la explotacion, puesto que se necesita más fuerza para poner en movimiento al cable y para arrastrar á los vehículos y pasajeros.

Este inconveniente, que limita la aplicacion del sistema en muchas localidades, y sobre todo en el interior de algunas poblaciones, está contrareestado por una de las ventajas citadas, de poderse aplicar á cualquier clase de pendientes, con tal de ser su trazado rectilíneo ó de poca curvatura, cuya ventaja hace que el sistema sea aplicable en muchas localidades en que no lo sería ningun otro sistema de locomocion.

*Cuarto.*—Ocurre tambien en la práctica que con el uso el cable sufre dilataciones que llegan á ser mayores que la amplitud oscilatoria del aparato tensor, y entónces no hay más remedio que cortar una cantidad de cable y empalmar los extremos de la parte que queda. Este inconveniente, por cierto no muy grave, es de esperar que se vaya remediando á medida que se introduzcan nuevos perfeccionamientos en la construccion de los cables de acero.

Como resúmen de las ventajas é inconvenientes del sistema, y como demostracion de que las primeras superan á las últimas, á continuacion se ponen las cotizaciones en dollars (pesos) de las acciones de algunas compañías de tranvías de cable de San Francisco al empezarse á vender las acciones, y en noviembre de 1883.

| NOMBRES DE LAS COMPAÑÍAS. | Cotizacion primitiva. | Cotizacion en noviembre de 1883. |
|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| California. . . . .       | 85,00                 | 124,50                           |
| Geary. . . . .            | 37,50                 | 100,25                           |
| Presidio (Union). . . . . | 55,00                 | 70,00                            |
| Sutter. . . . .           | 24,00                 | 95,00                            |
| Clay. . . . .             | 25,00                 | 65,00                            |

En España este sistema podria aplicarse en los ensanches de nuestras principales poblaciones, con tanta ventaja como se ha obtenido en otros países, puesto que el mayor coste que en nuestro país tiene la maquinaria, y el hierro en general, se compensaria con la más barata mano de obra, siendo además de esperar que los precios del hierro y del carbon sigan disminuyendo á medida que se desarrollen las industrias metalúrgicas, toda vez que poseemos las primeras materias en excelentes condiciones.

---

Además de su natural aplicacion como tranvía urbano, puede tener el sistema de cable, á mi juicio, algunas aplicaciones militares, tales como facilitar la subida á fuertes destacados, comunicar unos fuertes con otros de un mismo campo atrincherado, poner en comunicacion los terraplenes de un fuerte con el almacen de artillería y polvorin del mismo para el transporte de las municiones desde éste á los repuestos de las baterías, y comunicar á los cuarteles que generalmente se construyen lejos de las grandes poblaciones con éstas. El tranvía del Presidio de San Francisco, aunque construido por una empresa particular, se puede decir que tiene este objeto, puesto que va desde el centro de la ciudad hasta las inmediaciones de los cuarteles y oficinas militares llamadas del Presidio, prolongándose la línea por medio de un tranvía de vapor hasta los mismos cuarteles.

En el caso de la subida á un fuerte, en que generalmente hay que ganar una altura considerable, podria la instalacion de una línea de cable resultar hasta más económica que ninguna otra clase de vía, por la facilidad de po-

derla trazar en sentido de la máxima pendiente, pudiéndose en los casos que ocurren con frecuencia, de haber un río ó curso de agua en la inmediacion de la colina ó montaña en que está situado el fuerte, establecer un motor hidráulico, que siempre resulta más económico, y sobre todo en la explotacion; claro es que la construccion de una línea de esta naturaleza no evitaria el construir un camino de subida al fuerte, pero sí permitiría construir este camino dándole mayores pendientes y menor anchura, es decir, en condiciones más económicas, puesto que la mayor parte del tráfico, incluso la subida de las piezas y municiones, podría verificarse por el cable, dándole la suficiente resistencia.

La aplicacion indicada de construir pequeñas líneas en el interior de los fuertes para el trasporte de municiones, creo que no ofrecería grandes inconvenientes de instalacion, y produciría en cambio grandes ventajas para el servicio de las piezas, facilitando la reposicion de los proyectiles que se fueran gastando de los repuestos.

Estas aplicaciones requerirían en cada caso material apropiado, no siendo mi ánimo entrar en el estudio de las variantes que éste debería sufrir respecto al usado en las líneas existentes, puesto que el principal objeto de estos apuntes es dar á conocer el sistema de tranvías de cable que en mi viaje á la América del Norte tuve ocasion de conocer de cerca, tal y como funciona en las líneas de San Francisco, Chicago y Filadelfia.

Lérida y diciembre de 1885.



## NOTICIA

de los folletos y artículos que se han tenido á la vista, para redactar estos apuntes, además de los datos recogidos directamente, ó por medio de referencias personales, por el autor.

- 1 Artículos publicados en París por Mr. Savoinne, ingeniero en jefe de de puentes y calzadas, en los *Annales des ponts et chaussées*.
  - 2 Noticias publicadas por el periódico inglés *Institution of civil engineers*.
  - 3 Id. id. id. id. *Engineering*.
  - 4 Id. id. id. id. norte-americano *San Francisco Scientific Press*.
  - 5 Id. id. id. id. *Scientific American*.
  - 6 Id. id. id. id. *American Machinist*.
  - 7 Id. id. id. id. *Mining and Scientific Press*.
  - 8 Id. id. id. id. *Railway Review*.
  - 9 Id. id. id. id. *The Iron*.
  - 10 Id. id. id. id. *Transactions of the Technical Society*.
  - 11 Folletos publicados en San Francisco, titulados: *The mechanical miners' guide; Cable Railway Company's System; Improved street Railroad system; Transportacion of ore, sugar cane, and other materials, by means of elevated endless travelling wire ropes; y Compañía mexicana de tranvías de cable*.
-



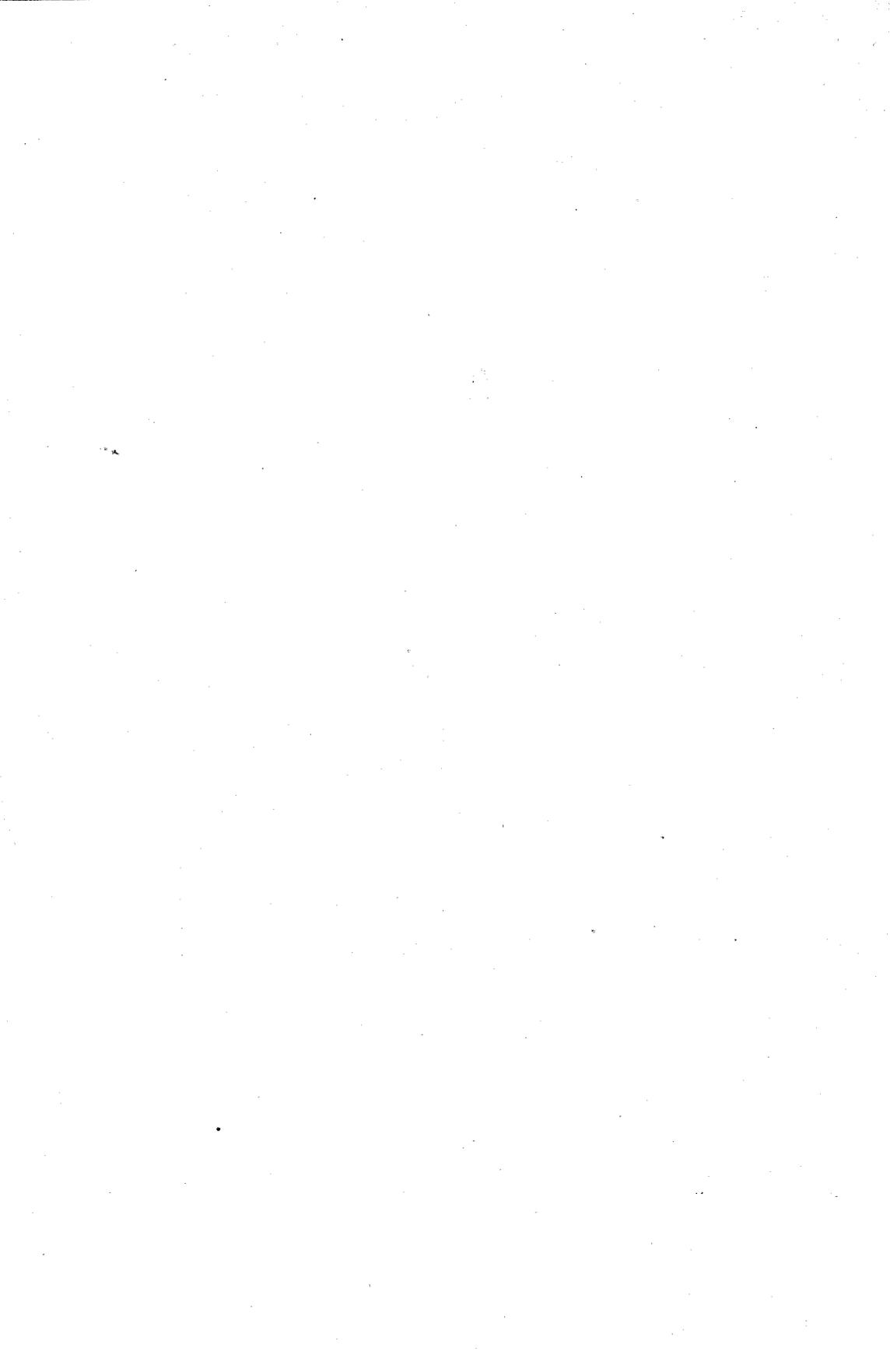
---

## ÍNDICE.

---

|                                                                                                                                 | <u>Páginas.</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| I. —Proyectos anteriores á la primera línea establecida en San Francisco de California. . . . .                                 | 5               |
| II. —Establecimiento de la línea de la calle de Clay en San Francisco de California. . . . .                                    | 9               |
| III. —Descripcion de la vía y casa de máquinas de la línea de la calle de Clay. . . . .                                         | 13              |
| IV. —Material móvil de la línea de la calle de Clay. . . . .                                                                    | 23              |
| V. —Otras líneas de cables construidas en San Francisco. . . . .                                                                | 29              |
| VI. —Líneas construidas fuera de San Francisco, y proyectos para construir otras nuevas ó modificar los sistemas empleados. . . | 41              |
| VII.—Consideraciones generales. . . . .                                                                                         | 55              |

---



## ERRATAS.

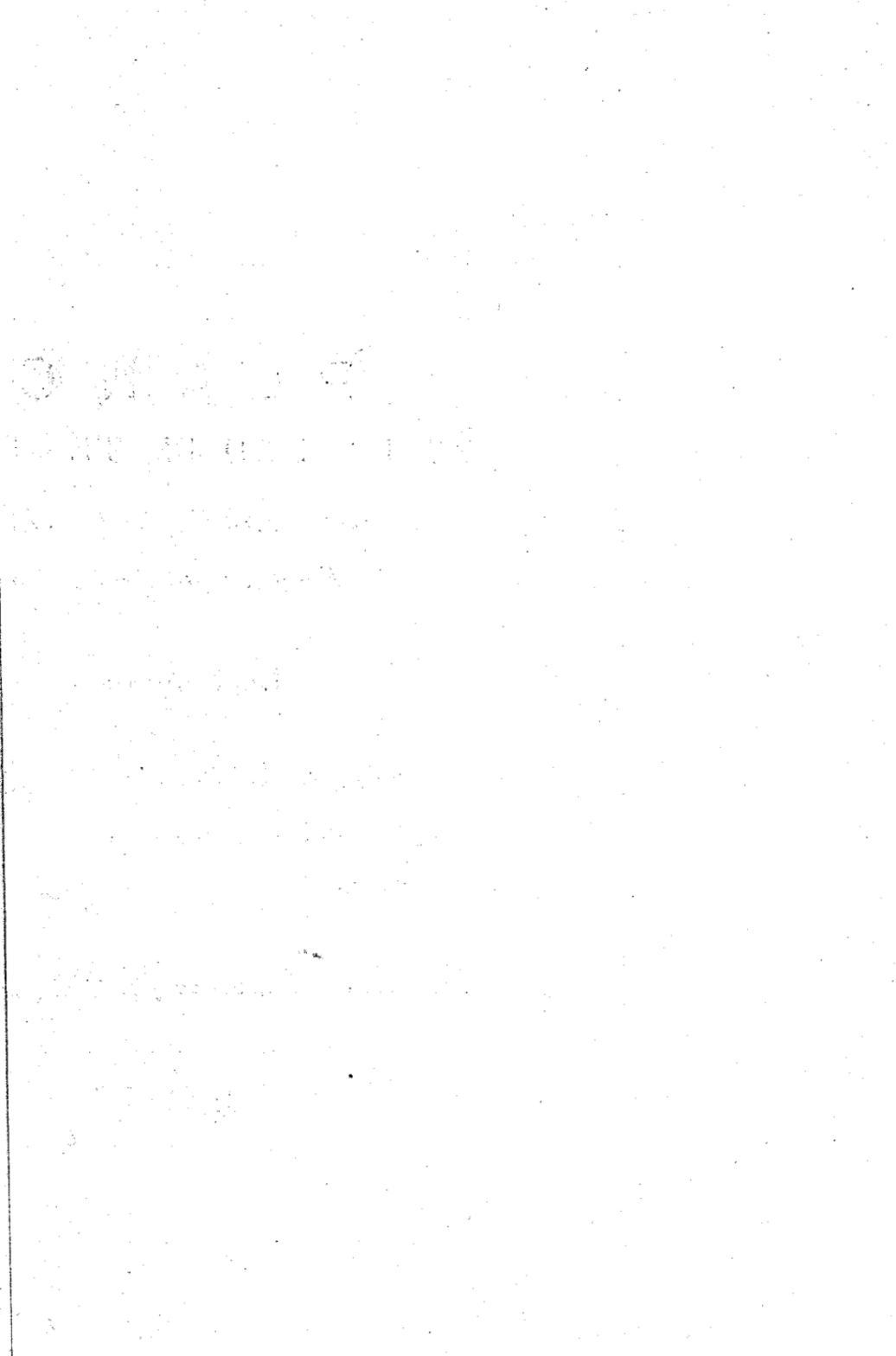
---

| Página.  | Línea.  | Dice.                                                                                                                                                                                                                    | Debe decir. |
|----------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 37       | 20 y 27 | Sarkin. . . . .                                                                                                                                                                                                          | Larkin.     |
| 42       | 6       | 65 milímetros. . . . .                                                                                                                                                                                                   | 65 metros.  |
| 46       | 18 y 19 | Fairmonnt. . . . .                                                                                                                                                                                                       | Fairmount.  |
| Lámina 1 | 1       | Tramvías. . . . .                                                                                                                                                                                                        | Tranvías.   |
| Lámina 3 | fig. 8  | El circulito próximo á la letra <i>n</i> , no es una semi-esfera como parece representar la figura, sino el extremo de un tubito formado por las dos ranuras semicilíndricas que llevan las piezas <i>m</i> y <i>n</i> . |             |

---



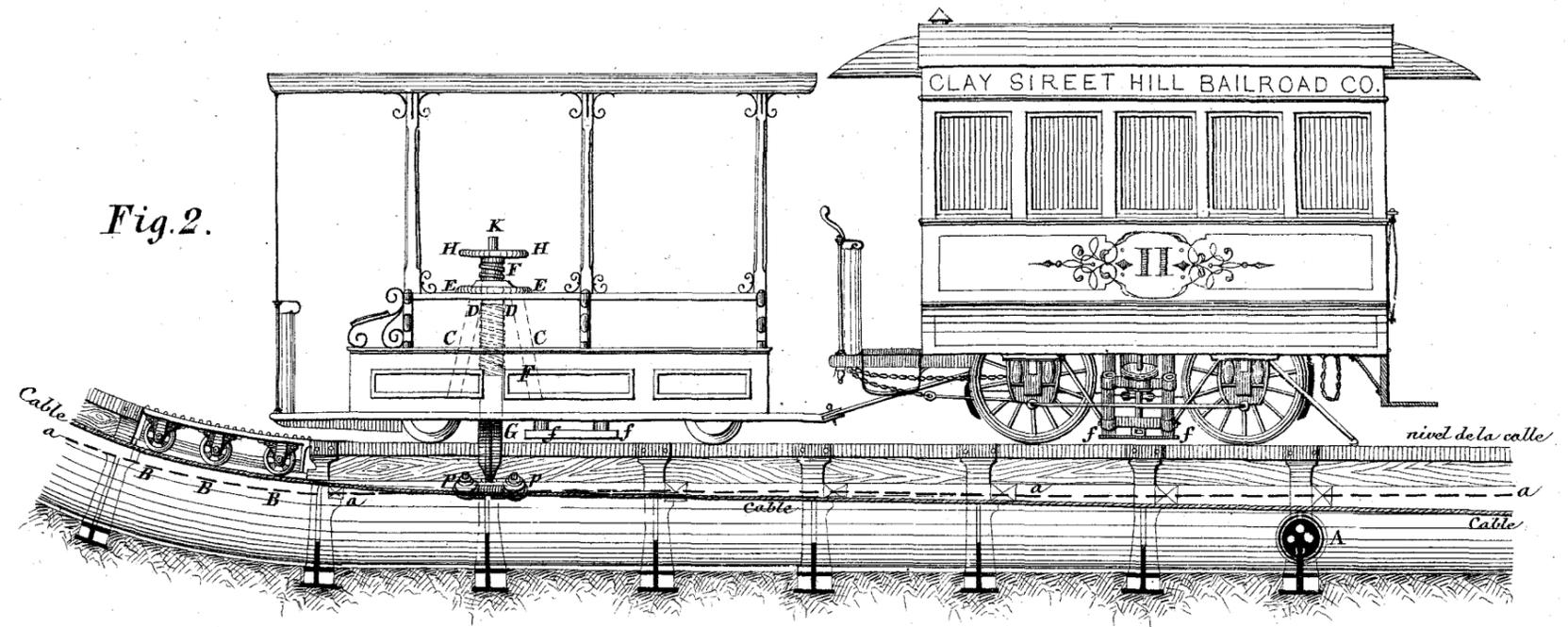
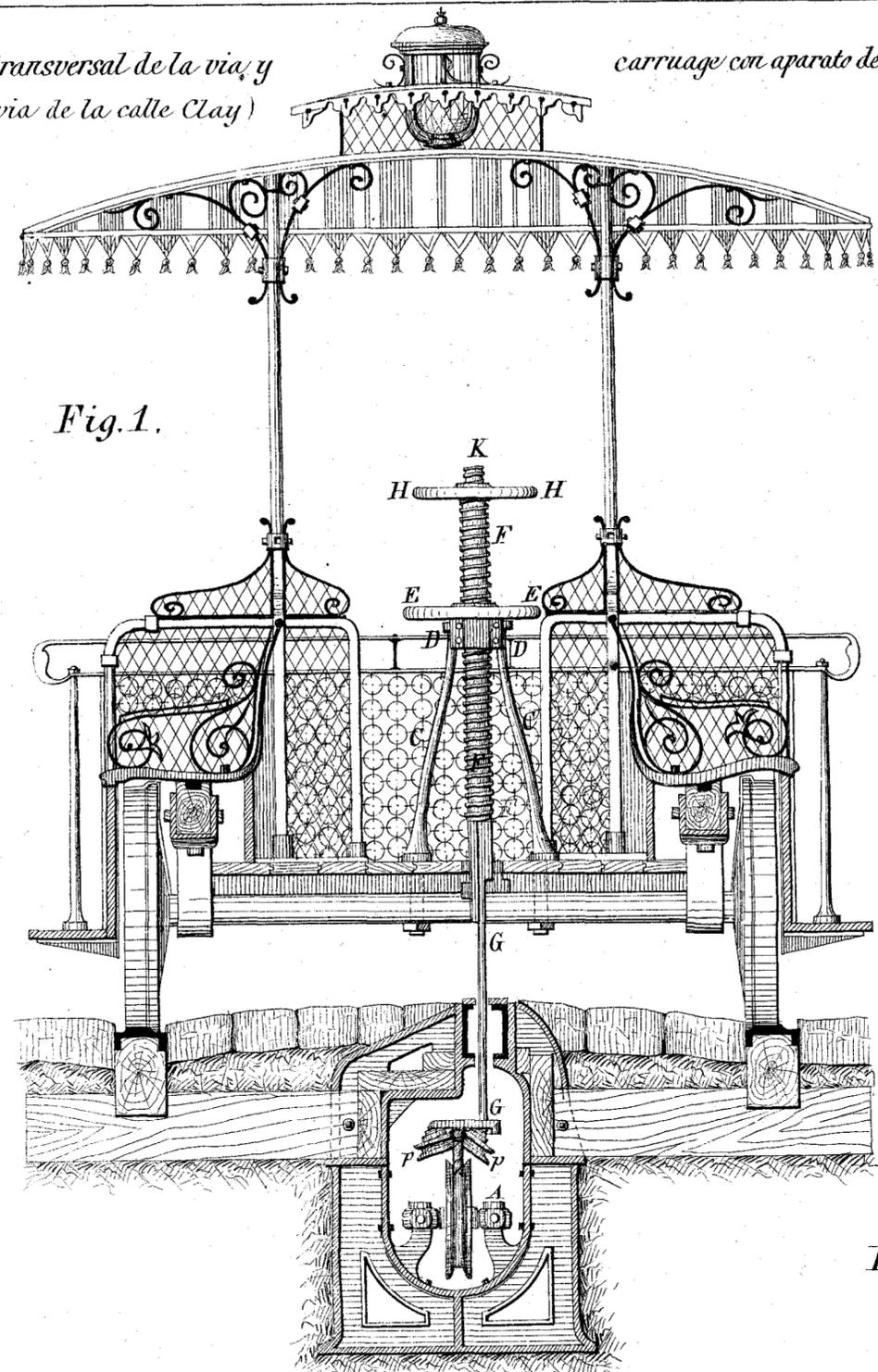




Corte transversal de la vía, y  
(Tranvía de la calle Clay)

carruaje con aparato de embrague.

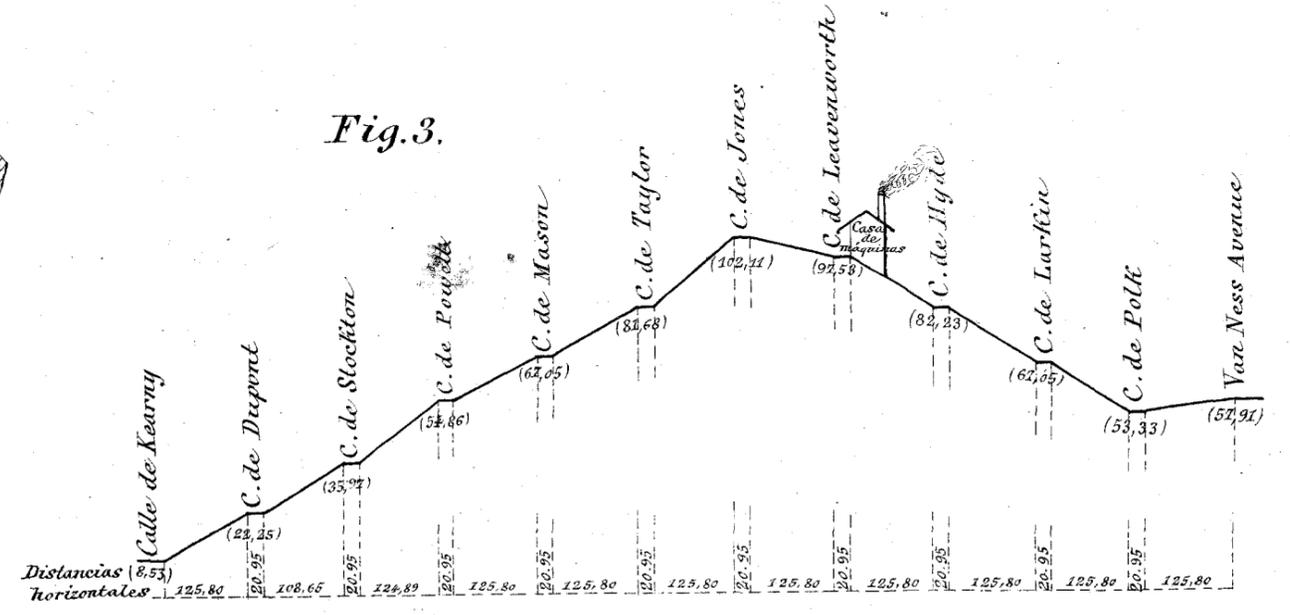
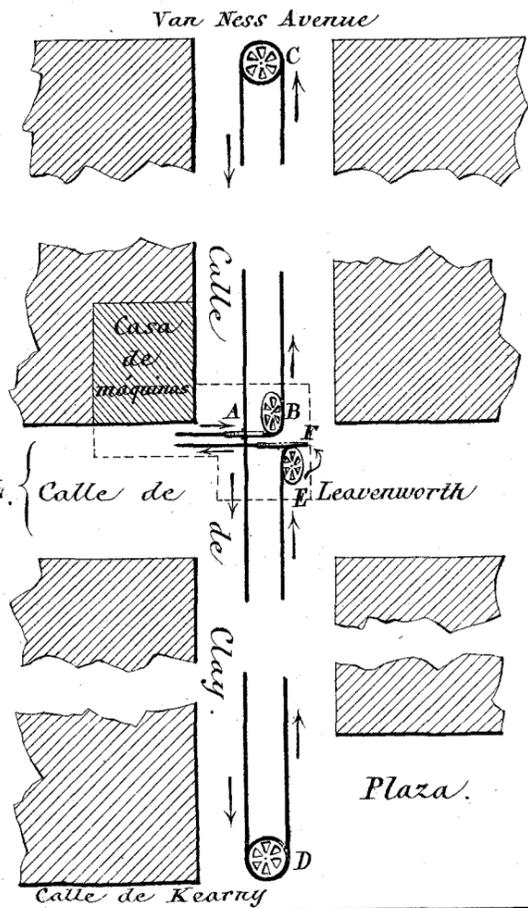
Sección longitudinal de un pedazo de vía, con dos coches, uno con aparato de embrague y otro ordinario (Tranvía de la calle Clay).



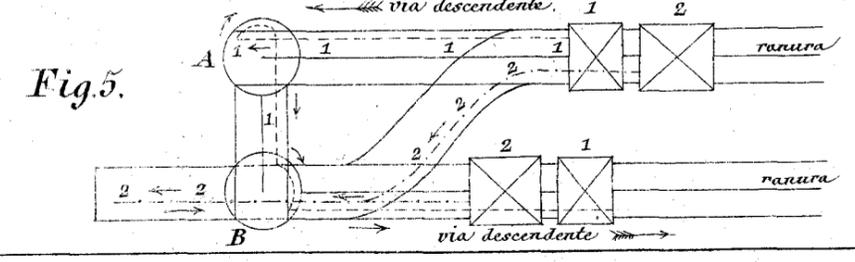
Marcha del cable subterráneo en el tranvía de la calle Clay.

Perfil longitudinal de la calle de Clay.

Escala para las distancias horizontales  $\frac{1}{10,000}$  y para las verticales  $\frac{2}{2,000}$ .



Cambio de vía en la parte inferior de la línea (calle Clay).





Casa de máquinas del tranvía de la calle de Clay (S.<sup>ta</sup> Francisco)

Plano del piso subterráneo.

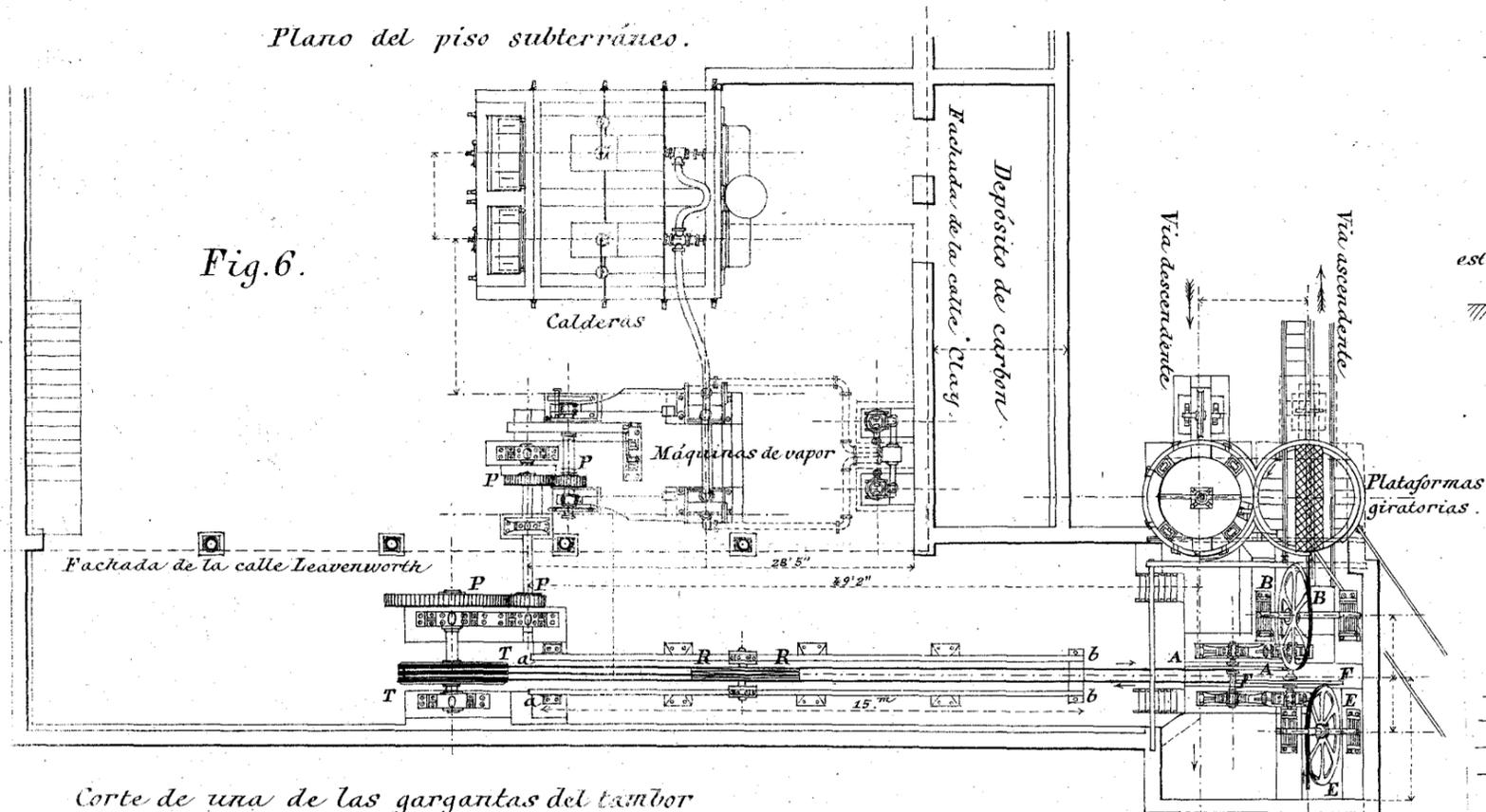


Fig. 6.

Fig. 9.

Freno del dumpy en el tranvía de la calle Clay.

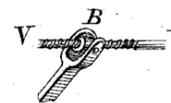
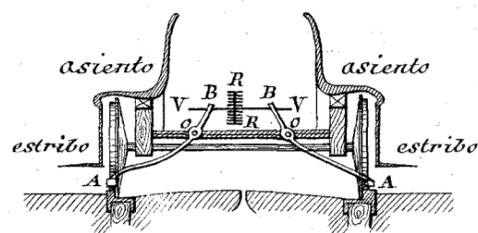
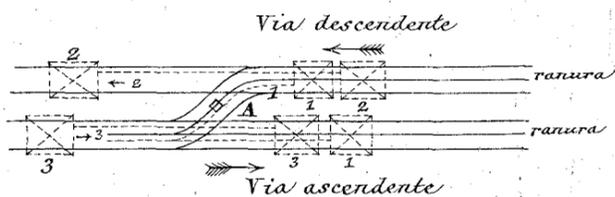


Fig. 11.

Union del tranvía por cable de la calle Sutter con un tranvía ordinario.



Tubo de la calle Sutter

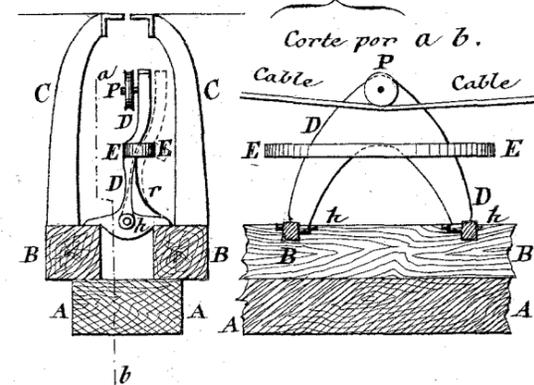


Fig. 10.

Corte de una de las gargantas del tambor que pone en movimiento al cable

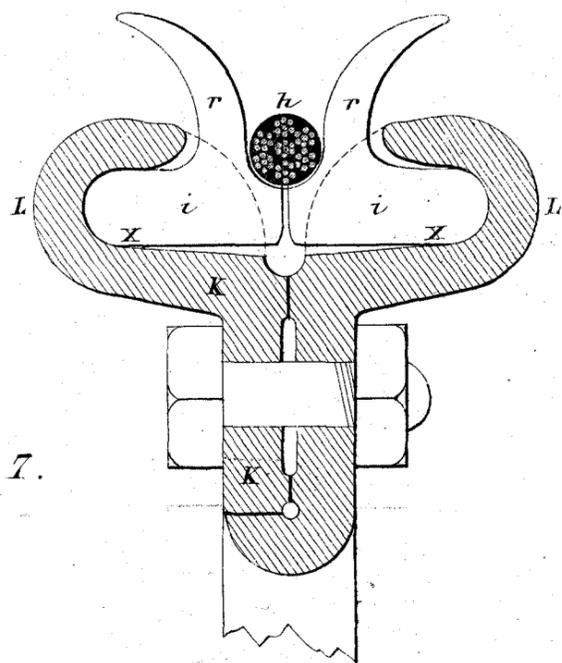


Fig. 7.

Aparato de embrague del tranvía de la calle de Clay.

Fig. 8.

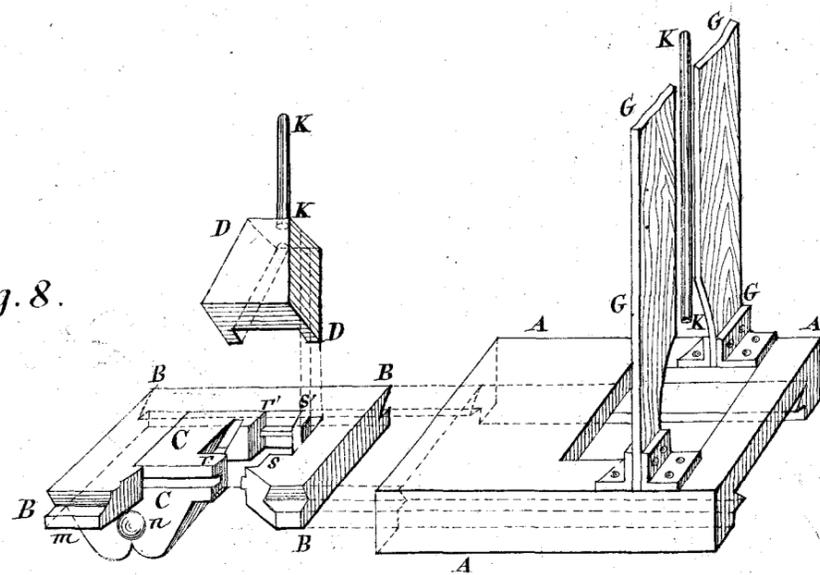
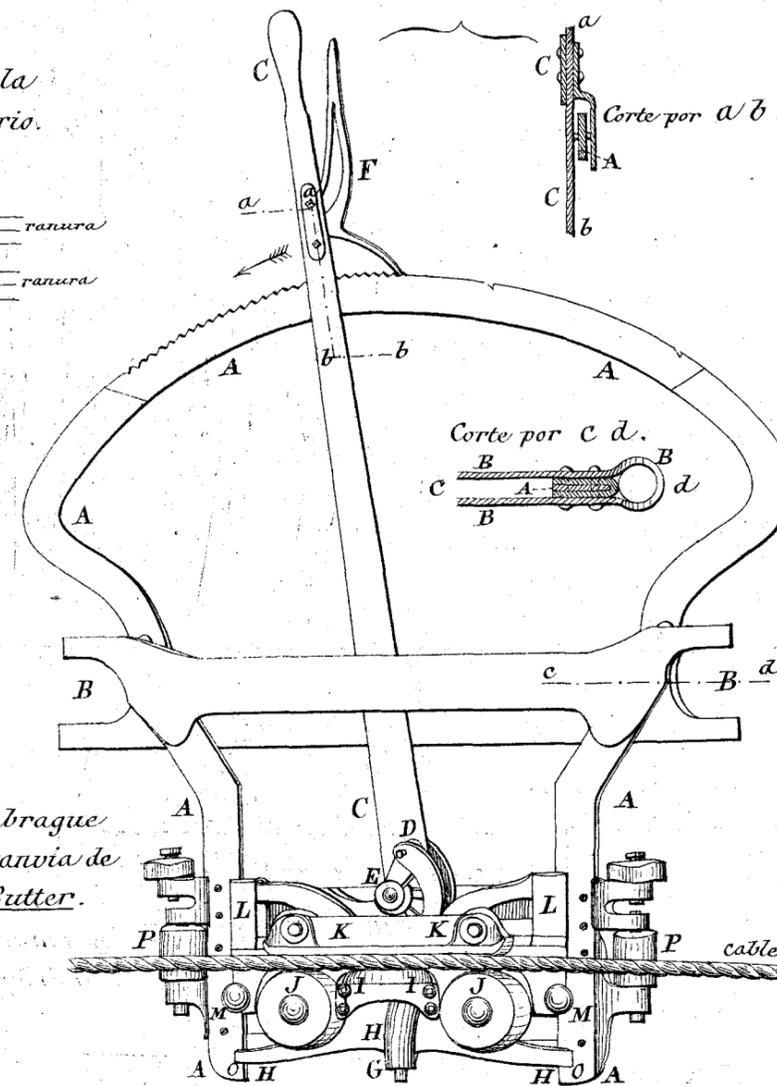
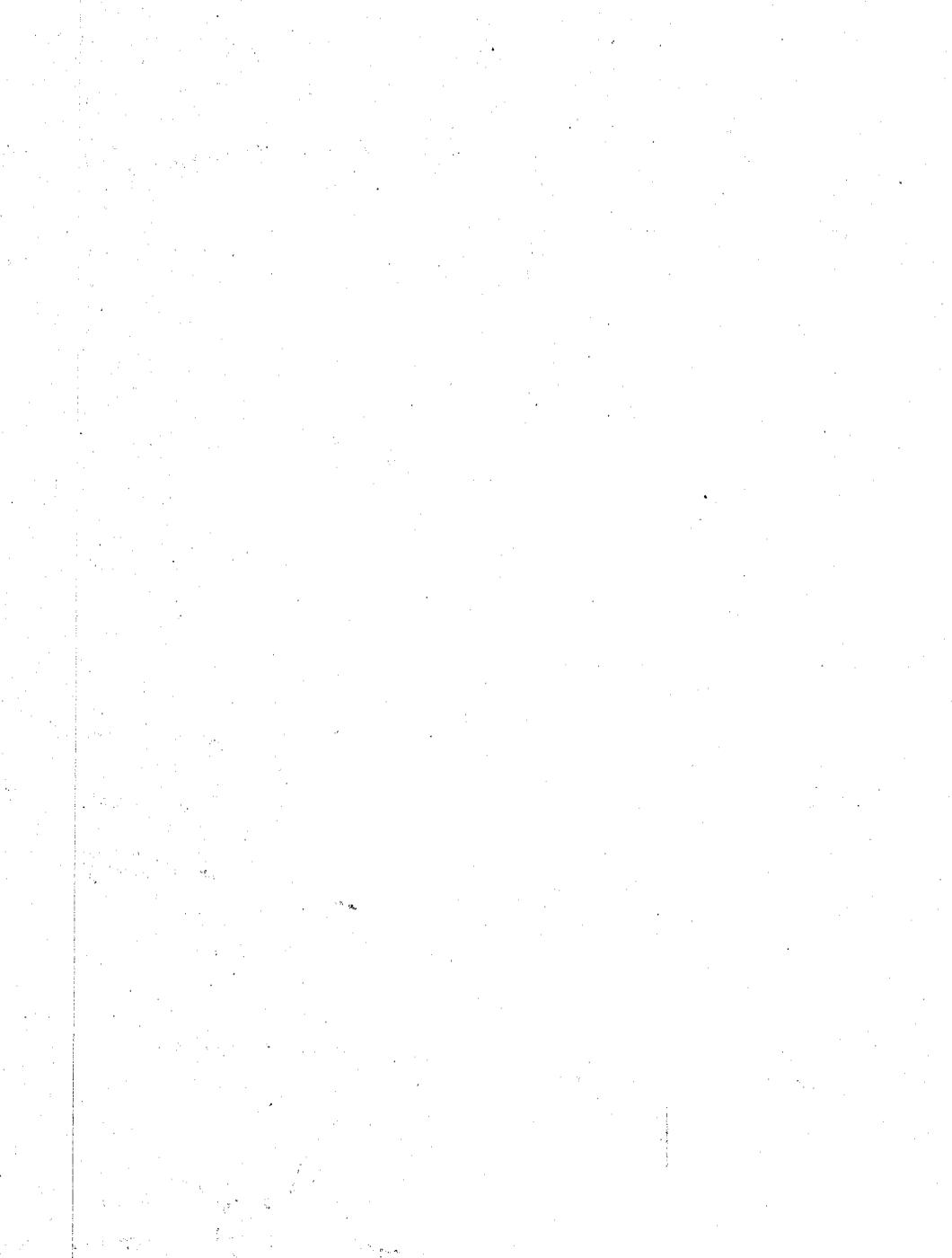


Fig. 12.

Aparato de embrague usado en el tranvía de la calle de Sutter.





Sección transversal de la vía y túnel en los tranvías de las calles de California, Geary y Market, de San Francisco.

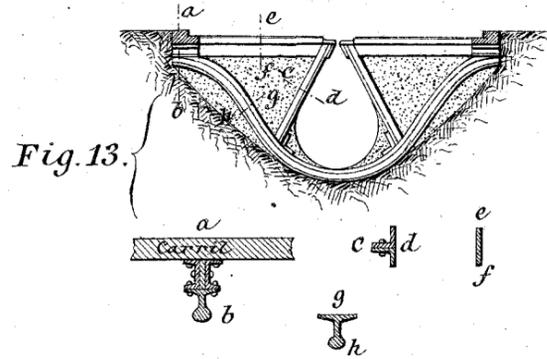


Fig. 13.

Tranvía de la calle de California. Manera de pasar los coches de una a otra vía

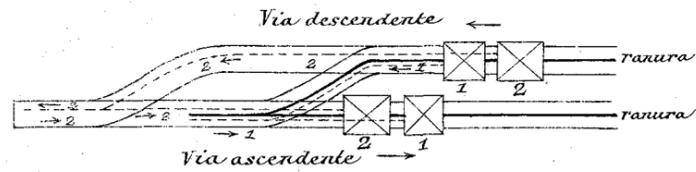
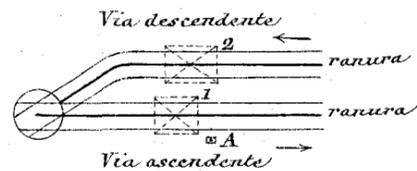


Fig. 16.

Cambio de vía en la calle de Geary



Maniobra del aparato de embrague usada en los tranvías de las calles de California, Geary, y Market.

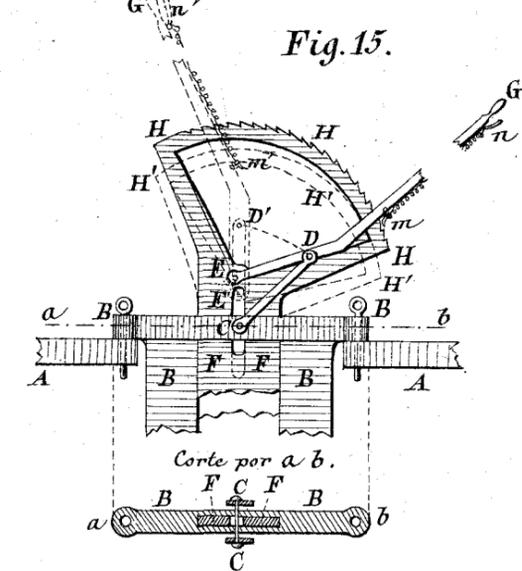
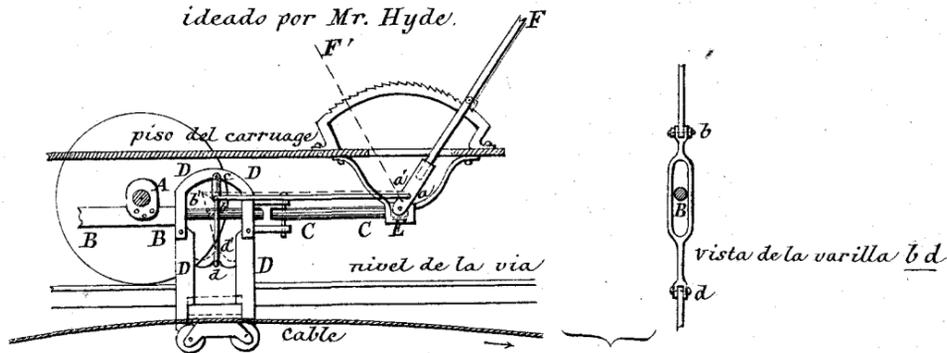


Fig. 15.

Fig. 22.

Aparato de embrague ideado por Mr. Hyde.



Sección transversal del túnel de los tranvías de Chicago.

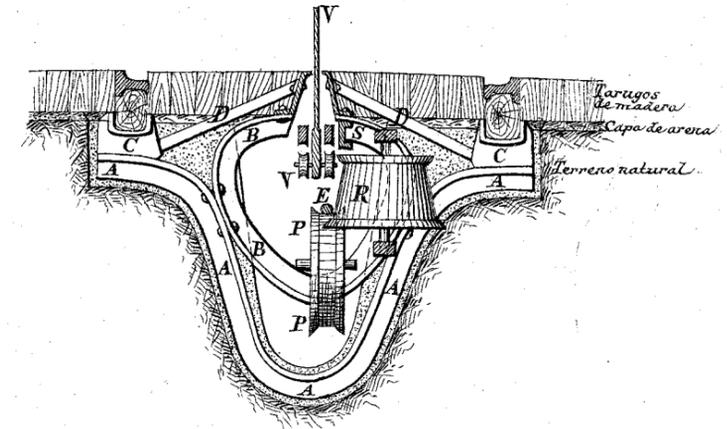


Fig. 18.

Marco travesía usado en Philadelphia

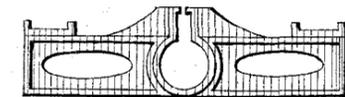
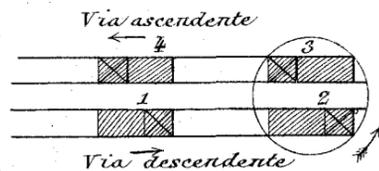


Fig. 19. Cambio de vía en la calle de Market.



Tubo de sección mínima, ideado por el Señor Molera.

Sección transversal.

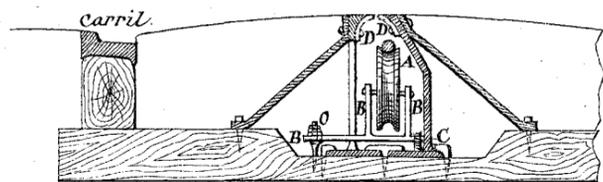
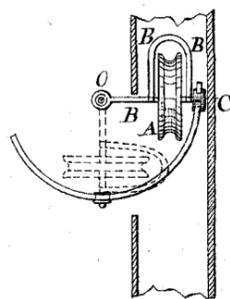


Fig. 20.



Planta de una porción de tubo en la cual se ve la colocación de una polea.

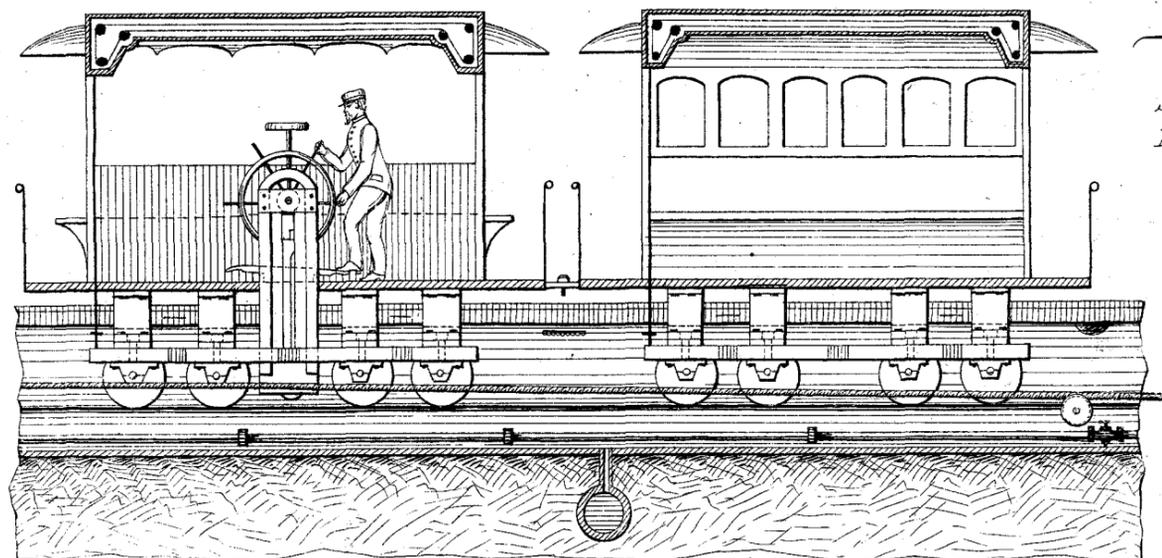
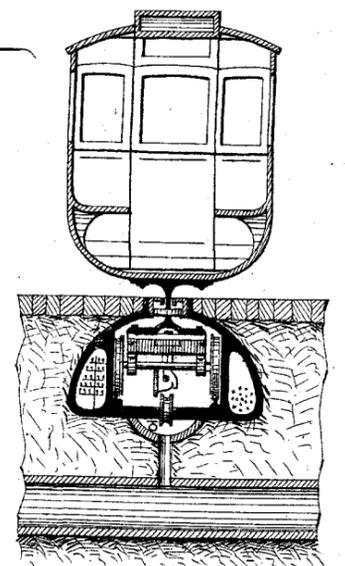
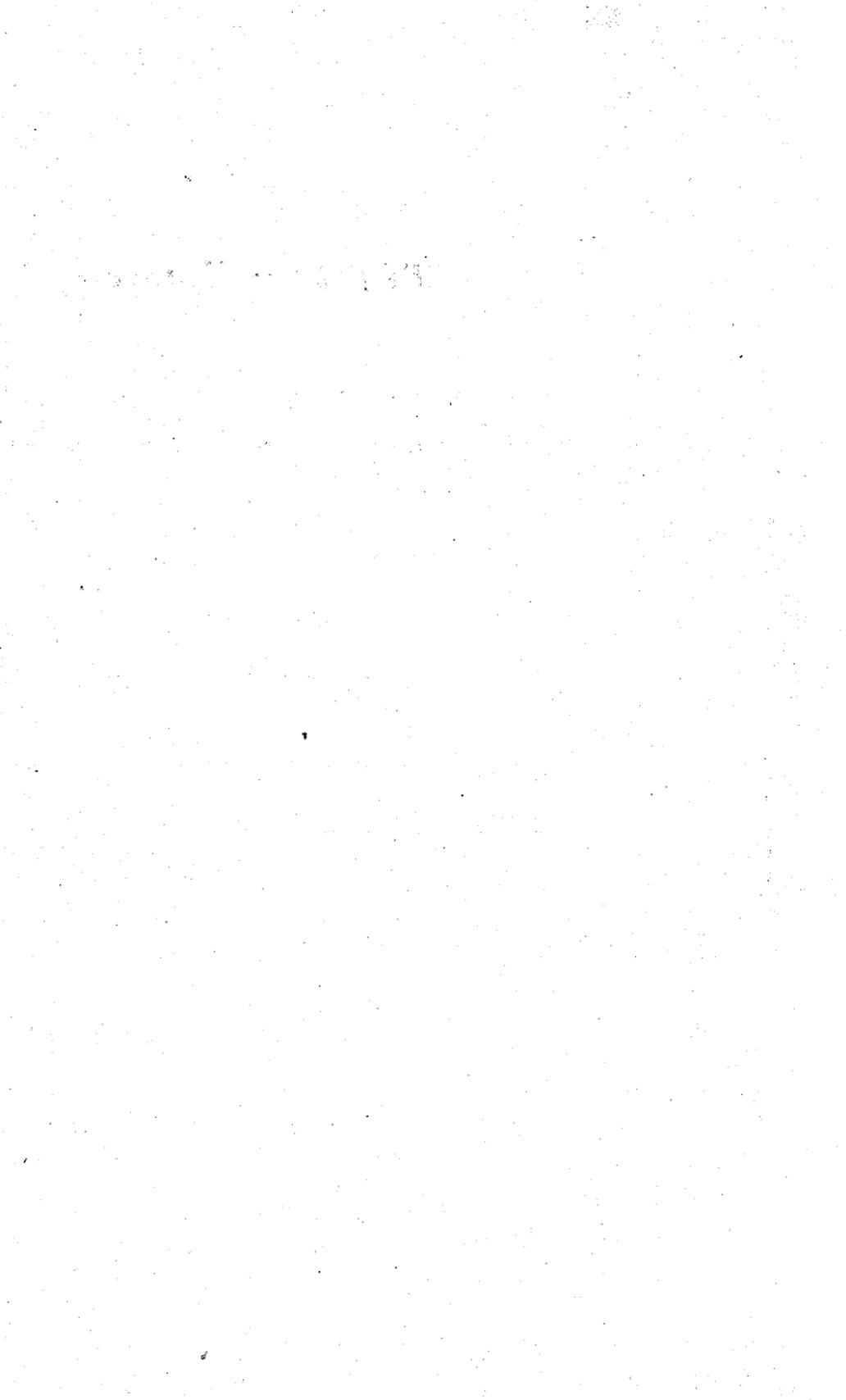


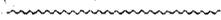
Fig. 21.

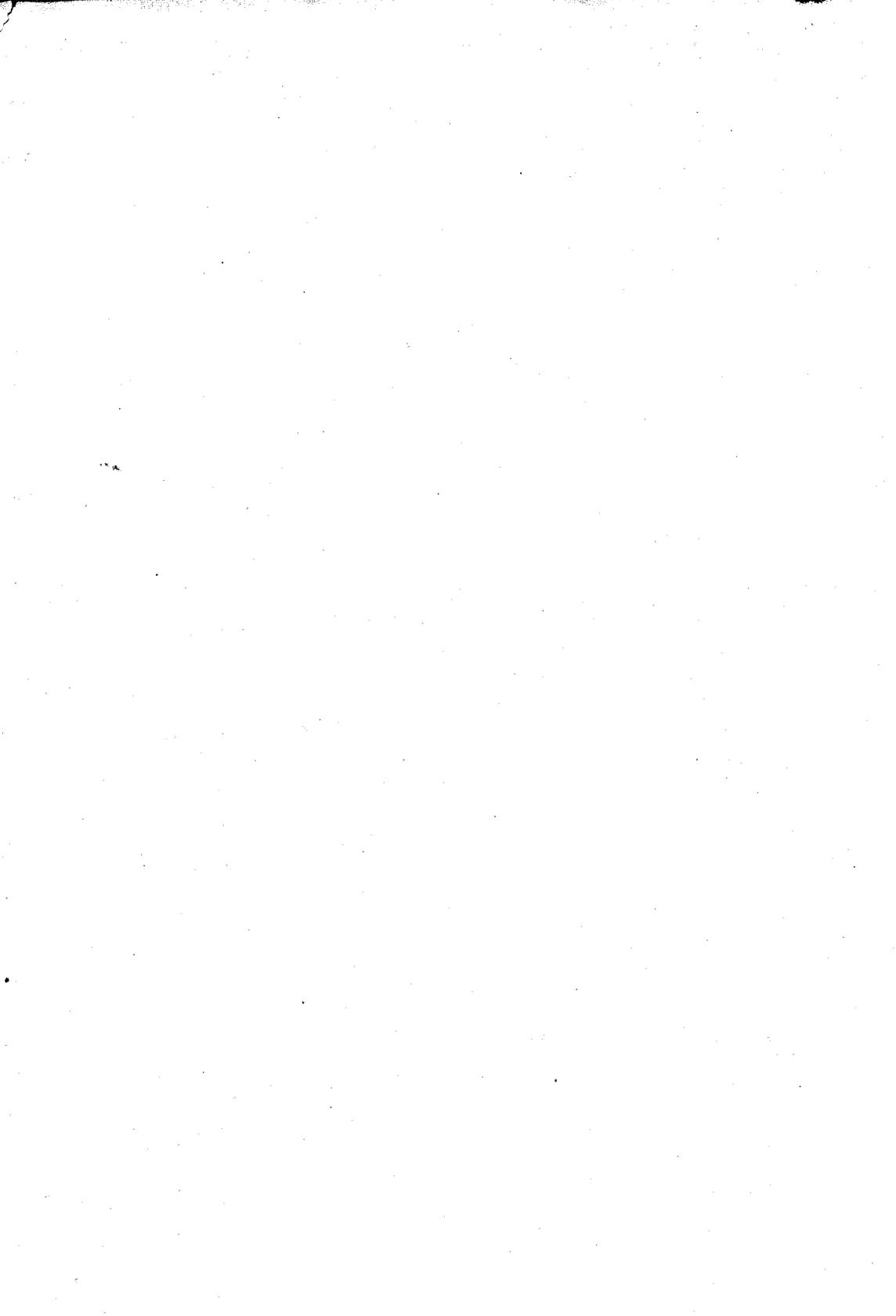
Sistema de Mr. Bridewell.





# DEFENSA DE COSTAS





APUNTES

SOBRE

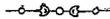
DEFENSA DE COSTAS

POR

EL CORONEL GRADUADO, COMANDANTE,

DON LUIS DE URZAIZ Y CUESTA

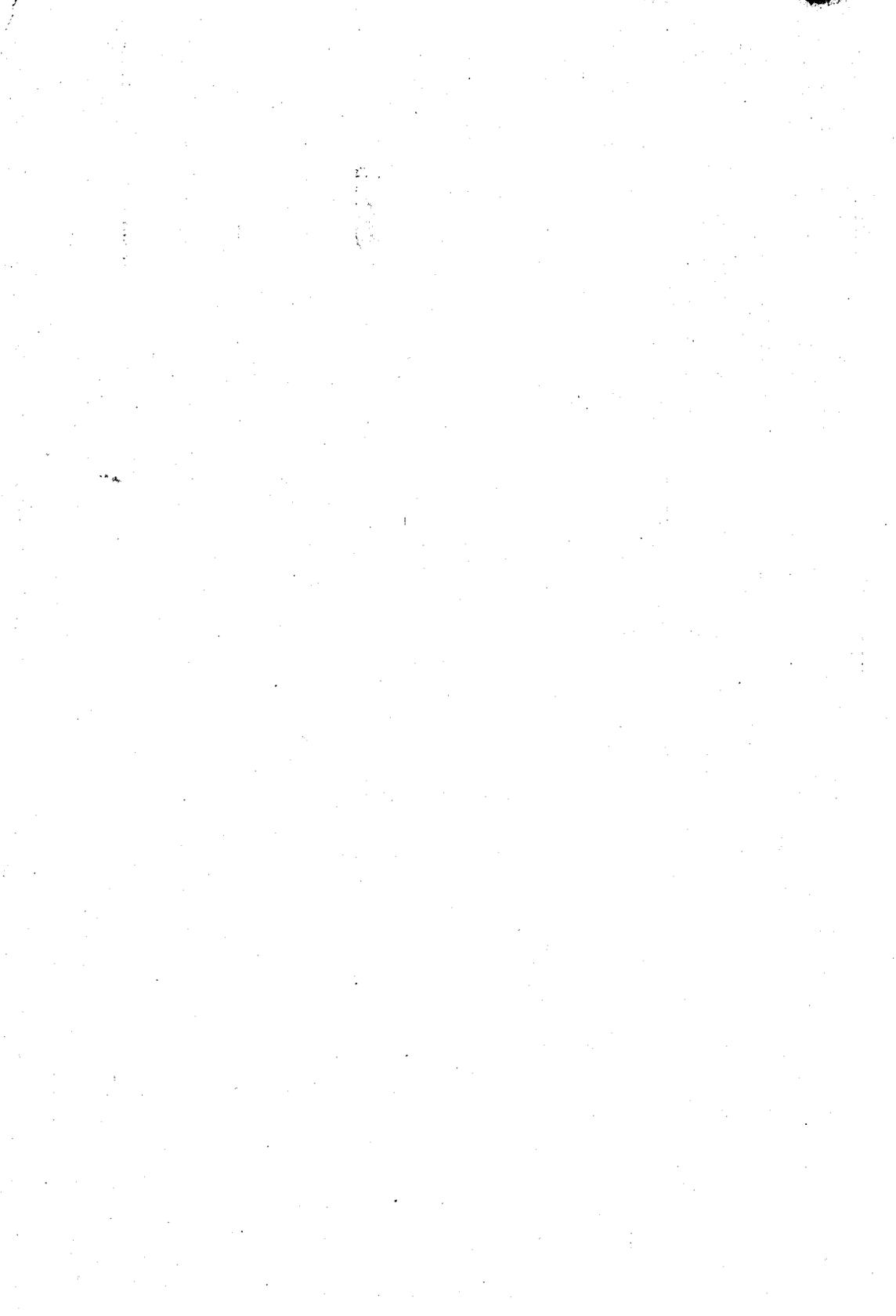
CAPITAN DE INGENIEROS.



MADRID.

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1886



---

## INTRODUCCION.

---



El gran número de barcos que España construye en sus arsenales y encarga en el extranjero de poco tiempo á esta parte, y de que nos dan cuenta los periódicos, y el proyecto de adquisicion de escuadra pendiente de discusion en las Córtes, nos hace creer que se trata de reivindicar para nuestra pátria el lugar que por su fuerza y tradiciones le corresponde en el mundo: *ya que no la más poderosa de las naciones, una de las últimas tampoco.*

Aquellos barcos confiamos serán suficientes para hacerlo comprender así á pueblos que tengan en números igual fuerza que nosotros, y en playas lejanas que desgraciadamente hace años no han visto nuestra bandera sino en embarcaciones inferiores á las que llevaban otros colores. Pero los barcos de guerra, reducidos á sus recursos propios, y sin que nuestros puertos les ofrezcan seguro refugio en que repararse y reponerse de lo que necesiten, estarian en caso de guerra como ejército sin base de operaciones, y serian impotentes hasta para proteger nuestras costas, resultando España débil en realidad, con apariencias de fortaleza; situacion absurda en la época presente, en que de tantas maneras y por tantos medios se llega á conocer el verdadero *estado de fuerza* de una nacion.

La defensa de costas, sabemos todos que la hacen dos clases de fuerzas, que se necesitan recíprocamente y se completan: unas á bordo de los barcos de que venimos hablando, con su artillería y material de torpedos, y otras fijas ó estacionadas para acudir donde haga falta y el servicio en obras que pueden clasificarse así: primero, fuertes y baterías de costa con caractéres de la fortificacion permanente; segundo, atrincheramientos y baterías de campa-

ña, obstrucciones en las bocas de los puertos, y defensas accesorias; tercero, minas submarinas.

Nada dirémos, porque no nos concierne, de aquellos barcos que hemos celebrado sepa construir y pueda adquirir España, y con los cuales hacemos votos porque nuestros marinos dén á la pátria memorables dias de gloria; pero algo vamos á exponer, aunque nada nuevo sea, á propósito de las obras de defensa que quedan bajo la incumbencia del cuerpo á que tenemos la honra de pertenecer, y respecto de las cuales podría alcanzarle responsabilidad mañana, si llegado el caso de guerra y comprendida su deficiencia á expensas de los intereses de la nacion, se nos culpase por habernos cansado de repetir una y otra vez, que son y han sido de todo punto insuficientes los recursos que se dedican á aquellas obras.

En España vivimos tranquilos con nuestros arsenales, no del todo protegidos; con poblaciones de la importancia de Barcelona, Alicante, Coruña y otras, á merced casi de los barcos de guerra que quieran arrasarlás, sin acordarnos de las colonias; y desguarnecidas posiciones estratégico-avales como las rias de Galicia, escala obligada en la comunicacion de las naciones del N. de Europa con el Africa y la América del S., codiciadas por alemanes é ingleses, y que ocupadas en caso de guerra por una escuadra enemiga, les serviria de excelente base de operaciones para bloquear y destruir todos nuestros puertos del Cantábrico y el Atlántico, y aún para desembarcar fuerzas que operasen sobre aquella esquina tan olvidada de la Península; vivimos tranquilos y confiados en los recuerdos del pasado glorioso que de vez en cuando evocamos, y resistiéndonos á creer en los progresos que hace todos los días el arte de la guerra, y en esa especie de guerra de la paz en que viven las naciones de Europa, para no ser cogidas de improviso; de modo que estamos muy expuestos á aparecer en el día de la lucha, en situacion análoga á la que tienen hoy los pueblos que compran armamento moderno, del que no tienen idea la víspera del día en que se batén.

En tales condiciones no hay más que sucumbir con más ó ménos gloria y emular si se quiere á Zaragoza y Gerona, pero nosotros creémos que de vivir y de que sea posible el vencer si llega el caso de tener que combatir, es de lo que debe tratarse.

No queremos establecer comparaciones con países vecinos, porque pudiera decirsenos que nuestra situacion en un extremo de Europa nos preserva de vernos envueltos en gran número de cuestiones que á aquéllos afectan; pero no resistimos al deseo de copiar algunos párrafos de la memoria anual correspondiente á 1881, que escribió el jefe superior de ingenieros militares de los Estados-Unidos de Norte América, mucho más preservados que nosotros, como nacion, de toda ingerencia extranjera:

«Nuestras fortificaciones y minas submarinas, dice, necesitan: primero, cerrar al enemigo todos nuestros puertos importantes, y asegurarlos á nuestra marina militar y mercante; segundo, excluir ó privar al enemigo de toda fuerte posicion, en la que, protegido por su superioridad naval, pudiera establecerse de un modo permanente y convertirla en base de operaciones para desde ella tener nuestras costas en perpétua alarma; tercero, impedir que nuestras grandes ciudades sean bombardeadas; cuarto, prevenir el que nuestras grandes avenidas de navegacion interior sean bloqueadas en sus desembocaduras; quinto, asegurar la navegacion en el interior y á lo largo de nuestras costas; y sexto, proteger á los grandes establecimientos navales. Las consecuencias que pudiera tener la pérdida de uno de estos objetos, y los esfuerzos que creémos ha de hacer el enemigo por conseguirlos, nos servirán para graduar su importancia y los trabajos y gastos que hemos de dedicarles.

»Expondrémos ahora en pocas palabras nuestro sistema de defensa de costas; sistema que adoptado y comenzado por este departamento, ha ido modificándose de tiempo en tiempo, á medida que se fueron introduciendo nuevos adelantos en el ataque y defensa de las costas.

»Las fortificaciones necesitan dominar desde la costa las aguas por las que el enemigo puede llegar á nuestras ciudades y arsenales ú hostilizarlos con sus fuegos. Las bocas de los puertos y los pasos ó estrechos deben ser ocupados; y si la naturaleza no ofrece posiciones á propósito para ello, habrá que intentar procurárselas artificialmente. Las fortificaciones han de escalonarse á lo largo de los canales de entrada y en los mismos puertos, de modo que pueda hostilizarse al enemigo mientras esté en ellos, para que no se considere seguro por haber cruzado una línea de obras. Para retener á los barcos enemigos bajo el fuego de las fortificaciones, las bocas de los puertos y los

canales han de ser obstruidos por líneas de minas submarinas eléctricas, préviamente construidas y conservadas en aquellas fortificaciones para ser colocadas en caso de guerra con arreglo á planes ó sistemas cuidadosamente elaborados en tiempo de paz, que se guardan en este departamento. Los alambres y cables eléctricos han de tener galerías subterráneas que lleguen hasta el mar para asegurarlos contra todo desperfecto, y los aparatos y máquinas para la explosion de las minas han de establecerse en las fortificaciones, y en locales blindados y asegurados contra todos los fuegos enemigos. Gran número de morteros deben establecerse para dominar aquellas posiciones en que el enemigo pudiera fondear para hostilizarnos con ventaja, ó tratar de descubrir nuestras minas para inutilizarlas. La eficacia de las baterías de morteros contra los barcos es conocida de todos, y su establecimiento es relativamente económico.»

---

# APUNTES SOBRE DEFENSA DE COSTAS.

---

## I.

### GENERALIDADES.—TORRES GIRATORIAS.—BATERÍAS ACORÁZADAS Y FLOTANTES.



La defensa de una costa, como la de una frontera terrestre, se reduce á la defensa de determinado número de puntos de cuya ocupacion depende la dominacion de toda ella; y el cuerpo de tropas encargado de aquel cometido guarnecerá las fortificaciones construidas y maniobrá con su apoyo de un modo tan semejante, que aquí cabrian todas las generalidades escritas sobre el arte de la guerra.

La defensa de una plaza y en general de un punto fortificado cualquiera, se conduce tambien de un modo análogo, esté ó no sobre la costa, sean de tierra ó flotantes las baterías que le hagan fuego, y marineros ó soldados los sitiadores. La importancia de la unidad de mando y unidad en los servicios, resalta aquí con la misma fuerza que en la defensa de una obra cualquiera de fortificacion, no pudiendo admitirse sin exponerse á más de un conflicto, la distincion entre defensa del lado de mar y de el lado de tierra.

El ataque y defensa de costas no es al fin y al cabo sino un caso particular del *ataque y defensa* en general, al que tanto tiempo se dedica en el estudio de la fortificacion; lo formidable de la artillería que en aquéllas se coloca para luchar con la de los barcos, y el coste de esta artillería y de las obras que es necesario construir para sacar de ella el mejor partido, son los que dán ligeros caractéres distintivos á esta especial parte de la defensa.

El caso de una escuadra operando al abrigo de una plaza fuerte que sea al mismo tiempo puerto de mar, lo encontramos semejante en un todo al de un ejército ó cuerpo de tropas que maniobra apoyándose en una fortificacion

y coadyuvando á su defensa; pero sin inmiscuirse en las particularidades y detalles de la misma.

Las operaciones de acordonamiento, bloqueo, bombardeo y ataque de un punto de la costa, las intentarán los barcos enemigos, de un modo parecido á como las ejecutan las tropas; y el ingeniero ha de disponer los fuertes y obras de defensa frente á ambos, de un modo análogo tambien, relacionándolos despues con baterías de campaña, trincheras y minas sobre los frentes de tierra, y con obstrucciones y minas submarinas por la parte del mar.

El servicio de vigilancia de este lado, para avisar con tiempo la aproximacion del enemigo, han de prestarlo barcos de mucho andar, de un modo análogo á como lo hace la caballería ligera por la parte de tierra; para ayudarlos y aún reemplazarlos hasta cierto punto, cuando los malos tiempos dificulten aquel servicio, conviene disponer en tierra puntos de observacion dotados con poderosos anteojos, telégrafos, y á ser posible luz eléctrica durante las noches.

El tener fortificados, artillados y guarnecidos todos los puntos de interés en nuestras costas, de un modo tal que en cualquier parte hubiéramos desde luego de ser más fuertes que la escuadra que pudiera atacarlos, es punto ménos que imposible; de aquí la capital importancia que tienen hoy los ferrocarriles, destinados á trasportar rápidamente grandes fuerzas al punto que pueda ser amenazado; y como no es tampoco empresa fácil el construir con cargo al presupuesto de Guerra todos los necesarios, la cuestion es combinarlos con los que los pueblos llevan á cabo por su propio interés. De todas maneras las comisiones que en las naciones de Europa estudian constantemente lo que habrian de hacer si en un momento cualquiera se viesen envueltas en una guerra extranjera, procuran en lo que á la defensa de costas se refiere *tener comunicaciones, emplaçamientos, y aparatos para colocar rápidamente en disposicion de hacer fuego gran número de piezas de artillería, material para obstrucciones y cerramiento de puertos, y sistemas para la colocacion de minas submarinas, con preferencia á tener muchas baterías artilladas en puntos que pueden no desempeñar papel en la guerra á pesar de haberlos considerado importantes.*

La fortificación permanente encuentra en la defensa de costas un campo de aplicaciones tan extenso y variado como el que la ofrece la organización defensiva de las fronteras terrestres: los campos atrincherados, plazas, fuertes de importancia distinta y baterías aisladas se proyectan y construyen lo mismo para proteger los arsenales, puertos y ensenadas, que para asegurar la posesión de puntos estratégicos del interior.

No es nuestro ánimo para engolfarnos en consideraciones de carácter general sobre la organización de aquellos campos y plazas: vamos simplemente á pasar una rápida revista á los elementos defensivos de que disponen hoy los ingenieros para proteger las costas.

El primer lugar corresponde sin duda alguna á las cúpulas ó torres giratorias, cuyos modelos más conocidos son, el de Gruson y el Inglés empleado en Dower, de los que el MEMORIAL se ocupó en el pasado año de 1885 (1): el armamento de ambas lo constituyen generalmente dos cañones de 50 á 80 toneladas cada uno, y su potencia suele compararse á la de cuatro cañones de igual calibre colocados en baterías abiertas, aún cuando algunos quieran subir hasta seis y ocho (faltan experiencias). La rapidez de su fuego no llega á ser tan grande como la que pueden alcanzar baterías de cuatro cañones; su coste es mayor que el de una de éstas; pero lo son también la protección que ofrecen á los artilleros, y el campo de tiro. Sus mejores aplicaciones las han encontrado en muelles ó escolleras en que había poco espacio disponible, y en puntos avanzados expuestos á ataques envolventes, ó que debían hacer fuego con rapidez en distintas direcciones.

Los mismos nombres de *Gruson é Inglés* llevan los modelos más conocidos de baterías acorazadas (2), ó sean baterías en las que las porciones de parapeto inmediatamente delante de cada cañón, están reemplazadas por corazas, con una pequeña puerta ó cañonera, y en las que los montajes de las piezas son todo lo reducidos posible. El espesor de las corazas depende, como es natural, de la potencia de la artillería que se suponga haya de batirlas, pero debido á lo atrasada que está la mecánica de choques y penetración

---

(1) Véase la memoria *Cúpulas, casamatas y escudos metálicos*, por el comandante D. Francisco Lopez Garbayo, páginas 57 y 54, y figuras de las 58 y 67.

(2) Memoria citada, páginas 30 y 23.

nes, digámoslo así, ó la mecánica molecular, no ha sido posible llegar á conclusiones y á establecer leyes que puedan guiarnos en su empleo. Las experiencias sobre el asunto son frecuentes en Europa, pero todavía se discute si ha de vencer el acero á la fundicion Gruson, la forma más conveniente de los escudos y sobre todo la cuestion económica.

Porque desechada la piedra como material de construccion en las partes de obras expuestas al fuego enemigo, y dado el coste de las cúpulas, que no permite á naciones pobres el prodigarlas sobre sus costas, hay que acudir á las referidas baterías de una ú otra clase para tener artillería eficaz en aquellos sitios bajos á los que sea fácil se aproximen mucho los barcos poderosos del enemigo.

Las baterías flotantes son otro costoso elemento de defensa, que no se recomienda sino cuando se trata de pasos muy anchos, que no pueden batirse desde las costas, y con mucha profundidad para poder cimentar fábricas en la parte media de dichos pasos. Se construyen de un modo análogo á los cascos de los barcos modernos, dividida la construccion en gran número de compartimentos, cerrados é impermeables, que puedan inundarse á voluntad é independientemente cada uno, para conseguir la línea de flotacion que se desee, á fin de dar estabilidad á la batería y reducir el efecto de los proyectiles enemigos que pudieran alcanzarla.

---

## II.

### BATERÍAS Á BARBETA Y ACASAMATADAS.



Se admite hoy como principio que *ni la sillería ni la mampostería de clase alguna, deben emplearse en sitios expuestos al fuego directo del enemigo.*

Las baterías de tierra, á barbata, que reúnan determinadas condiciones, constituyen, á pesar de todos los adelantos de la artillería moderna, un gran elemento en la defensa de costas.

La elevacion del terraplen de estas baterías sobre el nivel del mar no ha de ser en ningún caso inferior á los 10 metros que tienen las torres de los barcos acorazados, y conviene sea por lo ménos de 30 á 40 metros, que es próximamente la altura de las cófas en aquéllos, á las que pueden subir tiradores y aún ametralladoras, que si dominaran el terraplen harían imposible el servicio de las piezas bajo una lluvia de pequeños proyectiles.

La altura de la cresta interior del parapeto, sobre el terraplen, se admite debe ser de unos tres metros; y si los montajes de las piezas no son bastante altos para que éstas puedan hacer fuego sobre aquella línea, deben elevarse sus emplazamientos.

Los montajes de costa constituyen uno de los problemas más interesantes para la artillería: los Moncrieff y en general todos los de eclipse, resultan ménos simples de lo que se requiere para no verse expuestos á entorpecimientos y desarreglos durante el fuego; en Inglaterra se confía aplicar á las piezas de costa á barbata el sistema adoptado para el armamento de *L'Indomptable* y *Collingwood*, que son dos de sus modernos grandes barcos acorazados.

Las observaciones hechas en los fuertes de Alejandría sobre penetraciones

alcanzadas por los proyectiles ingleses, han conducido á la conclusion de que el espesor de los parapetos de las baterías de costa debe ser 12 metros: 1<sup>m</sup>,50 de revestimiento interior de piedra ú hormigon, y los 10<sup>m</sup>,50 restantes de tierra; y teniendo en cuenta que en estos últimos treinta años ha sido necesario triplicar aquel espesor, conviene al construir las baterías dejarlas en disposicion de que pueda aumentarse un metro al revestimiento y dos por lo ménos el macizo de tierras.

Las grandes piezas de costa en baterías de tierra á barbata, conviene colocarlas separadas; pero en disposicion de concentrar sus fuegos sobre los puntos de paso que sean más obligados para el enemigo; y cada una de ellas entre dos traveses que se prolonguen sobre el parapeto (mientras no reduzcan el campo de tiro) con altura suficiente para proteger el servicio de las piezas de los tiros de enfilada, y con un espesor que, como la altura, se determinarán en cada caso estudiando la clase de fuegos á que han de estar expuestos.

Esto dá á la cresta de las baterías una forma característica que hace facil distinguirlas desde la mar y facilita la puntería de los barcos; para disimularla en lo posible se recomienda el que no se proyecten de modo que destaquen silueta sobre el cielo, y el que aparezcan las fábricas con el mismo color del terreno que las rodea.

Las tierras sueltas y sobre todo las arenas cuarzosas secas tienen una superioridad marcada sobre las arcillas y tierras compactas en la construccion de masas cubridoras. Esto se comprende observando que las explosiones sucesivas de los proyectiles deterioran más los parapetos que sus penetraciones, y que toda tierra arcillosa y compacta, al oponerse á éstas, resiste lo mismo y aumenta el efecto de la explosion al estallar el proyectil como mina bien atracada.

El armamento de dichas baterías depende ya de las condiciones especiales de cada punto fortificado: respecto á las piezas no cabe limitacion, han de ser las mejores posible; los obuses y morteros pueden reunirse en mayor número y deben colocarse con mayor elevacion sobre el nivel del mar que los cañones; el tiro de aquéllos es más incierto que el de éstos, pero sus efectos en cambio son mayores sobre las cubiertas de los barcos, las cuales nunca pueden estar tan protegidas como los costados.

Cada pieza debe tener bien protegido y cubierto bajo los traveses contra toda clase de proyectiles enemigos, un repuesto especial para un día de fuego por lo ménos, y en el que puedan tambien prepararse y disponerse las cargas. Para conducir éstas al pié de cada pieza, y que el fuego sea todo lo rápido posible, conviene establecer carriles sobre los que puedan deslizarse carros á propósito. Los parques y almacenes han de estar retirados y fuera de la vista del enemigo, pero en comunicacion fácil con las baterías. En éstas, los artilleros deben tener pequeños abrigos para descansar del fuego, cura de heridos, etc.

Las operaciones de armamento y aprovisionamiento de las baterías, así como el apuntar las piezas las facilitaría mucho alguna máquina de vapor convenientemente establecida, la cual podría utilizarse tambien para iluminar por las noches con luz eléctrica el campo de tiro.

Respecto al trazado de las baterías que nos ocupan, entendemos que depende en absoluto de las condiciones especiales del sitio en que han de construirse, y de todas maneras los libros modernos de fortificacion traen variados modelos para terreno horizontal, que pueden proporcionar datos para resolver el problema en cada caso.

Mientras aquellas condiciones especiales de las localidades permitan establecer las piezas en barbetas que satisfagan á lo que dejamos expuesto, no vacilaríamos en recomendar esta clase de obras, convencidos como estamos de que, entre ciertos límites, la proteccion que más agrada y sostiene la moral de los artilleros en el combate, es la que dá el fuego de la artillería amiga; y en consecuencia, dada una cantidad de dinero para la defensa de un punto de costa, preferiríamos emplearla en aquella clase de obras y en poderosas piezas de artillería, á gastarla en costosos mecanismos y masas cubridoras no experimentados sino en campos de instruccion.

Pero cuando aquellas condiciones no puedan cumplirse, porque la costa, por ejemplo, sea baja y no sea posible alcanzar para el terraplen la cota de de 30 á 40 metros que se recomienda; entónces no hay más remedio que apelar á artificios que resguarden y preserven los artilleros y las piezas de una suerte análoga á la que tuvieron en los fuertes de Alejandría, donde los pequeños proyectiles lanzados desde las cotas de los barcos ingleses llegaron á

hacer casi imposible el servicio en los terraplenes, y los cañones despues acoderados los barcos á corta distancia inutilizaron la artillería de la defensa.

De aquí el que se admita hoy que en toda batería de costa con cota entre 15 y 30 metros, hay que reducir por medio del montaje el espacio destinado á cada pieza, y disponer entre los traveses un blindaje superior horizontal que proteja á los sirvientes de los shrapnells, cascos de granada, y proyectiles de ametralladoras y cañones de pequeño calibre. El espacio reducido que resulte entre la cresta del parapeto y el blindaje al adoptarse esta disposicion, no debe preocupar sino en el caso de que por estar muy baja la batería cerca de aguas profundas y mal artillada, puedan acercarse mucho los barcos enemigos para batirla y aprovecharlo sus tiradores desde las vergas y cófas para causar bajas con fusilería en el terraplen.

Baterías dominadas por las torres de los barcos acorazados ó sea con terraplenes de cota inferior á 12 metros, ya hemos dicho que no deben construirse nunca; en casos tales hay que apelar á las cúpulas y corazas de que hablamos en el artículo anterior. Los millones que ha gastado Inglaterra en ensayos para reformar las antiguas casamatas bajas, que tanto favor tuvieron, y hacerlas capaces de las piezas de artillería moderna, y reforzar con escudos de hierro ó acero sus muros de frente para resistir el fuego de los barcos, no han producido, que sepámos, resultados satisfactorios, y se conservan artilladas con piezas antiguas, relegadas á segundo término, y porque, como veremos en el artículo siguiente, ningun elemento de fuerza es despreciable en los combates.

---

### III.

#### BATERÍAS DE CAMPAÑA.-OBSTRUCCIONES.-BATERÍAS DE TORPEDOS



AS obras de que nos hemos ocupado tienen los caracteres de la fortificación permanente y no pueden en modo alguno improvisarse; deben todas ellas ser detenidamente estudiadas, proyectadas y ejecutadas en tiempo de paz, y de sobra habrá que hacer en ellas, á pesar de estò, llegado el momento de romperse las hostilidades.

Vamos ahora á decir algo de las que deben tambien proyectarse en tiempo de paz, pero cuya ejecucion puede dejarse para el momento de declararse una guerra.

Los mejores barcos ofrecen en sus cubiertas y puentes y sobre éstos, muchos sitios vulnerables al fuego de toda clase de piezas de artillería, y éstas además tendrán ocasion de luchar con los avisos, torpederos, lanchas para inutilizar nuestras minas, y en general con los barcos ligeros y pequeños que necesita toda escuadra que opera sobre una costa. De aquí el que las obras de que antes hablamos, deban acompañarse siempre con otras para artillería de menor calibre y hasta para piezas de campaña y ametralladoras, dispuestas á secundarlas y ayudarlas.

Estas piezas ligeras han de desempeñar además el principal papel, por su movilidad y lo rápido de su fuego, contra toda operacion de desembarco que el enemigo pudiera intentar. Vendrán á ser lo que las baterías de campaña que se construyen entre los fuertes de los campos atrincherados del interior y delante de ellos, al ponerlos en estado de defensa.

Sobre la construccion de estas obras secundarias, aún es más difícil precisar reglas que sobre la ejecucion de las primeras, porque el dato principal

es el tiempo, siempre muy escaso, que media entre la declaracion de guerra y la ruptura de hostilidades: por esto se dice que deben aprovecharse para emplazar las piezas, los accidentes naturales del terreno y antiguas fortificaciones, mejor que ponerse á construir grandes macizos de tierra, y que la facilidad de comunicaciones para variar si es preciso los emplazamientos durante el fuego, y asegurar de todas maneras la llegada de proyectiles y cargas, es de la mayor importancia.

Mas por mucha y poderosa que sea la artillería de que se disponga, y por bien emplazada que esté, será muy raro consiga detener por sí sola la marcha de los barcos modernos, cuya fuerza de máquina ha de permitirles mas bien pasar casi impunemente por delante de nuestras baterías, é ir á cañonear y destruir los establecimientos ó poblaciones que aquéllas deseen más proteger.

Se hace preciso disponer cerramientos en las bocas de los puertos, obstrucciones y dificultades á la navegacion, que deteniendo á los barcos bajo el fuego de las baterías, les obligue á combatir con ellas.

Estas obstrucciones deberian proyectarse en tiempo de paz y áun adquirir y preparar los materiales, para que no hubiera que hacer más que colocarlas al empezar las hostilidades. Los ingenieros militares americanos confederados, construyeron durante la guerra de secesion gran variedad de estos cerramientos, distinguiéndose en unos, que pudiéramos llamar fijos, y en forma de estacadas de pilotes, caballos de frisa ó barcazas cargadas de piedra, aplicables en general únicamente en sitios cuya profundidad no excedia de 8 á 10 metros, y por los que no tenian necesidad de pasar los barcos amigos; y otros como cadenas ó cables de acero entrelazados, sostenidos por flotantes sujetos con anclas al fondo, y de resistencia suficiente para detener á los barcos enemigos. Todos ellos fueron improvisados y es de admirar el ingenio con que muchos fueron dispuestos, siendo extraño que posteriormente no se haya dado mayor importancia y escrito más sobre este asunto.

El echar á pique una pequeña escuadra, como hicieron los rusos en Sebastopol, ó barcos mercantes de alto bordo, es un recurso extremo, que puede tener por consecuencias el inutilizar un puerto, y originar despues más gastos para su rehabilitacion, que los que produciria el adquirir con tiempo y

conservar el material necesario para disponer obstrucciones convenientes en muchos sitios. Hay que convenir, sin embargo, en que resoluciones como aquéllas han de ser cada día más frecuentes, tanto porque los barcos es lo primero de que se puede echar mano para conseguir un cerramiento de puerto, como porque siendo cada vez mayores los intereses que se ventilan en las guerras, natural es sea mayor lo que se esté dispuesto á sacrificar en ellas.

Estos cerramientos y obstrucciones, para que sean verdaderamente eficaces, hay que combinarlos con minas submarinas, arma de guerra defensiva de que nos ocuparemos en cuanto hayamos dedicado breves palabras á los *torpedos*, bajo cuyo nombre hay en Europa tendencia á designar tan sólo los cuerpos flotantes con cargas explosivas dirigidos á chocar con los barcos enemigos.

Hay varias clases de estos torpedos, á saber:

1.<sup>a</sup> Los que se abandonan á las corrientes con la esperanza de que éstas los lleven á tropezar con las embarcaciones que se quieren destruir. Poco es lo que puede esperarse de ellos; pero como cualquiera puede prepararlos, han sido muy usados.

2.<sup>a</sup> Lanchas de vapor con espolón, en cuya extremidad se dispone la carga explosiva, y que á favor de la noche, la niebla ó el humo del combate, se conducen temerariamente á chocar con un barco. Tienen partidarios entusiastas, y á propósito de ellos, el almirante Jurien de la Graviere ha llegado á decir: *se inventarán muchos torpedos, pero el mejor será el que conduzca un loco.*

3.<sup>a</sup> Botes submarinos por el estilo del *ictíneo* de Monturiol, de los que se hacen pruebas y ensayos en distintas naciones, pero que no sabemos hayan dado resultado positivo hasta el presente.

4.<sup>a</sup> Los automóviles, que pueden ser: no dirigibles despues del lanzamiento, ó dirigibles. Entre los primeros de este grupo, los *Whitehead* han sido los que han dado más que hablar en estos últimos años, y, más ó ménos modificados, se les considera ya como un arma de uso corriente, sobre todo para los combates navales. Los aparatos de lanzamiento de que están dotados la mayor parte de los barcos de guerra modernos de alguna importancia, y para los que se construyen tambien especialmente los llamados *torpederos*, consisten en tubos cortos semejantes á las piezas de artillería, en cuyo interior se

coloca el torpedo regulado y listo. La impulsión debe ser bastante fuerte para arrojar aquél á unos 50 metros, á partir de los que empieza á funcionar su mecanismo interior, el cual se produce, ó por el empuje de un émbolo que el aire comprimido pone en movimiento, ó por el escape de un poderoso resorte que choca sobre la armadura que protege á la hélice del torpedo, ó por la inflamación de un pequeño cartucho de pólvora.

Los Whitehead son de forma alargada; las envueltas son de acero ó de cobre fosforado; las longitudes 3<sup>m</sup>,50, 3<sup>m</sup>,65 y 4<sup>m</sup>,34, á las que corresponden diámetros de 0<sup>m</sup>,36, 0<sup>m</sup>,40 y 0<sup>m</sup>,42, y cargas de 30 á 34 kilogramos de pólvora. El interior está dividido en cuatro compartimentos: el primero, contiene la carga y lo que llamaremos (por abreviar) espoleta; el segundo, el secreto del inventor, ó sea el aparato que sostiene el torpedo en su marcha á través del agua hasta cumplir su trabajo; el tercero, el poder motor, que es aire comprimido á 60 ó 70 atmósferas; y el cuarto, una pequeña máquina que, puesta en movimiento por el aire que sale del anterior, mueve á su vez una hélice con una velocidad que se regula antes del lanzamiento, y según sea la trayectoria que deba recorrer el torpedo, como si fuese un proyectil: cuanto más corta sea la trayectoria, mayor será la velocidad y vice-versa. El peso medio del torpedo es 174 kilogramos, su coste unas 5000 pesetas, y puede recorrer bajo el agua trayectorias comprendidas entre 200 metros á gran velocidad y unos 1500 cuando ésta es pequeña.

En cuanto á los torpedos susceptibles de ser guiados desde tierra, los más importantes creémos sean: el *Brennan*, que se halla en manos de una comisión de ingenieros militares ingleses que espera de él grandes resultados; el de *Sims*, que está en ensayos y pruebas en los Estados-Unidos; y el *Lay*, adquirido y mejorado en Rusia.

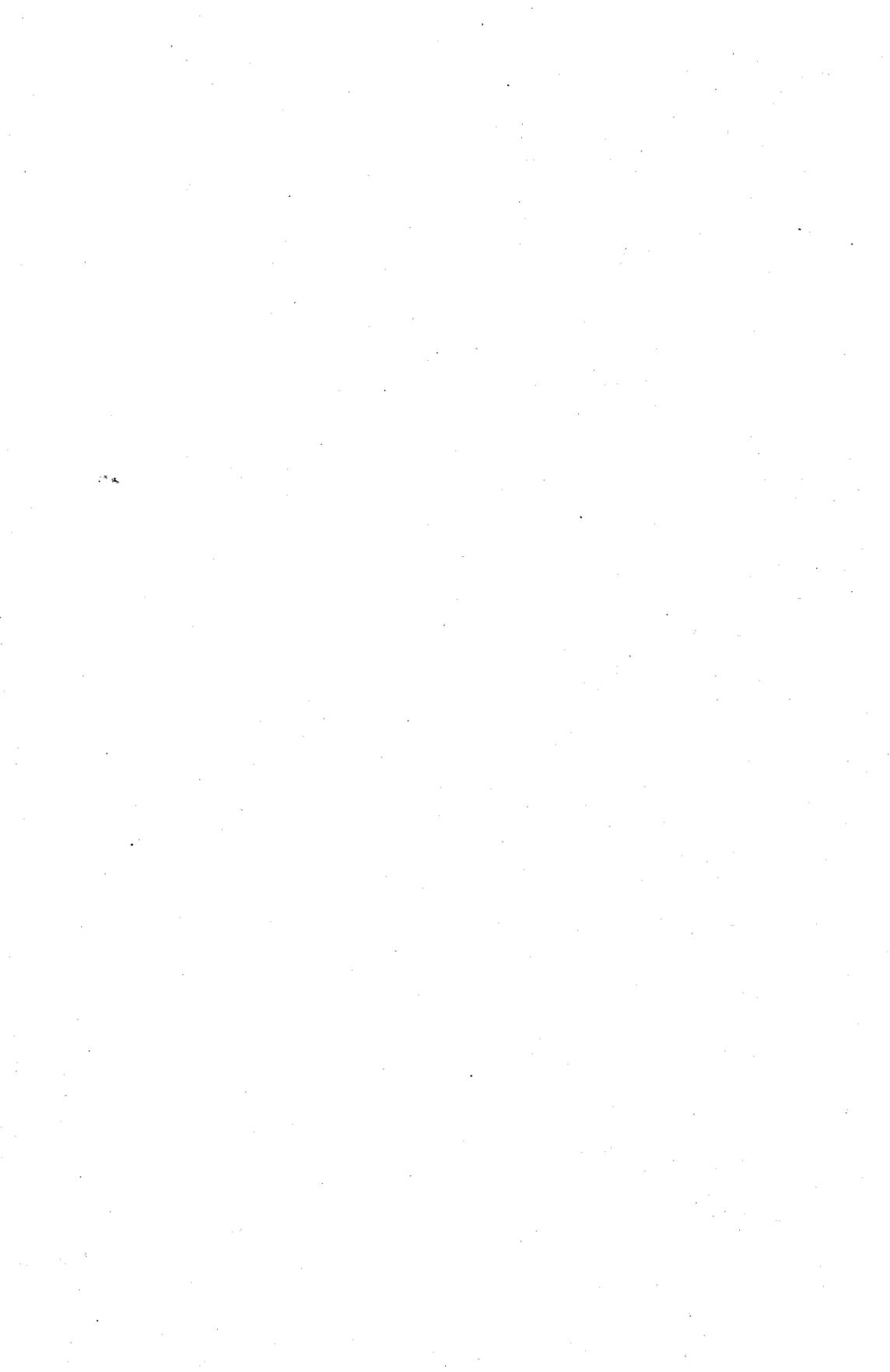
No nos parece fácil precisar hoy el grado de importancia que llegarán á tener los torpedos automóviles en la defensa de costas, por más que los esfuerzos y las sumas que se dedican en todas partes para perfeccionarlos, parecen augurárselo grande. Los marinos, que son los que más los han ensayado, afirman que hasta el presente no puede contarse con ellos á distancias superiores á 500 metros, lo cual es bien poco. De todos modos se han propuesto ya para los Whitehead, modelos de baterías bajas que ha de procurar-

se queden ocultas á la vista del enemigo, y que no será difícil desempeñen un papel en las guerras del porvenir.

Estas baterías están organizadas como en los barcos, bien sea para lanzar los torpedos sobre el agua ó bajo la superficie de ésta: en el primer caso los terraplenes han de tener á lo más uno ó dos metros de cota, y el mar inmediato y con profundidad suficiente para no dificultar el movimiento de los torpedos lanzados; los parapetos, que han de acorazarse si el enemigo puede batirlos, tienen á modo de portas ó cañoneras, en las que se fijan al interior los tubos de lanzamiento sobre un sencillo mecanismo que permite apuntarlos como las piezas de artillería. Para organizar los abrigos y repuestos, ha de tenerse en cuenta lo delicado del material de que se trata, procurando conciliar el desahogo, luz y buenas condiciones que exigen los locales en que aquél ha de manejarse, con la seguridad relativa que en muchos casos pueden sólo proporcionar los blindajes.

Para lanzar los torpedos por debajo del agua, lo cual afirman todos proporciona tiros más certeros, las baterías propuestas son flotantes, construidas de igual manera que las citadas con el mismo nombre en páginas anteriores. Una válvula que se abre en cada tubo en el momento de hacer los disparos, permite entrar el agua en aquéllos, y los torpedos, regulados y listos previamente, salen impulsados por su mecanismo propio.

---



## IV.

### MINAS SUBMARINAS.



La guerra de minas tiene excepcional importancia para pueblos que, como España, en la época presente, tienen su hacienda demasiado comprometida para lanzarse en los grandes gastos que representa el armamento moderno, y están sin embargo dispuestos á hacer los mayores sacrificios por conservar la independencia é integridad del territorio, por cuya conservacion han luchado y vencido cuantas veces ha sido necesario.

Las minas en tierra ó en agua tienen el inconveniente de ser un arma defensiva absoluta; pero visto lo más difícil que cada dia es, á medida que las armas de fuego se perfeccionan, no ya el atacar, sino aún el mantenerse al descubierto frente á un enemigo mejor armado, y siendo las reacciones ofensivas en momentos oportunos las que al fin dan las victorias, en nada puede apoyarlas mejor un débil que lucha con un fuerte, que en los efectos inesperados producidos por las minas, que sorprenden siempre y quebrantan toda moral, por levantada que sea.

Las minas submarinas, decia ya en 1873 el entónces capitán del cuerpo don Genaro Alas, tienen sobre las terrestres las ventajas de que: primero, sus objetivos están más determinados, son de más valor y es más difícil reemplazarlos, es decir, que las voladuras eficaces en la defensa de puntos fortificados del interior, representan en general ménos que las voladuras de barcos de guerra en la defensa de costas; segundo, como el agua es un medio homogéneo, resulta más fácil calcular y disponer las minas submarinas que las terrestres, las cuales muchas veces no producen el efecto que de ellas se espera, debido á la diversidad de formacion ó constitucion del terreno en que se las

dispone; y tercero, en las minas submarinas el agua reemplaza en gran parte las largas galerías de lento y penoso trabajo que exigen las otras, siendo después, con pequeñas diferencias, los mismos los elementos y aparatos que constituyen un sistema de minas.

La historia de las últimas guerras confirma la eficacia de las minas submarinas, y no es de extrañar que las naciones grandes y pequeñas las concedan verdadera importancia en sus sistemas de defensa. En junio de 1855, durante la campaña de Crimea, la escuadra aliada renunció á toda hostilidad contra *Crostadt* ante la explosion de dos de aquéllas, bajo los barcos *Merlin* y *Firefly*, que, sin embargo, no sufrieron daño. La escuadra francesa no se atrevió á ir á Venecia en 1859, por saber que el puerto estaba cerrado con minas. En la guerra de secesion en los Estados-Unidos, las minas submarinas de los confederados volaron siete monitores, once barcos de guerra de madera, y gran número de trasportes de los federales, y el estudio detenido y minucioso de esta fase de aquella gran lucha, es de los más interesantes de la historia militar moderna. Todos hemos leído que nada pudo hacer la escuadra francesa sobre las costas de Alemania en la campaña de 1870-71, y bien recientes están los hechos de la guerra turco-rusa de 1877-78.

En la manera de sér de estos apuntes, no hay sitio para entrar en descripciones detalladas de los sistemas de minas submarinas empleados en las distintas naciones de Europa, modificaciones que han sufrido y sufren diariamente, ni en estudios comparativos referentes á detalles de fabricacion de los distintos elementos que constituyen aquéllos, como son: cargas, envueltas, cebos, cables, pilas, etc.; no ocultando además nuestro convencimiento, de que la bondad de los materiales empleados por las casas constructoras y el esmero en la mano de obra, tienen una influencia grande en los resultados; y que con frecuencia los ensayos y la práctica echan por tierra las conclusiones á que la discusion y el cálculo habian conducido.

En general, las minas submarinas consisten en fuertes envueltas, cajas ó depósitos herméticamente cerrados, casi siempre metálicos, y mejor de palastro ó acero, de forma variable, que se colocan en el fondo del mar ó flotando á determinada profundidad, y en cuyo interior se dispone algodón-pólvora humedecido ó dinamita, cuya explosion se produce ó por el choque de una

embarcacion ó cuerpo flotante que tropiece con ellas, ó por medio de aparatos eléctricos desde la costa.

Las minas improvisadas en momentos de ansiedad con toneles, cajas de madera reforzadas con palastro y otros artificios análogos, apenas pueden servir sino como auxiliares de las otras, y eso en manos de hombres familiarizados con aquella arma de guerra; de otro modo es probable causen más desgracias á los que las emplean que al enemigo.

Es necesario contar siempre con un material de minas que sirva de ejemplo á la industria nacional, sobradamente capaz de fabricarlo, y de base ó fundamento á las improvisaciones que llegada la guerra han de exigirse.

En un sistema cualquiera de esta clase de minas, la manera de darlas fuego permite la siguiente clasificacion:

- 1.º Minas de contacto mecánico.
- 2.º Minas eléctricas de observacion.
- 3.º Minas eléctricas automáticas.

Las primeras se dejan entregadas á sí mismas en disposicion tal, que el choque de un barco produzca su voladura. Esto se consigue las más de las veces dotándolas de espoletas de percusion, friccion ó químicas, de las que existen gran variedad de modelos. Son baratas y pueden improvisarse, pero es peligroso el colocarlas, mas aún el recogerlas, y lo mismo cierran un paso á los barcos enemigos que á los propios.

Las *minas eléctricas de observacion* se subdividen en *durmientes*, que afectan en general las formas cilíndrica ó prismática, y que se colocan en el fondo del mar, pudiendo ponerles la carga que se quiera, y *flotantes*, á profundidades variables bajo la superficie del agua, sujetas con cadenas á pesos ó anclas que yacen en el fondo. No tienen los inconvenientes de la clase anterior, pero son más caras por los gastos de cables, aparatos eléctricos y estaciones que necesitan, y exigen una vigilancia grande y atencion sostenida ara volarlas en el momento preciso en que un barco enemigo está en su óera de accion.

Como aquella vigilancia no es posible, ó por lo ménos es muy difícil en tiempos de nieblas y por las noches, se han ideado unos mecanismos llamados *irradiadores de circuito*, que permiten dejar las minas de observacion dis-

puestas para estallar por el choque de una embarcacion que las tropiece, y en este caso toman el nombre de *minas eléctricas automáticas*.

La casa Latimer Clark, Muirhead y compañía de Lóndres es, entre los establecimientos dedicados á la fabricacion de minas submarinas, uno de los más reputados en Europa, y tenemos entendido que nuestra marina le ha comprado bastante material. Las envueltas de las minas que construye (figuras 1, 2 y 3), son de una fundicion especial que llaman maleable, prismáticas las durmientes, y esféricas las flotantes, porque resisten más á saltar por simpatía con las inmediatas. En las primeras no hay necesidad de precaucion alguna para disponer la carga, que puede ser algodón-pólvora humedecido ó dinamita, siendo aquél preferido por los ingleses, y por los americanos la última; la tapa se sujeta con tornillos á unos rebordes en que se terminan las paredes laterales como indica en *M* (fig. 2), y la atraviesa la caja de fuego (fig. 4), que contiene la carga iniciadora de de 2'25 kilogramos de algodón-pólvora seco, la espoleta eléctrica y el cerrador de circuito.

Las flotantes son de tres tamaños diferentes para cargas de 100, 250 y 500 libras inglesas, próximamente 45'36, 113'40 y 226'80 kilogramos de algodón-pólvora; pesan 222, 378 y 408 kilogramos; y se componen de dos semiesferas con rebordes que se sujetan tambien con pernos y tuercas. Las cargas se disponen en cajas de palastro y se colocan en unos asientos que tienen las semiesferas inferiores; la misma caja de fuego (fig. 4) atraviesa el fondo de éstas, y se sujeta con tornillos como en las durmientes, consiguiéndose que las uniones todas sean impermeables con el auxilio de rodajas de goma. Los hilos de cobre de la espoleta atraviesan el fondo de la caja de fuego por dos taladros abiertos en un cilindro de goma que obtura perfectamente, y son conducidos en un cable á la estacion directora.

El algodón-pólvora se conserva bien mucho tiempo prensado en forma de ladrillos de  $0,13 \times 0,13 \times 0,03$ , manteniéndolos humedecidos y en caja de madera; las de dinamita, en cartuchos cilíndricos de papel-pergamino, se bien conocidas.

El *cerrador de circuito* L. Clark, consiste en ligeras láminas metálicas verticales, fijas en el fondo de la caja de fuego, entre las que existe un lero disco con contactos de platino, pendiente de un resorte, que indica las

figuras 1, 2 y 3. En estado normal la corriente está interrumpida entre las lengüetas verticales y el disco, que se tocarán en el momento en que la mina sea conmovida, cerrándose en consecuencia el circuito, y produciéndose en el acto la detonacion en el cebo, y la voladura. El circuito puede tenerse cerrado ó abierto, á voluntad, en la estacion directora, y de aquí el que las minas que nos ocupan puedan ser automáticas ó de observacion.

Estas últimas dijimos exigian para ser eficaces el que pueda determinarse con exactitud el momento en que un barco está en la esfera de accion de cada una. Para conseguir esto hay que disponer además de la estacion directora otra de vigilancia (fig. 13) en un punto á propósito, y unida con aquélla por telégrafo; la observacion constante desde ambas sobre un barco determinará (por el cruce de las dos visuales sobre el sitio que ocupa la mina) el momento deseado. La vigilancia es difícil de sostener y exige personal acostumbrado á ella; para facilitarla y darla caractéres de precision que la son indispensables, se han ideado diversos aparatos, entre los que llamó mucho la atencion en su tiempo la cámara oscura de Ebner. Hoy se emplean generalmente anteojos dispuestos sobre círculos graduados, planchetas ó sectores (fig. 5), con referencias de la situacion de las minas, disponiéndose éstas, á ser posible, en líneas convergentes á la estacion de vigilancia como indica la figura 3. En el sistema L. Clark es posible relacionar en la mesa de pruebas la llave que sirve para dar fuego, con el sector de observacion para volar las minas automáticamente cuando el antejo acuse el momento preciso.

Toda mina eléctrica necesita estar relacionada con la estacion directora por medio de un cable que contenga los hilos de cobre que han de conducir las corrientes, las cuales son en general más intensas que las empleadas en las minas terrestres: la figura 6 representa la seccion de un cable sencillo de cuatro alambres, la 7 la de uno múltiple compuesto de siete sencillos, y la 8 las cajas empleadas para proteger la union ó empalme de los cables. Estos se reunen en cajas como la representada en la figura 9 en grupos de número variable, y vienen á terminar en las *mesas de pruebas* de la estacion. Los cables conviene tenerlos preservados de las alternativas de sequedad y humedad que alteran las propiedades de la sustancia aisladora.

Las minas flotantes, ó se fijan sujetándolas por medio de fuertes cadenas

de la longitud que se desee á pesos (fig. 10) que yacen en el fondo, y que dependen del poder de flotacion de las minas y de la velocidad de las corrientes que trabajen para arrastrarlas, ó se dejan boyantes, suspendidas de flotadores que las sostengan siempre á la misma distancia de la superficie del agua para asegurar el que las tropiece el barco que pase por encima. Esta segunda manera no es aplicable sino á las minas automáticas, con los inconvenientes de dejarlas expuestas á ser arrastradas en cualquier direccion, y á que el enemigo, por poca vigilancia que tenga, las descubra y las inutilice ó las evite. Para facilitar el primer método se han ideado mecanismos que van con los pesos ó anclas obligando á las cadenas de sujecion á quedar con la longitud que se necesite sin necesidad de mediciones prévias, que exigen tiempo, para que las minas floten á la profundidad deseada; pero no sabemos de nada práctico y recomendable inventado para anular el efecto de las mareas sobre dichas minas flotantes, por más que se han propuesto diferentes artificios, y que se habla con misterio y vaguedad de otros. Se recomienda aún el que cuando la profundidad no sea excesivamente grande se acuda á las minas durmientes, en las que puede aumentarse cuanto se quiera la carga; y que si éstas no son posibles se dispongan las flotantes á una profundidad media, para que en las mareas bajas no sean vistas por el enemigo y fácilmente inutilizadas, y que en las altas mareas puedan ser eficaces.

La figura 11 representa la *mesa de pruebas* L. Clark, entendiéndose por mesa de pruebas el tablero en que se disponen en una ú otra forma los distintos aparatos de estacion necesarios para dirigir un sistema de minas eléctricas: *A A* son séries de indicadores ó timbres en grupos de siete, relacionados cada uno con una mina, y cuyo principal destino es el introducir automáticamente la corriente de las pilas de fuego, en el momento en que un barco tropiece con aquéllas; *B* son galvanómetros para conocer las intensidades relativas de las pilas de fuego y pruebas; dos tableros de resistencia *C* para determinar las de las pilas y el circuito, y cerciorarse de que en un momento dado la intensidad de la pila es capaz de obrar eficazmente; conmutadores *D*; llave para dar fuego *E*; y clavijas con alambres revestidos de seda, en número y longitud suficiente para establecer y cerrar los circuitos necesarios.

En España se han ideado dos mesas de pruebas, una por el difunto

coronel de ingenieros D. Leopoldo Scheidnagel, y otra por el jefe de artillería de la armada Sr. Albarrán: declarada esta última reglamentaria en la academia de Cartagena, sentimos no haber tenido ocasion de verla, pues parece reune cuantas ventajas pudieran encontrarse en las usadas en otros países.

Las pilas Leclanché de pruebas, cargadas con solucion de sal amoniaco, y formadas con manganeso y carbon en el polo positivo y zinc en el negativo; y las de fuego con vaso exterior de ebonita, perfectamente cerrado, polos de gran superficie, y reducida la resistencia interior, son las más recomendadas para operar en las mesas de pruebas.

Para establecer las minas eléctricas en los puntos designados ó sea para fondearlas, pueden emplearse cualquier clase de lanchas, pero se recomiendan las de vapor con una pequeña grúa ó pescante á proa, capaz de suspenderlas é irlas soltando sin conmociones bruscas.

Los reconocimientos y ensayos á que deben someterse los distintos elementos que constituyen un sistema de minas antes de recibirlos, las precauciones para almacenarlos y conservarlos, y las pruebas que hay necesidad de hacer frecuentemente después de establecidos, para cerciorarse de que todo está corriente, y no habrá falta en el momento preciso; son muy variadas y más propias para ser detalladas en un tratado práctico ó manual de minas submarinas, que en el ligero estudio que venimos haciendo. Las minas, antes de colocarlas, deben de someterse á la presion á que han de estar expuestas, para convencerse de su impermeabilidad; después de colocadas hay que cerciorarse frecuentemente de lo mismo, y para ello dan medios las mesas de pruebas, lo mismo que para reconocer si los circuitos están bien aislados y sin interrupciones. La despolarizacion de las pilas, comprobacion de las mismas, medidas de resistencia, y otras operaciones análogas, son fáciles para un personal dedicado á este servicio, condicion que consideramos de la mayor importancia para que las minas submarinas sean en la defensa de costas un auxiliar tan poderoso como lo son las minas terrestres en la defensa de las fortificaciones del interior.

En España, en esto como en otras muchas cosas relativas á la preparacion para la guerra, nos vamos quedando muy atrás; y llegado el momento del peligro, en que todo parece poco y todo se quiere improvisar, el gobernador

militar de una plaza que, á propuesta de la junta de defensa desee disponer minas y obstrucciones para sacar el mayor partido de la artillería de que disponga en los fuertes y obras existentes, tendrá que pedir auxilio á la marina, y si ésta no está allí, ó si vé la cuestion de otro modo y no puede complacerle, porque al fin es lo mismo que si la pidiese cañones para artillar las baterías, ú hombres que desembarquen para defender las fortificaciones, el gobernador, decimos, tendrá que renunciar á ese elemento de defensa y sufrir las consecuencias de ello, ó dispondrá que se improvisen aquéllas, exponiéndose á que digan de él, como el ministro de negocios extranjeros de Rumanía escribió á sus representantes en Europa, al notar cómo se improvisaban minas en el Danubio al declararse en 1877 la guerra entre Rusia y Turquía: «Las autoridades otomanas siembran el lecho del Danubio con numerosas minas, sin tomar la menor disposicion para determinar y reconocer más tarde los sitios en que se encuentran. El comercio, tan gravemente quebrantado ya por las tristes necesidades que produce fatalmente la guerra, habrá de sufrir una suspension que se prolongará indefinidamente si se continúan omitiendo las precauciones que son de rigor en la colocacion de las minas.....» Esto, admitiendo que supiéramos en aquellos momentos de ansiedad, idear minas realmente eficaces.

En los Estados-Unidos, ya vimos en los párrafos trascritos de la memoria del jefe de los ingenieros militares, la importancia que concedía á las minas submarinas. Los lectores del *Memorial* recordarán los artículos publicados sobre *El servicio de minadores-torpedistas en Rusia* en 15 de junio y 1.º de julio de 1882. En Inglaterra, nacion marítima por excelencia y cuyas costas pueden considerarse al abrigo de cualquier insulto, se atiende sin embargo mucho al elemento de defensa que nos ocupa, y cuando hace pocos meses tuvimos ocasion de visitar por curiosidad y sin carácter alguno oficial, la escuela práctica de minadores establecida en Chatham, á cargo en absoluto del cuerpo de ingenieros militares, deploramos que en España, á pesar de los trabajos tan considerados en el extranjero del brigadier Verdú sobre aplicacion de la electricidad á la inflamacion de las minas, y de la obra del coronel Scheidnagel *Minas hidráulicas defensivas*, no existiese algo parecido.

La escuela de Chatham llevaba formadas é instruidas once compañías, se

disponía á formar otras dos, y aún esperaba se aumentase el número. Los oficiales, clases y soldados de la compañía de depósito encargada del campo y material de instruccion, procedian como voluntarios de las tropas de ingenieros que habian contribuido: con telegrafistas los batallones de telégrafos; con maquinistas y fogoneros, para las lanchas de vapor empleadas en la colocacion de las minas, las secciones de ferrocarriles; con timoneles y remeros para las barcasas, los pontoneros; dando el resto del efectivo las compañías de minadores, cuyo parentesco con las de que nos ocupamos, no puede ser más evidente. La instruccion nos dijeron duraba ocho meses, y terminada, eran destinados los individuos á prestar servicio en la India, el Canadá y demás posesiones inglesas, en las que tienen almacenes de material para continuar practicando en la misma especialidad.

En el campo de instruccion, situado como es natural á orillas del mar, se han construido una série de barracas ligeras, relacionadas por un ferrocarril de vía estrecha, para trasportar las minas en carros de unas en otras, y hasta un pequeño muelle de madera desde el que se cargan en las lanchas de fondeo. En dichas barracas se instruyen los soldados con sujecion á una táctica muy parecida á las nuestras especiales de zapas, minas, puentes, etc., en hacer nudos con cuerdas, ligaduras y uniones con los cables, empleando las cajas protectoras, en cargar las minas, probar su impermeabilidad, inyectando aire ó agua con una bomba, y midiendo la presion con un manómetro, y fondearlas y recogerlas en un estanque ó balsa construido á propósito, para que al hacer esas operaciones en la mar, tengan menos tropiezos. Tienen además instruccion de telégrafos de señales y eléctricos, y algunos obreros dedicados á reparaciones de útiles, herramientas y hasta de los aparatos de electricidad, los cuales están á cargo de las clases que, bajo la inspeccion de los oficiales, arreglan las pilas, prueban los circuitos, y hacen todas las operaciones necesarias para cerciorarse del buen estado de las minas colocadas. Al terminar los meses de instruccion de las compañías, se disponen voladuras, para las que buscan embarcaciones inútiles, y no hace mucho tiempo tuvieron una especie de simulacro en union con la marina, ejercitándose ésta en las operaciones de descubrir é inutilizar las minas.

---



## V.

### MEDIDAS GENERALES DE DEFENSA.



UNA escuadra operando sobre una costa distinguirá en ella los puntos que debe bloquear, cuáles ha de intentar bombardear y destruir, y por último, los que la convendría ocupar, bien sea sólo para guarecerse en malos tiempos y aprovisionarse, ó bien además para efectuar algun desembarco. La defensa debiera tener atendidos los puntos señalados proporcionalmente á la importancia que haya de concederles todo enemigo que pudiera atacarlos; y de todas maneras al declararse la guerra ha de procurar hacerlo en la medida que permita el tiempo disponible.

Desde tierra poco ó nada es posible hacer para impedir un bloqueo; pero sí pueden hacerse muy peligrosos los bombardeos para los barcos que los intenten, é imposibles los desembarcos y toma de posesion de los puertos; y si en éstos, y al abrigo de las fortificaciones, existen fuerzas navales que puedan efectuar en momentos á propósito reacciones ofensivas, y hay union y entusiasmo en todos, darán buena cuenta de cualquier escuadra que se aventure á penetrar en ellos.

En ninguna clase de luchas está tan favorecida la defensa como en la de las costas, y por lo mismo en ninguna otra cae tanta vergüenza sobre los vencidos; costando trabajo comprender, á ménos de existir una proporcion exagerada en las fuerzas, cómo hombres en posiciones fortificadas bien entendidas, puedan perder su valor moral ante el fuego de los barcos, en el corto tiempo que duran estos combates, y permitir que los que llegan en lanchas y botes sean capaces de arrollarlos.

El principal papel en la lucha del lado de la defensa, le corresponde á la

fortificacion, como los barcos lo tienen del lado del ataque: el señalar los puntos que deben fortificarse en una costa, el emplazar los fuertes y baterías, su trazado, perfil y construccion, la manera de proteger el servicio y asegurar las comunicaciones, y el dar á todo unidad y hacerlo concurrir al mismo fin, constituye el problema capital. Los torpedos, obstruccion y minas, no pasan de auxiliares, muy eficaces sí, pero forzosamente supeditados á las fortificaciones que han de protegerlos, como lo están las minas, atrincheramientos de campaña y defensas accesorias á las fortificaciones del interior.

Las distintas clases de obras y elementos de defensa cuya reseña hemos hecho, están sin embargo tan íntimamente ligados unos con otros, que su fuerza depende, tanto del valor de cada uno, como del enlace y relacion entre todos: las piezas de artillería de gran calibre necesitan, para ser eficaces en el combate á corta distancia, que alguna obstruccion, línea de minas ú obstáculo cualquiera, detenga á los barcos enemigos bajo su fuego; á las piezas ligeras que han de secundarlas, les conviene que sus campos de tiro estén sembrados con minas que dificulten los movimientos de aquellos mismos barcos; los cerramientos y obstruccion han de combinarse con minas tambien, para que las embarcaciones ligeras y lanchas del enemigo no puedan impunemente entretenerse en destruirlos. Y todos estos elementos de defensa, tan íntimamente relacionados, han de depender de una autoridad única, que no puede ser sino el gobernador militar de la plaza ó punto de que se trate, responsable por ordenanza de su conservacion.

Ferrocarriles y comunicaciones bien entretenidas entre las fábricas, parques de artillería y demás establecimientos militares de la defensa, con los fuertes y baterías de costa; y mecanismos propios, á ser posible de vapor, para mover grandes pesos, favorecerán un rápido artillado y completo abastecimiento de aquellas obras. Blindajes, repuestos bien entendidos, y abrigos para los artilleros, aumentarán las probabilidades de éxito en el combate con los barcos, mereciendo en consecuencia la mayor atencion y cuidado.

Respecto al armamento de las baterías dijimos habria de ser el mejor posible, como destinado á luchar con esos mónstruos de 110 toneladas Armstrong, que llevan algunos barcos modernos; pero esto no quiere decir que sólo con dicha clase de piezas habrian de artillarse las obras; bien al contra-

rio, en estos últimos tiempos parece que la artillería ha hecho un alto en aquel afán que ántes tenía de aumentar los calibres; y así como los marinos estudian más los cruceros que los grandes barcos blindados, así también interesa hoy más el mejorar las condiciones de las piezas ya conocidas, procurando sobre todo alargarlas para que puedan serlo también los proyectiles y lleven más fuerza viva, que el fabricar otras más grandes. Los cañones de 81 y 38 toneladas Woolwich y 0<sup>m</sup>,355 y 0<sup>m</sup>,24 Krupp, y el mortero de 0<sup>m</sup>,28, son hoy, creemos, en el extranjero, las piezas favoritas para las baterías de costa; considerándolas capaces (si son en número suficiente y están bien dispuestas), de acumular sobre los barcos enemigos la cantidad de energía destructora deseable.

Lo importante es disponer de estas piezas ó de otras de igual potencia en cúpulas Gruson, si se trata de puntos de importancia capital, que estén aislados y expuestos á tener que combatir envueltos por los barcos enemigos.

Que la situación de las baterías permita que los cañones de gran potencia enfilen hasta 6 y 7 kilómetros de distancia las derrotas que deberán traer los barcos al acercarse, y que puedan batirlos en sentido de su longitud durante todo el tiempo que tarden en llegar, sin ser contestados sobre la marcha sino por los reductos de proa.

Que para los combates á corta distancia en que la artillería y blindajes del enemigo podrían darle superioridad, la construcción de las baterías sea esmeradísima, que los barcos sean molestados por torpedos, obstrucciones y minas que no les permitan maniobrar con desembarazo, y que la artillería gruesa de la defensa tenga el auxilio de otras piezas para batir los puentes y arboladuras de aquéllos.

Que los fondeaderos, puntos de paso preciso y parajes en que los barcos enemigos pudieran mantenerse en buenas condiciones para hacer fuego, estén dominados por los morteros de la defensa.

Tener piezas de regular y pequeño calibre que bátan los ángulos muertos de las grandes baterías y espacios de importancia secundaria, para impedir el que barcos ligeros y atrevidos lleven á cabo golpes de audacia sobre nuestras posiciones, por el estilo del que arrancó en Alejandría el célebre aplauso *Well done, Condor*. (Bien hecho, Condor).

Tener piezas de campaña batiendo las playas y sitios, donde puedan intentar desembarcos fuerzas enemigas, para envolver las fortificaciones, incendiar algun establecimiento de la defensa, ó con cualquier otro objeto.

Colocar valizas y referencias en todas partes para precisar las distancias á que se encuentren los barcos en las distintas fases del combate, y fijar la puntería de las piezas.

Poner un telégrafo eléctrico ú óptico que relacione todas las baterías entre sí y con el sitio en que esté el gobernador ó jefe de la defensa, para comunicarse órdenes, datos é impresiones del combate.

Y por último, luces eléctricas para iluminar los campos de tiro de las baterías que flanqueen las obstrucciones y líneas de minas, é impedir que el enemigo se acerque de noche á destruirlas.

La artillería de la defensa no tiene que pensar en el gasto de municiones, como en los barcos ó en las plazas del interior bloqueadas; así es que su fuego podrá ser tan contínuo como lo permitan las piezas.

En cuanto á si los fuegos de las baterías deben concentrarse sucesivamente sobre cada uno de los barcos enemigos, ó si deben dispersarse para combatir con todos á la vez, hay opiniones diferentes, lo cual prueba, en nuestro concepto, que no ha lugar á una regla y que han de decidirlo las circunstancias en cada caso.

Si hubiese proyectos aprobados de cerramientos ú obstrucciones y material almacenado, se debería empezar desde luego á establecerlos; y si no los hubiera y conviniesen, habria que improvisarlos. Las minas automáticas aumentarán su valor defensivo haciendo peligroso á las embarcaciones ligeras del enemigo el entretenerse en destruirlos. La figura 12 representa una de las combinaciones más sencillas ideadas, y aplicable sólo en fondos bajos: consiste en una série de vigas  $n$ , relacionadas por las  $m$ , formando bastidor, sujetas al fondo en  $q$  y mantenidas flotando á la altura que convenga (entre ciertos límites) por las cadenas y anclas  $p$ ;  $x$  son vasos ó granadas de hierro fundido, cargados con dinamita, sujetos con pernos á las vigas y con espoletas especiales.

Para estrechar los canales y entradas de puerto, y facilitar la colocacion de cerramientos móviles que permitan el paso á los barcos propios, será necesario echar á pique barcazas bien lastradas ó buques de más calado, si no se

dispone de pilotes que puedan relacionarse con fuertes cadenas, ó de otras obstrucciones análogas.

La perfeccion con que se fabrica hoy el hilo de acero, y las resistencias que alcanzan las cuerdas de este material, hacen de él un elemento precioso para obstrucciones flotantes, bien sea disponiéndolo en forma de redes, con cabos perdidos, para que los recojan y se enrollen en las hélices de los barcos enemigos, entorpeciendo su marcha, ó bien en cables con resistencia suficiente para detenerlos, necesitándose en este último caso, que el fondo sea á propósito para que agarren bien las fuertes anclas que han de sujetar las balsas y boyas que sostengan los cables.

Para la colocacion de las minas deberán existir tambien proyectos aprobados que formarán parte de los generales de defensa de las plazas ó posiciones de que se trate. Las secciones de minadores al declararse las hostilidades empezarán en los almacenes á preparar las minas, disponer las cargas, empalmar los cables y operaciones necesarias para el fondeo de aquéllas.

Las estaciones necesarias para el servicio de las minas eléctricas que estarán relacionadas con las fortificaciones de los puntos de que se trate, se pondrán en pié de guerra, como las demás construcciones militares, protegiéndolas y blindándolas si fuese necesario.

Se recorrerán las galerías que deben existir construidas para proteger contra todo insulto hasta bien entrados en la mar los cables eléctricos; y si no existiesen, se estudiará la manera de disponer éstos para que no sufran deterioro, ni el enemigo pueda descubrirlos, hostilizarlos y adivinar la situacion de las estaciones.

Para fondear las minas despues de preparadas y listas en los almacenes ó repuestos dedicados á este objeto, se empezará por ir tendiendo los cables desde la estacion directora, repasando las uniones que convendrá vengán hechas desde tierra y se situarán las cajas de empalmes *m* (fig. 13) que son las que dejamos citadas con referencia á la figura 9.

Antes de fondear con las lanchas de vapor cada una de las minas, habrá que cerciorarse, refiriéndose á las estaciones de vigilancia y de fuego, de que se está precisamente en el punto de situacion designado en el plano director; y en seguida se irá arriando el peso ó ancla, y detrás la mina, suspendiendo

aquél de un cable auxiliar de conveniente longitud, el cual puede dejarse colgado de un ligero flotante si se cree que habrá de recogerse la mina. Una señal convenida con las estaciones, en el momento de dejar caer cada una de éstas, servirá para corregir cualquier pequeño error que se haya cometido en la colocacion.

Fondeadas las minas, hay que hacer en la estacion directora todas las pruebas necesarias para cerciorarse del buen estado en que se encuentra el material colocado, siendo conveniente el repetirlas con frecuencia, para corregir en el acto las faltas que pudieran ocurrir.

Las minas se disponen en una ó varias líneas segun sea la importancia del paso que se trate de cerrar, ó el paraje en que se crea hayan de venir á situarse los barcos enemigos. Se han propuesto distintos órdenes de colocacion: en la figura 13 hemos indicado uno de ellos, de veintiuna minas en tres líneas, observadas por la estacion de vigilancia, y respectivamente por las mesas de pruebas *a*, *b* y *c* de la estacion directora, espresando de un modo claro las líneas que representan los cables y cómo han de tenderse éstos para que la observacion se haga en las mejores condiciones.

La distancia á que deben colocarse las minas entre sí, para asegurar en lo posible el que entre dos de ellas no pueda deslizarse impunemente un barco, y para que la voladura de una de ellas no produzca la de las inmediatas, depende de varias causas, entre las que se citan con preferencia: la importancia de la carga, la naturaleza de ésta, segun que sea una de las pólvoras vivas ó la ordinaria, la distancia á que estén las minas del fondo, y la forma de las envueltas; explicándose así el que apesar de numerosas experiencias efectuadas, no se tengan todavía las fórmulas exactas que todos buscan. A igualdad de carga, las minas durmientes, reaccionando sobre el fondo, producen doble efecto que las flotantes; en éstas el radio del círculo peligroso para el algodón-pólvora es próximamente la raiz cúbica de quince veces la carga en kilogramos; y ocho veces este radio, la distancia á que deben colocarse las minas para que no salten por simpatía, distancia demasiado grande que hace recomendar el colocarlas por lo ménos en dos filas y al tresbolillo.

FIN.

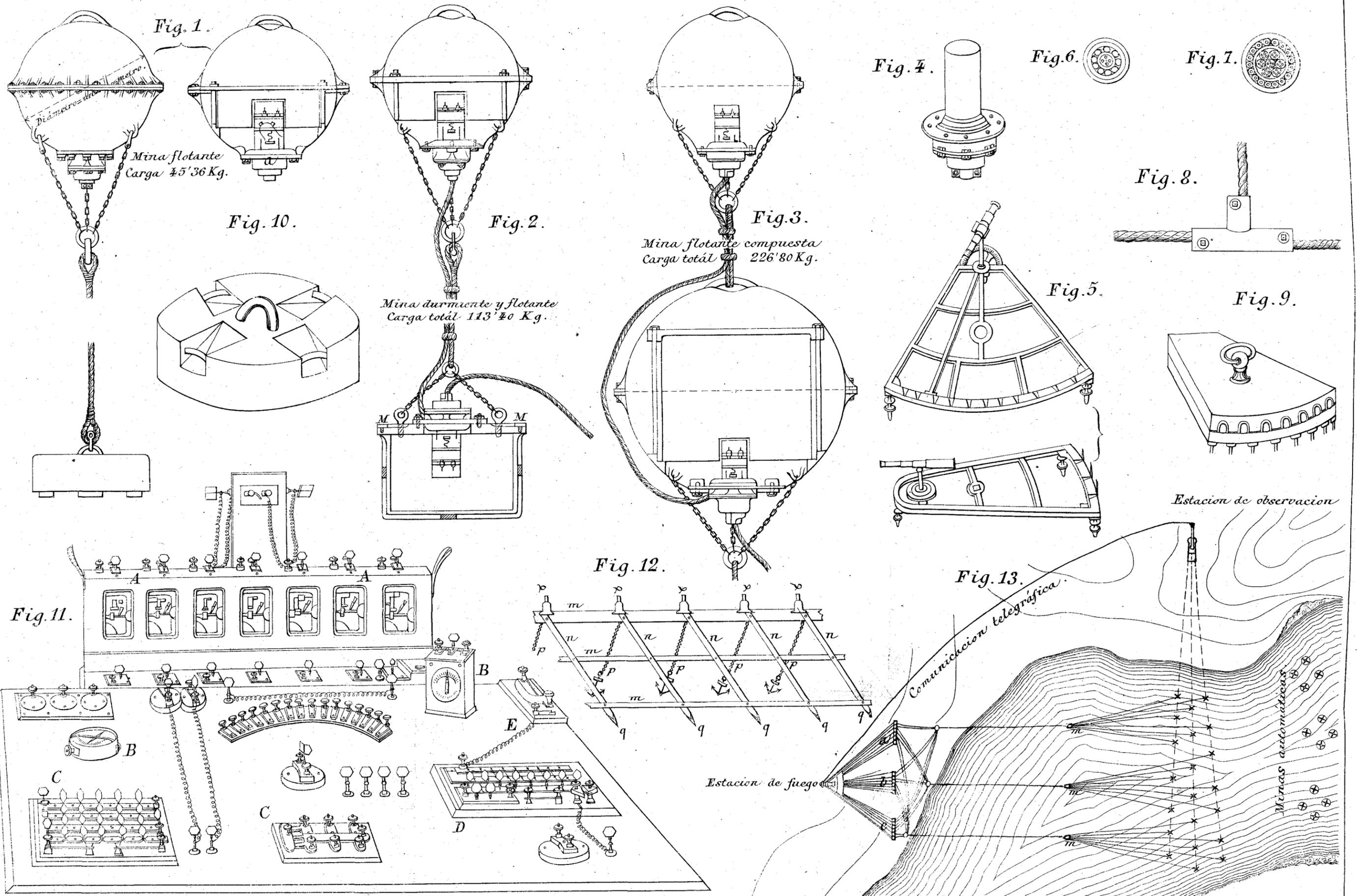
# INDICE.

---

|                                                                             | <u>Páginas.</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| INTRODUCCION. . . . .                                                       | v               |
| I. —Generalidades.— Torres giratorias.—Baterías acorazadas y flotantes. . . | 1               |
| II.—Baterías á barbeta y acasamatadas. . . . .                              | 5               |
| III.—Baterías de campaña.—Obstrucciones.—Baterías de torpedos. . . . .      | 9               |
| IV.—Minas submarinas. . . . .                                               | 15              |
| V. —Medidas generales de defensa. . . . .                                   | 25              |

---







OBSERVACIONES  
CONCERNIENTES Á LOS CUERPOS FACULTATIVOS  
RESPECTO Á LOS PROYECTOS  
DE LEY DE ASCENSOS Y RECOMPENSAS MILITARES.

---



OBSERVACIONES  
CONCERNIENTES Á  
LOS CUERPOS FACULTATIVOS

RESPECTO A LOS PROYECTOS  
DE LEY DE ASCENSOS Y RECOMPENSAS MILITARES  
*publicados en la GACETA DE MADRID, de 18 de julio de 1886,*  
CON PROPUESTA DE ARREGLO  
ENTRE LO PROYECTADO Y EXISTENTE EN DICHS CUERPOS  
PARÁ EL CASO EN QUE ESTO ÚLTIMO HAYA DE VARIARSE.

POR  
DON JUAN DE QUIROGA,  
*BRIGADIER DE INGENIEROS.*

Muchas veces lo mejor es enemigo de lo bueno.  
Más vale esperar que temer.  
*(Aforismos.)*



MADRID  
*IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.*

—  
1886



---

## PRÓLOGO.

---

**P**OR hábito de disciplina social aún más que militar, y convicción profunda, tributamos sin violencia alguna el respeto que se merecen á los documentos oficiales, que á su índole más ó ménos preceptiva, reúnen carácter doctrinal.

Vémos siempre detrás de sus conceptos, no sólo la riqueza de datos y eslabonamiento de trabajos personales, difíciles de atesorar fuera de las esferas de la administración pública, si no también el estudio de quienes por necesidad tienen puesta la mira en cosas altas que afectan intereses generales.

Así, pues, con espíritu circunspecto, no obstante de que muy de cerca y por modo desagradable nos toca lo que sirve de tema á nuestro exámen, hemos procurado analizar, considerándolos desde el punto de vista á que este opúsculo se refiere y su título revela, los proyectos de ley de ascensos y de recompensas en el ejército, precedidos de sus correspondientes preámbulos, que el gobierno, en cumplimiento de lo preceptuado en las leyes vigentes, formuló para presentarlos á las córtes y publicó en la *Gaceta de Madrid* de 18 de julio último.

Sin pretender nosotros, faltos para el caso de todo fundamento, la representación de nadie, aspirámos, sí, naturalmente, á obtener simpatías de nuestros lectores para las ideas que les expongamos; pero del modo que se las exponemos.

En efecto: esas ideas, en cuanto á deseo de que sean adoptadas las reglas que presentamos, son puramente condicionales. Ojalá que ni ahora

ni en adelante, haya necesidad ninguna de aplicarlas: hé aquí nuestros sentimientos relativos al particular.

Pero como la prevision no está reñida con la voluntad, y una vez puesto tan solamente de relieve en la *Gaceta* el caso conocido ha largo tiempo, de que los cuerpos facultativos militares peligran mucho, al ser reorganizado el sistema general de ascensos y recompensas, de que zozobren algunos de los principios de su organismo, que estiman de gran eficacia para sostener la vitalidad, fructuosa al Estado y satisfactoria á sus individuos, de que vienen dando pruebas palmarias, crée el autor de estas líneas llegada la ocasion, no solamente de la defensa absoluta de lo que ahora existe, que hábiles plumas (y otras de ménos habilidad, entre las cuales cuenta el autor la suya propia manejada con ese fin hace ya bastantes años), han tomado y toman á su cuidado, sinó asimismo, de que si dichos cuerpos no pudieren salvarse en el parlamento bajo el prestigio que ejerce la igualacion de principios reguladores de sufrir graves modificaciones, se tenga elaborado ya por la opinion para ese caso hipotético, pero muy contingible, cuáles podrian ser los cambios que ménos difiriesen del plan general, siendo al mismo tiempo lo ménos antitéticos posible con lo que rige actualmente.

En tal rumbo no suponemos que nuestras soluciones sean las más acertadas que puedan proponerse, pero sí pensamos que abierto el camino, acaso otros ingenios dotados de mayor perspicacia den en el hito. Y desde luego una discusion razonada de estas cosas, corresponderá al fin de la publicacion de los proyectos en la *Gaceta*, que no puede efectivamente ser otro sinó el de que los analice en todos sus aspectos la prensa ántes de que en las córtes se discutan.

En resúmen: hé aquí los móviles de nuestro escrito.

El gobierno se halla en la obligacion impuesta por la ley constitutiva del ejército, de presentar á las córtes para que puedan llegar á ser leyes, los proyectos de las que han de regir para los ascensos y las recompensas en todo el ejército: y al cumplimiento de dicho precepto, corresponden los proyectos autorizados para su indicada presentacion por el real decreto de 16 de julio de 1886 que ha publicado la *Gaceta*.

Entre las bases que en ellos se sientan con el carácter de unificacion abso-

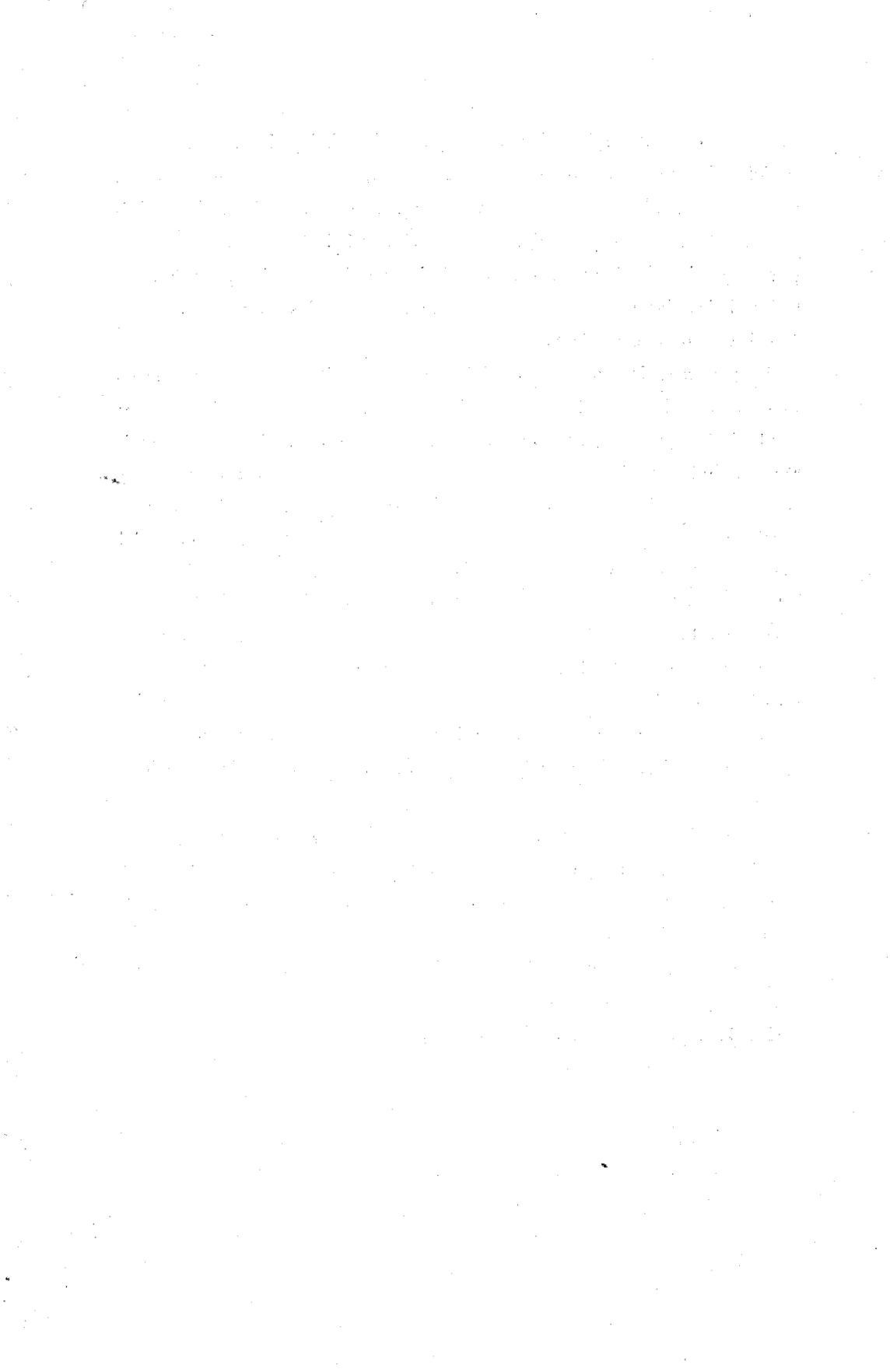
luta, están el sistema mixto de ascensos por antigüedad y eleccion, y la prohibicion de nuevos grados y empleos personales, sin los que, á lo ménos para premiar distinguidos servicios de guerra, no parece compatible, á nuestro juicio, la subsistencia en parte alguna del ejército, del sistema único de ascensos por antigüedad sin defectos. Y figura asimismo en las referidas bases, la limitacion de las plantillas orgánicas correspondientes á todas las armas, cuerpos é institutos, en la clase de coronel.

En presencia de estas prescripciones tan generales, el autor diserta en varios pasajes de su escrito tocante á la conveniencia de que en los cuerpos facultativos se mantenga, no obstante aquéllas, su organizacion excepcional, ayudada indispensablemente como ahora, áun cuando sólo fuere para más raros casos, con la concesion de los empleos personales. Pero además, en la contingencia de que prevalezca la igualacion propuesta en los proyectos del sistema orgánico de los cuerpos especiales con el de las armas generales, promueve tambien el autor, en la corta medida de sus alcances, el estudio en tiempo hábil de antelacion á los debates parlamentarios acerca de las aplicaciones que sería posible hacer dentro, sin embargo, de las referidas unidades doctrinales que hubiese de adoptar la ley como tipos sistemáticos, para lograr que dichos cuerpos se apartasen lo ménos que se pueda, segun las nuevas circunstancias, de los principios que ha mucho tiempo los vienen rigiendo felizmente.

Tal es, ni más ni ménos, el sentido de este opúsculo, en el que hemos procurado corresponder á la invitacion de compañeros hecha en setiembre, á que en él nos referimos, para que significásemos nuestro sentir respecto á la influencia que los susodichos proyectos podrán tener en nuestro cuerpo de ingenieros; é igualmente, por lo tanto, en los que regulan su organizacion por principios idénticos á los suyos.

La Coruña, octubre de 1886.

---



---

## CAPÍTULO PRIMERO.

### DATOS.



FORMADOS los referidos proyectos en el sentido de unificar en el ejército las trascendentales materias de que tratan, es el caso que si bien no faltan razones para sostener en absoluto enfrente de ellos los actuales principios orgánicos de los cuerpos facultativos, notoria parece la conveniencia de investigar que otros principios ménos radicalmente contrarios á los generales propuestos en dichos proyectos, podrian armonizar en lo posible los unos con los otros fundamentos militares; y tal es el principal objeto de las presentes observaciones, no obstante de que tambien nos habrá de ocupar en ellas el primer punto de vista.

Los principios generales que se acaban de indicar como opuestos á los que rigen en los cuerpos mencionados, son los siguientes:

- a.* La supresion de la dualidad de empleos y de los grados.
- b.* La postergacion declarada oficialmente, continuando en el servicio el postergado hasta tres años, sin abono de este tiempo para la antigüedad.
- c.* El sistema mixto de ascensos para cubrir vacantes reglamentarias, hasta de la clase de coronel inclusive, por antigüedad sin defectos y una décima parte por eleccion; escogiendo para figurar en las listas de esta última, los que se considere conveniente entre los individuos que se hallen en la primera mitad de las escalas de antigüedad y cuenten dos años de efectividad en el empleo y uno de servicio en él.
- d.* El ascenso sin vacante reglamentaria concedido dentro de cada arma ó cuerpo hasta el empleo de coronel, por mérito especial de guerra ó de combate en tiempo de paz, sin limitacion alguna respecto al tiempo de servi-

cio que lleve en su empleo el agraciado y sin sujeción á las listas de eleccion; cubriéndose con dicha clase de ascensos extraordinarios, todas las vacantes que ocurran y sean necesarias al efecto.

*e.* La terminacion de las carreras dentro de las armas y cuerpos, en la categoria de coronel.

*f.* El pase sin ascenso á ultramar.

*g.* El ascenso de coroneles á brigadieres, siempre por eleccion efectuada en tiempo de paz, entre los coroneles que teniendo buenas notas de concepto, se hallen además en la primera mitad de la escala de antigüedad; y sin esta limitacion de tiempo, pero sí con la relativa á la concepcion, cuando el ascenso sea por mérito de guerra ó de combate durante la paz.

*h.* El ascenso de brigadieres á mariscales de campo, por eleccion en todo tiempo; practicada en el de paz, entre los brigadieres que se hallen en la primera mitad de la escala activa de antigüedad correspondiente al estado mayor general; y sin dicha limitacion, cuando sea por mérito de guerra ó de combate en tiempo de paz.

*i.* La preferencia para desempeñar destinos de su clase en los cuerpos facultativos de su procedencia, declarada á cualesquiera oficiales generales que hubiesen sido en ellos coroneles efectivos.

*j.* La preferencia subsiguiente á la anterior, declarada á los oficiales generales que procedan de los referidos cuerpos, aún cuando no hubiesen llegado en ellos á coroneles efectivos.

*k.* El nombramiento para dichos cargos de los oficiales generales que el gobierno crea conveniente designar, cuando en el estado mayor general no los haya que reunan los requisitos expresados en los dos casos anteriores.

*l.* La prevencion, reducida á una simple advertencia, de que al cubrir sin distincion de procedencia las vacantes de oficiales generales en el estado mayor general, se procurará que haya en éste un número proporcional de brigadieres y mariscales de campo para cada cuerpo, arma ó instituto, con objeto de que los destinos de dichas clases, que afecten al servicio de los mismos, sean desempeñados por los que hubiesen sido en ellos coroneles efectivos.

---

## CAPÍTULO II.



### CONSIDERACIONES.

Ahora bien: dado caso de que se avoque en las córtes la resolucion de tan importantes alteraciones (no estimándose como tales para las miras del presente escrito, ni la supresion general de los grados y de los pases con ascenso á ultramar, ni la postergacion resuelta con prévio informe de la junta superior consultiva de guerra) que trasformarian el actual modo de sér orgánico de los cuerpos facultativos, el cual tanto ha contribuido á sostener su buen espíritu de disciplina é interior satisfaccion de que habla la ordenanza; y considerando por nuestra parte, que las listas de eleccion de la oficialidad comprensivas hasta teniente coronel inclusive, respecto de las cuales, cada interesado tendria derecho segun el proyecto de ley de ascensos á pedir la formacion de expediente para su inclusion en ellas, no dejarian de ser compuestas en dichos cuerpos, á no ser con la excepcion de algun postergado, de toda la parte de su personal que se hallase en la primera mitad de las escalas con dos años de efectividad de empleo; es de pensar que debe buscarse y pudiera arbitrarse tal vez algun remedio.

Este, bastante oportuno acaso hasta en la clase de coroneles para atenuar los daños inferidos al sistema de ascender por rigurosa antigüedad sin defectos (pues los individuos que en el sentido oficial del vocablo los contraen, son eliminados ahora gubernativamente casi siempre de las escalas), el cual hoy rige para todos los oficiales, jefes y generales que constituyen los mencionados cuerpos; habria de ser un recurso mucho ménos eficaz por lo que toca á los oficiales generales, puesto que en los proyectos queda casi totalmente destruida ó destruida del todo su tradicional existencia de escala dentro de los mismos cuerpos.

Sabido es, no obstante, que no pugna con los principios admitidos en el

mundo militar, que haya generales de armas determinadas; pues, por ejemplo, en Alemania los hay hasta de infantería y de caballería; porque seguramente en la complicación moderna que tanto exige casi para todo la división del trabajo, hacen falta en todas las categorías hombres especiales. Y lo cierto es, que en concurrencia más ó ménos fortuita de fuerzas de las distintas armas, todos los oficiales particulares comandantes de ellas, tengan la graduación que tuvieren, vienen á ser como generales, en el concepto de que el más antiguo, si por la importancia y lo previsto del mando no hay preventivamente nombrado alguno para ejercerlo, es el que asume la responsabilidad y gobierno del conjunto. Así, pues, de hecho el nombre de general no quiere decir más sino un alto jefe, cuya investidura del generalato no le dá ciencia ni práctica infusa de todas las especialidades militares; pero que para mantener más en grande la disciplina exigiendo el cumplimiento de los respectivos deberes y aplicando las energías individuales al vencimiento mediato ó inmediato del enemigo, que es el fin óptimo de toda fuerza militar, cuenta con el prestigio de su elevada autoridad y de su inteligencia y práctica, que se le deben suponer ya bien reconocidas, cuando se le ha llegado á conferir aquel título. Y todo eso es comun á unas y á otras armas y cuerpos del ejército; y no se le ha ocurrido á nadie echar de ménos esa aptitud simplemente porque á la vez de las insignias de su jerarquía de general, lleve éste los signos de tal ó cual cuerpo, en el que la importancia de ciertos cargos de su servicio especial requiera la mencionada dignidad, sin contar con que también las tropas especiales aumentan de continuo en todas las naciones; de modo que los que algo despues de la creación de los ejércitos permanentes empezaron por ser cuerpos de oficiales facultativos que ántes andaban sueltos y con poca ó ninguna tropa que no fuese allegadiza en la ocasión, ya se han convertido en armas compuestas de muchos miles de hombres, de los cuales se ocupan en practicar los más, lo que los ménos, con mayores conocimientos continuamente ejercitados, discurren.

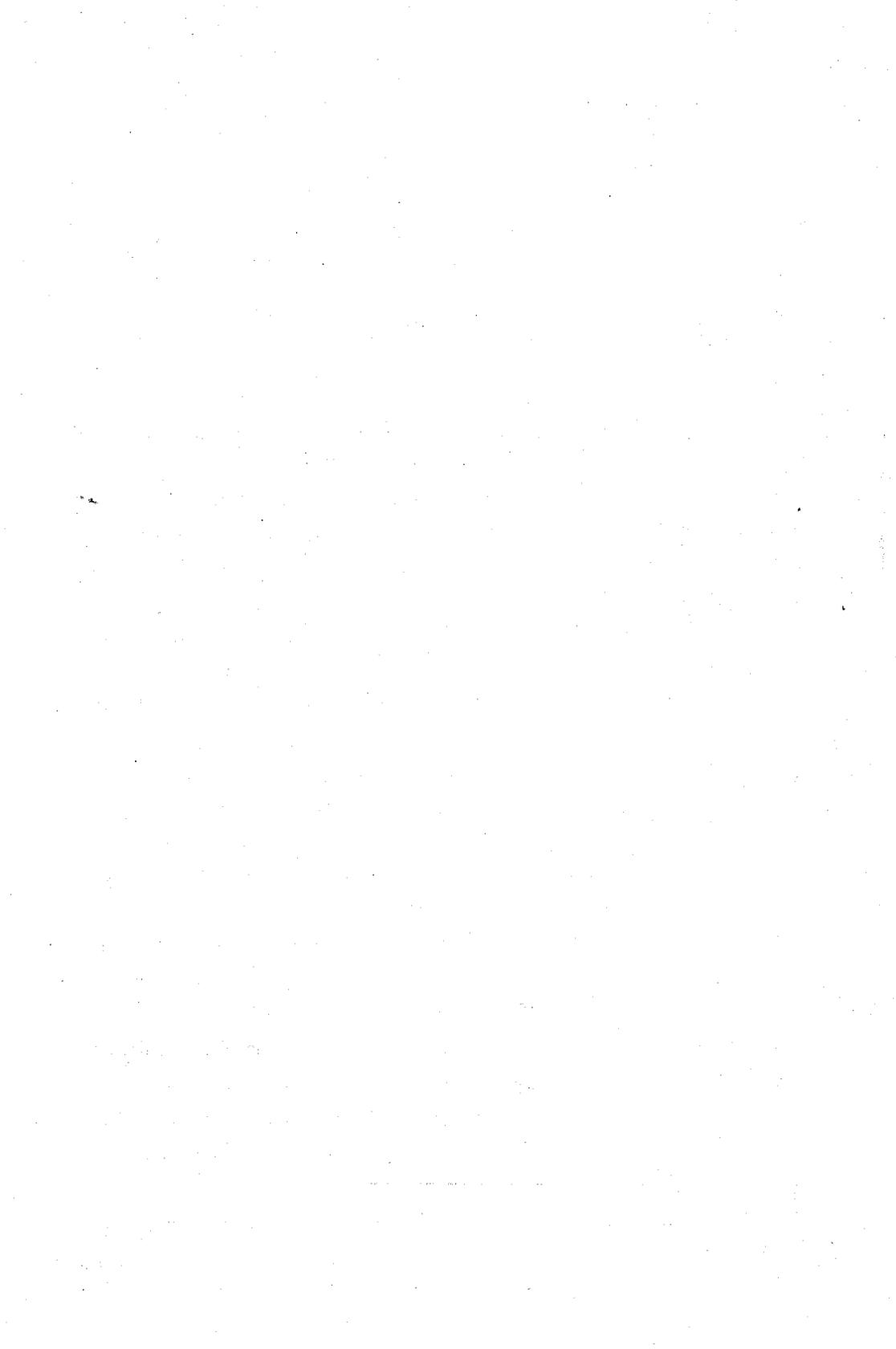
De advertir es también, que de hecho hay en España generales de brigada de infantería y de caballería; por más de que, como no ha dejado de sostenerse, la brigada sea aquí, á causa de nuestras circunstancias tópicas y operaciones más comunes, la más indicada unidad de conjunto de armas dis-

tintas: pero ordinariamente las fuerzas que aquéllos tienen bajo su mando, corresponden orgánicamente á una sola arma. Y no hace mucho tiempo tampoco que hubo generales de dicha clase, en las plantillas de los cuerpos de carabineros y de la guardia civil.

Confirmando la comun sentencia de que no hay regla sin excepcion, multitud de excepciones aparecen en los dos referidos proyectos de ley: y así, nada de particular tendria que por altas razones de conveniencia militar, hubiese tambien la que decimos; con tanto más motivo, cuanto que la ley orgánica del estado mayor general, confirmando antigua práctica, tiene dispuesto el modo de que los generales facultativos no estorben al régimen de ascensos de los demás oficiales generales; entre los que figuran aquellos cada uno segun su antigüedad, pero fuera de número.

Por último, podrán suprimirse de derecho (de hecho no será posible, por la naturaleza misma de las cosas, y el propio proyecto de ley de ascensos lo está revelando), los generales facultativos: pero la aparente anomalía que se quiere estirpar de que haya personas de la categoría de general dentro de los cuadros de las armas, cuerpos é institutos, tendrá que dejar un rastro imborrable en ciertos cuerpos del ejército. Dice el artículo 21 del mencionado proyecto: «En los cuerpos auxiliares se cubrirán todas las vacantes dentro de cada cuerpo, con sujecion para cada empleo á lo prescrito en esta ley para los de ejército á que estén asimilados.» Vendrá, pues, á seguirse haciendo lo mismo que ahora se viene ejecutando dentro de cada cuerpo de éstos, puesto que el administrativo, el de sanidad y el jurídico, son mutuamente irreducibles. Pero si los cuerpos del ejército no auxiliares, tienen la característica comun del mando de armas, no puede con seguridad pretenderse que la idiosincrasia que imprime á cada uno la especialidad de su objeto, llegue no más á cierto nivel, aún cuando de éste sea forzoso por su particular índole que rebase esa misma especialidad.

---



## CAPÍTULO III.

### SOLUCIONES.

Viniendo ya á parar á la prometida propuesta de armonizacion de principios, héla aquí:

1.º En atencion á la identidad de conocimientos originarios de la oficialidad de cada cuerpo facultativo y á la dificultad de comparar entre sí sus servicios, que son de naturaleza tan variada, y prestados además con gran diseminacion del personal cuyos méritos han de apreciarse, se daría por antigüedad dentro de las listas de eleccion el ascenso correspondiente á este último turno, quedando así limitada la eleccion al escogimiento reglamentario de los oficiales y jefes hasta tenientes coroneles inclusive, que debiesen figurar en dichas listas.

2.º Los empleos extraordinarios que sin vacante fuesen concedidos por mérito de guerra ó de combate ocurrido en tiempo de paz, serían sin goce de antigüedad en el cuerpo hasta llegar el tiempo en que al agraciado con dicha recompensa, le hubiese correspondido ascender al mismo empleo en cualquiera de los turnos de eleccion ó de antigüedad.

3.º Hasta entónces, los agraciados de aquel modo permanecerian como supernumerarios con sueldo y destino en su nueva clase, y dejaria de proveerse su vacante en la clase inferior.

4.º Los directores generales y en campaña los generales en jefe, darian segun más conviniera, ya en propiedad, ya en comision, á los mencionados supernumerarios, algunos de los numerosos destinos de los cuerpos facultativos que pueden desempeñarse sin detrimento del servicio indistintamente por personas de graduaciones afines.

5.º Si no obstante las limitaciones propuestas en los proyectos para qué figuren en la ley, respecto de los casos de concesion de los referidos ascensos

sin vacante; cuyas limitaciones, que serán producidas por consecuencia de la interpolacion de estas recompensas, con las cruces sencillas ó pensionadas de las órdenes del mérito militar y de San Fernando y las menciones honoríficas; algun jefe ú oficial obtuviere, sin embargo, más de uno de dichos ascensos extraordinarios, hasta cualquiera de las graduaciones desde la de coronel inclusive abajo, el agraciado quedaria como supernumerario con las condiciones dichas ántes en la clase á la que hubiese llegado.

6.º El que ingresára del expresado modo como supernumerario en la escala de coroneles, podria por mérito de guerra ó de combate en tiempo de paz ascender á brigadier sin limitacion de tiempo como los coroneles numerarios.

7.º El coronel supernumerario en la escala de su cuerpo, que contase con buenas notas de concepto y dos años de efectividad en su empleo, podria ascender en tiempo de paz á brigadier, sin necesidad de aguardar á tomar número del modo dicho en la escala de coroneles y llegar á la primera mitad de ella, siempre que el ascenso á coronel lo hubiera recibido despues de otro ascenso extraordinario tambien: considerándose ésto señal notoria de distinguido mérito, y no pudiendo resultar de su indicado ascenso á causa de su consiguiente salida del cuerpo, perjuicio al principio de antigüedad.

8.º Los brigadieres y mariscales de campo de la escala activa del estado mayor general, serían preferidos para los destinos de su respectiva clase en los cuerpos facultativos de su procedencia, por el órden siguiente:

a. Los que durante dos años hubieran desempeñado en ellos respectivamente, cargos de coronel ó de brigadier.

b. Los que no hubiesen completado los dos años en dichos cargos del cuerpo de su procedencia.

c. Los que procediendo del cuerpo, no hubieran llegado á desempeñar los referidos cargos durante tiempo alguno.

9.º A falta de todos éstos como disponibles en la escala activa del estado mayor general, destinaria el gobierno los oficiales generales procedentes de otras armas ó cuerpos que tuviera por conveniente designar.

10.º A fin de facilitar que en el estado mayor general, cuyas vacantes han de cubrirse sin distincion de procedencia, haya un número proporcional de brigadieres y mariscales de campo para cada cuerpo, arma ó instituto, entre

los procedentes de él, con objeto de que los destinos de sus clases respectivas puedan ser desempeñados por los que más continuada práctica durante su vida militar hubiesen tenido en los servicios especiales del mismo, los ascensos á que por fallecimiento ó pase á la reserva, diera lugar la cesacion en la escala activa del estado mayor citado, de los brigadieres y mariscales de campo que se halláran destinados en cada cuerpo, serían preferentemente concedidos á los que cuando ménos por dos años hubieran desempeñado en propiedad cargos en él de la categoría inmediatamente inferior: siempre que los brigadieres en quienes concurriese esta circunstancia, reunieran asimismo la requerida para el ascenso en vacante reglamentaria, de hallarse en la mitad superior de la escala activa de su clase en el estado mayor general; y los coroneles tuviesen las de sus buenas notas de concepto y encontrarse en la mitad superior de la escala de su clase.

---



## CAPITULO IV.

### CONSECUENCIAS.

Con la adopcion de los principios expuestos, se tendrian los resultados siguientes hasta la clase de coroneles:

1.º La carrera de los cuerpos facultativos terminaria como la de las armas generales de infantería y caballería, en el empleo de coronel, é igualmente sería en ellos como en dichas armas, mixto el sistema de ascensos por antigüedad y eleccion; dando al turno de esta última la décima parte de las vacantes cuando hubiera elegibles, y refluyendo en el de antigüedad las vacantes que no se pudieran ocupar de dicho modo.

2.º Cesaria en los cuerpos facultativos la concesion de recompensas consistentes en empleos personales, desapareciendo por lo tanto la dualidad de categorías; y el sistema de premios en ellos por méritos contraidos en paz ó guerra, sería el mismo observado en las armas generales.

3.º No obstante, por medio del procedimiento que fijaria la ley de clasificar en las listas de eleccion, y ascender por antigüedad los oficiales y jefes escogidos para figurar en ellas, cuyo modo pudiera ser tambien ventajosamente aplicable para evitar descontento en todas las armas, cuerpos é insitutos, resultaria de hecho, por lo que toca á los cuerpos facultativos, que por iniciativa práctica de éstos, obrando dentro de su derecho y á consecuencia de su constitucion íntima, el sistema único de ascensos para cubrir vacantes reglamentarias sería el de antigüedad sin defectos; teniendo tambien los interesados directa intervencion legal para que así pudiera cumplirse, y formando de hecho tambien las únicas excepciones de esa regla práctica de ascender los individuos que se hallasen postergados mediante formacion de expediente resuelto por el gobierno, despues de oida la junta superior consultiva de guerra. No somos optimistas, y por eso decimos que la ley debe prescribir la

base de este sistema, á pesar de que prácticamente sería posible introducirla sin faltar al texto legal, y aún tal vez dejar desiertas de personal las listas de eleccion; pero lo demás lo consideramos, segun hemos dicho, consecuencia de la íntima constitucion de estos cuerpos, por ser difícilísimas de acordar las exclusiones de las listas, fuera de los casos de falta de antigüedad ó de postergacion.

4.º Los empleos concedidos por mérito de guerra ó de combate ocurrido en tiempo de paz, serían tambien del mismo cuerpo á que perteneciera el agraciado; y éste, sin necesidad de pasar hasta que tuviera vacante reglamentaria por la situacion de excedente á medio sueldo, entraria desde luego en la de supernumerario con sueldo entero y destino compatible con su nueva clase; sin embargo de lo cual no se aumentaria ni transitoriamente siquiera el personal del cuerpo, ni padecería menoscabo el servicio.

5.º Dando á los distinguidos en campaña la ventaja de adelantar sus ascensos mejor aún que con empleos personales, pues serían del cuerpo, con funciones propias, se compaginaria esto cuanto es posible, con el bien fundado prestigio que goza en los cuerpos facultativos el equitativo sistema de que todos los que llenan sus deberes con laboriosa regularidad y cumplidamente desempeñan las obligaciones de su cargo, segun la vária índole de éste, y hállese situado el individuo donde quiera, lo mismo en los grandes centros directivos de Madrid, que en las más lejanas islas de ultramar, van avanzando continuamente paso á paso en las escalas de su carrera militar, sin que tengan que preocuparse ni distraerse de los trabajos de su profesion con este motivo.

6.º Los que por los indicados méritos de campaña, justificados segun los trámites rigurosos que el proyecto de ley propone, llegasen anticipadamente á coroneles, tocando así el límite de la carrera dentro del cuerpo en que sirvan, no se encontrarían detenidos más que los restantes coroneles del ejército, en la adquisicion de condiciones de aptitud legal, para su ascenso á oficiales generales.

En cuanto á los resultados que con referencia á los brigadieres y mariscales de campo daría la adopcion de los principios que preponemos, despues de haber estudiado su combinacion con los presentados por el gobierno al público en la *Gaceta*, son los que siguen:

1.º Con la terminacion de las categorías de los cuerpos facultativos en la clase de coroneles, cesaria el derecho actual de los jefes de dicha clase á obtener su ascenso á brigadieres por rigurosa antigüedad, sin defectos; cesando igualmente el que tienen los brigadieres á ser promovidos á mariscales de campo por el mismo sistema, el cual no obsta tambien en la actualidad, á que algunos coroneles y brigadieres de dichos cuerpos sean, por extraordinario, recompensados con empleos de una ú otra categoría de las expresadas, quedando entónces fuera del cuerpo; debiendo observarse sobre esto, que nada de injusto tiene, pues el estado mayor general sirve no solamente para desempeñar ciertos cargos propios de armas ó cuerpos determinados, sino otros muchos que no pueden estar afectos á ninguna de las armas, como por ejemplo, los gobiernos militares de provincias y plazas.

2.º Cesaria asimismo dentro de los cuerpos la ventaja para el Estado, de que con seguridad los oficiales generales más de contínuo experimentados en sus funciones facultativas, tengan bajo su mando las várias dependencias superiores del cuerpo, hasta ser baja en ellas por defuncion ó pase á la reserva.

3.º Se mitigaria dicha inconveniencia para el servicio, proporcionando del modo que hemos expuesto mayor probabilidad de que quienes desempeñarian los mencionados destinos, serían los que hubieran tenido á cargo suyo por dos años, cuando ménos, los de la clase inmediatamente inferior.

4.º Vendria á ser igualmente probable para los coroneles y brigadieres que más tiempo hubieran prestado el peculiar servicio de un cuerpo facultativo, que en la última parte de su vida no se quedáran sin ascender á las clases superiores; recibiendo tambien en ellas los destinos que requiere dicho servicio peculiar.

5.º No se privaria en absoluto, como hoy dia les sucede, á los demás oficiales generales de las clases de brigadieres y mariscales de campo, procedentes de los cuerpos facultativos, que han sido baja en ellos en distintas graduaciones de todas categorías, de ser nombrados para los indicados destinos; pero tendrian esta opcion, segun parece natural y tambien lo más conveniente al servicio, con menor preferencia que quienes durante mayor número de años y hallándose todavía dentro de las edades que se consideran hábiles para el servicio activo, se han consagrado al especial de dichos cuerpos: reco-

nociendo, no obstante, y por el mismo linage de razones, algun grado más de preferencia entre aquellos generales, á los que resultasen en una situacion intermedia, por haber llegado respectivamente á coroneles y brigadieres de los referidos cuerpos, pero sin servir en ellos nada en dichos empleos, ó tan sólo muy poco tiempo, escaso para practicar sus funciones.

6.º Quedaria reconocida á todos los restantes brigadieres y mariscales de campo de la escala activa del estado mayor general, la opcion á ser nombrados para los cargos de que se trata, en el órden gradual de preferencia que les señalaria lógicamente, respecto de los otros ya citados, su escasez legal (pues la aptitud personal extraordinaria no puede tomarse en cuenta en las reglas generales), de conocimientos teóricos y prácticos, peculiares á cada cuerpo facultativo.

---

## CAPITULO V.

---

### EL FOLLETO ANÁLOGO DE UN OFICIAL DE ARTILLERÍA.

Redactando nos hallábamos el presente escrito, motivado por nuestro deseo de responder de lleno á la autorizada invitacion circular de compañeros de cuerpo, para que exponga cada uno su sentir tocante á la influencia que las modificaciones intentadas en los proyectos de ley de ascensos y de recompensas puede ejercer en la organizacion del de ingenieros, en que tenemos la honra de servir, por ser comun anhelo de sus individuos completar juicio acerca de tan importante punto, á fin de obrar luego en la forma y por conducto el más procedente, con cuantos medios legales sea posible en pró del parecer de la mayoría, dentro siempre del acatamiento á las órdenes del gobierno, que es y debe ser en todas ocasiones, como dice asimismo la indicada invitacion, la base de nuestra tradicional conducta; cuando llegó á nuestras manos el folleto impreso en Madrid, con fecha de 31 de agosto de 1886, que se titula *Los principios de eleccion y de antigüedad en su aplicacion á los ascensos de los jefes y oficiales del ejército*, por un oficial de artillería.

Debido este trabajo, segun de público se dice, á un reputado general, es dignísimo sosten del amparador principio del ascenso por antigüedad sin defectos; siendo propia de tan hábil pluma la clarísima defensa que de él se hace. Pero es el caso que este punto, tocado con altas generalidades, es el único de que el folleto trata: y nosotros creémos que no puede dejarse á un lado el proyecto de ley de recompensas al racionar sobre el de ascensos, proponiendo cambios sustanciales, y ménos desde el aspecto en que el autor lo considera; porque habiéndose de dar vado de algun modo en las recompensas por méritos de guerra, á la honrada ambicion que la ordenanza recomienda, con el progreso puramente militar de los oficiales más distinguidos de todas categorías, han de figurar entre aquellos premios los empleos, ya

sean extraordinarios, pero del propio cuerpo ó arma, ya de los llamados personales. Es decir, que ha de contarse con que sean empleos sin vacante que los motive, una parte de los ascensos, y no por cierto la ménos indispensable, sino en rigor la más estimulante y principal de ellas por sus gloriosos resultados: así, que si el principio ó principios que se preconicen para la ley de ascensos, no tuviesen la ductilidad necesaria á su aplicacion por méritos de guerra ó de combates que sobrevengan en tiempo de paz, sucederá, ó bien que la exposicion de dichos principios será más ó ménos deficiente, ó que ellos serán inconvenientes, por impropios para la guerra.

Segun ya dejamos significado, no entendemos adolezca de nulidad para tiempo y ocasiones de paz, el principio único y respetabilísimo de la antigüedad sin defectos, que campea gallardamente en el folleto: mas para que se entienda bien su alcance práctico, hay que ponerlo en parangon con el propio de los ascensos extraordinarios de guerra, precisos de conceder áun sin vacantes reglamentarias; y ver cómo no obstante de ser antitéticos, se pueden caldear juntos sin embargo, obligándolos á tomar forma en la turquesa comun de una síntesis más alta.

Invítase en el folleto á la opinion pública, á ocuparse del asunto que en él se depura, y formar concepto del mismo en tiempo hábil, para que pueda llegar á conocimiento de los cuerpos colegisladores, á quienes toca resolverlo: y concluye el autor manifestando su creencia de haber sido intérprete de la mayoría de aspiraciones en el ejército, abrigando asimismo la esperanza de haber respondido á los sentimientos é ideas del mayor número, en los cuerpos é institutos que se rigen por lo que llamamos escala cerrada, y teniendo además la seguridad de ser eco fiel de lo que piensa, desea y aspira tocante al particular, la inmensa mayoría de los jefes y oficiales del cuerpo á que el escritor pertenece.

Nosotros, abundando en el sentido de todas las referidas manifestaciones, pero correspondiendo más determinadamente en este escrito á la invitacion citada del folleto, á la vez que á la análoga y personalmente directa de que ántes nos hicimos cargo; y limitando nuestro intento á lo que atañe á los cuerpos facultativos, sin olvidar por eso que son parte de la gran familia militar, de modo que sólo será admisible para ellos la variedad que no rompa

radicalmente la unidad del conjunto (rotura ó escision que á nuestro parecer no ha tenido lugar hasta ahora, sino en las intrusiones del personal de unas armas ó cuerpos en otros, siempre vejatoria para los que sufren la imposicion, á no ser en institutos que por su índole pueden reglamentariamente nutrirse sin que procedan todos sus individuos de un origen interior), creémos que en los notables preámbulos de los mencionados proyectos de ley, lanzados por el gobierno á la publicidad anticipada como signos de vida y para que la opinion los analice y pueda formularse por las mil bocas de la prensa, bien á la vista está que los asuntos que por medio de los referidos proyectos toman bulto en la *Gaceta*, vienen ha largo tiempo incubándose en la esfera oficial, y no fenecerán fácilmente por extincion de las ideas modificatorias que entrañan.

Cuando una cosa toma ese cuerpo y se agiganta paulatinamente así, no siendo ya hacedero esquivarla, bueno es estudiar con reposo cuáles pudieran ser los valladares para ir sujetando su torrente, á fin de trocar los efectos de su ímpetu, en obra de alientos algo más sosegados.

No nos lisonjaremos, pues, nosotros, como el distinguido general á que hemos aludido, ó cualquier otro que sea el oficial, autor siempre honorable del folleto, de servir á nuestra vez de felices intérpretes á lo que piensa, desea y aspira la mayoría, ni de los cuerpos en general, ni de cuerpo alguno en particular de los de escala cerrada. En efecto, siendo nuestro trabajo de índole mucho más compleja que el del oficial de artillería; nuevas tambien, si no estamos equivocados, las soluciones circunstanciadas que proponemos; y por último, no de carácter radical contra los proyectos, sino conciliatorio con ellos, el sistema de que aquellas se derivan; acaso no pocos individuos de dichos cuerpos opinen que no procede, miétras no sea indispensable bajar la cabeza ante el deber imperioso de la obediencia, indicar nada que si fuese adoptado, implicaria transformacion del actual modo de sér con que en este siglo de descontentos, se hallan conformes dichas corporaciones militares.

Nos adelantamos á ese juicio, porque despues de previsto por nosotros (si no fuere relativo á un supuesto meramente imaginario) y de analizado en nuestra conciencia, nos parece que si efectivamente se llega á producir, flaqueará algo, pues vale siempre más que los interesados sean quienes se apre-

suren á buscar en los negocios dificultosos que por sí mismos no han de derimir, las componendas racionales, que no el encerrarse, ó poco ménos, en las protestas íntegras á favor de lo antiguo, dejando entónces forzosamente á otras personas, por punto general ménos conocedoras de los detalles técnicos, la iniciativa en discurrir los arreglos que á todo lograr se consiguen en las discusiones intervenidas por numerosos criterios individuales, y resueltas por votacion de quienes no todos igualmente han podido recapacitar sobre el asunto; caso á que por su carácter legal, están llamadas las cuestiones en-vueltas en los dos proyectos, cuyo exámen nos ha puesto ahora la pluma al alcancé del tintero.

Por lo demás, si no podemos nosotros, porque nuestra posicion probablemente no es la misma respecto de las escalas, hacer constar como el autor del interesante folleto mencionado, que nos «hallamos desnudos de toda idea de interés ó aspiracion personal»: cosa que si el escrito tiene el origen que indicamos (1), es una prueba más del elevado carácter de quien lo escribe y del acendrado cariño que se profesa á la honrosa corporacion á que se pertenece hasta el ocaso de la vida; es lo cierto, sin embargo, que del principio de rigurosa antigüedad, como ha venido siendo respetado y aún vivifica á los cuerpos facultativos militares y á semejanza de éstos á los de la ingeniería civil, es de lo que con presumible fundamento puede todavía esperar algo el autor de las presentes observaciones: de modo que lo apartado en ellas de ese sistema, léjos de nacer en el observador, del deseo de ver trocarse por otra cosa lo existente, se ha originado cual deduccion lógica y por lo tanto irresistible en su concepto, de las premisas del problema planteado en los proyectos y sus preámbulos, donde se reconoce la virtualidad de las es-cepciones bien fundadas; y ha procurado despejar las incógnitas con precision casi algo rítmica. Mas es claro que si las premisas, lo que en el fondo nos parece harto difícil, fuesen permanentemente apartadas de accion, no habría nada de lo dicho.

---

(1) El autor alude al veterano é ilustrado general D. Tomás de Reyna; pero el folleto es debido á un benemérito coronel, que sin duda al hablar de su carencia de aspiraciones, alude á que el retiro forzoso por edad, le hará terminar su distinguida carrera en el empleo que hoy tiene.

(N. de la R.)

## CAPITULO VI.



### UN VIEJO ESCRITO DEL AUTOR.

No menos que treinta años cúmplense en estos días, desde que nos ocupamos otra vez de la materia que estamos manejando en el escrito actual.

Nos referimo al extenso artículo (treinta páginas en 4.º) que se insertó en el número de octubre de 1856, correspondiente á *La Asamblea del Ejército*, periódico mensual de ciencia, arte é historia militar, publicado en Madrid por una reunion de oficiales de estado mayor. El artículo tiene fecha de setiembre de aquel año, el membrete de *Cuerpos facultativos militares* y el título de *Observaciones sobre vários puntos orgánicos de los cuerpos de artillería, ingenieros y estado mayor*.

Séanos permitido reproducir de dicho trabajo tan lejano ya de los presentes días, los pasajes que siguen, en que más se refleja su espíritu.

«Lo que vámos á decir, tiene más de verídico que de verosímil, tan opuesto es á la creencia general de las ventajas que los cuerpos facultativos proporcionan á sus individuos. Ni serémos tan breves como quisiéramos, ni tan latos como pudiéramos; lo primero, porque nuestro intento es llamar sobre estas materias la atencion de personas que son extrañas á sus detalles interiores, y lo segundo, porque vamos á escribir un artículo, y no un libro.

«El tiempo, como Saturno, devora sus propias obras, y nada es más comun que lo bueno de ayer sea hoy perjudicial, por insuficiente, supérfluo ó embarazoso; así que, cuando con franqueza señalemos lo que nos parece defectuoso en la actualidad, partimos del supuesto de que ni ahora ni ántes faltó la voluntad de obrar bien, sino que en todo caso pasaria lo que con aquel código de que se dijo que *con las priesas que ovo el buen rey D. Alonso, fncó la cosa en tal estado.*»

. . . . .

«Tal sucede, sin embargo, en España: pero esto no es lo peor, pues vamos á ir viendo las desventajas que sufren los cuerpos facultativos, en vez de esas ventajas que no obtienen. Sabe todo el mundo que, desvencijada en este siglo la máquina pública, por causas generales y particulares que no son de este lugar, una de las consecuencias naturales de nuestras largas discordias ha sido un escalafon excesivo de jefes y capitanes de infantería y caballería. Notable es el buen sentido con que los cuerpos facultativos, cuando se presentian los primeros efectos de esas borrascas civiles, acudieron por su parte al remedio, no dejando paso en sus escalas sino á la antigüedad, cuyos derechos, siempre atendidos, se hallaban sin embargo muy modificados anteriormente. Logróse con esto evitar á sus individuos el disgusto de verse algunas veces mandados por sugetos sin otros nuevos méritos para pasar de inferiores á superiores, que su suerte en las gracias generales; y se alcanzó tambien el importantísimo resultado de que estos cuerpos no tuviesen un solo individuo más que los de plantilla, conservándose así en las condiciones orgánicas de ordenanza.

«Pero es necesario tener presente cómo pudo esto suceder, y suponemos en nuestro lectores el suficiente mundo para que ni por un momento se figuren que corporaciones numerosas se sujetaron contentas al sacrificio más duro posible. En efecto, una corporacion cuyos ascensos son todos por antigüedad, significa, ó la cueva de los siete durmientes, en que no hay mas que beleño, ó una reunion de santos, que para esmerarse en su obligacion de exponer la vida y fatigar el espíritu, les basta saber que su suerte camina á paso de tortuga, aún cuando ellos no son Matusalenes. Aquí se dió en el hito, contando para los premios con los ascensos extraordinarios de ejército; uso que era conocido á la sazón, y que es racionalmente tan inseparable de las escalas de antigüedad rigurosa, como la sombra del cuerpo.»

.....

«Entrémos ahora en el exámen de los ascensos fuera de escala, que reciben los oficiales facultativos. No son flojas las ventajas que obtuvo el Estado, segun ya mencionamos, con la oportuna idea de hacer de rigurosa antigüedad las escalas de esos cuerpos; y no se evitó tampoco cometer pocas injusticias involuntarias, con suprimir el método de eleccion entre sugetos

que desempeñan funciones muy distintas unas de otras, y de consiguiente, en extremo difíciles de comparar con acierto.

«Dando, pues, por sentado que la escala de antigüedad ha sido y es conveniente donde pueda aplicarse, y que los premios son imprescindibles, dirémos que las recompensas de cruces pensionadas que algunos han creído serían oportunas para acompañar á dicha escala en los tres cuerpos de que hablamos, nos parecen á nosotros inadmisibles. La carrera militar quedaria así desvirtuada para todos los oficiales facultativos, porque su estímulo más noble es llegar por relevantes servicios á los más altos puestos. Adios, génio; adios, generoso entusiasmo de alcanzar en dias de vigor físico, ó los laureles del general victorioso, ó las palmas del ministro ilustre, entrelazando así su nombre en las orlas más brillantes de la historia! Estos son los puntos culminantes de la honrada ambicion de que habla la ordenanza; y sobre ello, y todo lo demás que pueda ser objeto de esa ambicion honrada, no capitulará nunca el militar que sienta en su alma la vocacion de serlo.

«Los premios, pues, deben ser de índole puramente militar.»

.....

«De modo que por la especial circunstancia de figurar un individuo en dos escalas, las vacantes de sueldos que dejan los premios de ascensos extraordinarios, ó han de quedar vacías, ó han de servir para otro premio; miéntras que en infantería y caballería entran en combinacion con las de las otras bajas naturales, para ser cubiertas, bien por premio, bien por antigüedad.»

.....

«En 1845 se mandó que, para aligerar las obligaciones del erario, y á excepcion de respetar los derechos anteriormente adquiridos, nadie cobrase más sueldo, cualquiera que fuese su empleo militar, que el del empleo correspondiente al cargo que desempeñase. Nada suele haber más expuesto en la práctica que la aplicacion absoluta de un principio justo, y por eso no en balde se ha dicho que no hay regla sin excepcion, y que las excepciones confirman las reglas. En efecto, no es justo que á un oficial que por su valor, ciencia ó práctica del arte, se ha distinguido y sido premiado con uno ó más empleos de ejército, se le prive del sueldo, y se le entreguen sólo los des-

pachos, pues que los premios por méritos análogos que se conceden al resto del ejército son completos. Si se objeta que los oficiales de infantería y caballería que se hallan de reemplazo, no perciben los sueldos de los empleos á que por sus méritos ascendieron, diremos que esta consecuencia de las excesivas clases de reemplazo es anormal, y que lo natural es tratar, conforme se pueda, de extirparla donde existe en vez de generalizarla. Si hacemos abstraccion de los nombres, veremos que los oficiales de reemplazo, y todos los oficiales facultativos con empleo superior (que deben suponerse los más distinguidos de sus cuerpos), se hallan en el mismo caso de no cobrar los sueldos á que sus méritos los han hecho acreedores; con la diferencia de que el oficial de reemplazo dispone de su tiempo, mientras al facultativo se lo sigue secuestrando el Estado, en virtud de que de los oficiales de su especie no hay más individuos que los de plantilla. No parece que sea este el modo de conservar y estimular en los cuerpos facultativos á sus mejores oficiales.

«Por fin, en 1853 se hizo una correccion á medias, disponiendo que á los dos años de empleo superior al del cuerpo, se cobre el sueldo de aquél; pero con la gran cortapisa de que esto se ha de entender únicamente respecto del empleo inmediato al del cuerpo, y no á otros más altos, y que tambien se han de contar ántes dos años del empleo del cuerpo. Recordando de paso que en los cuerpos facultativos no se hace cuenta para nada de las antigüedades de los grados de ejército, pongamos un ejemplo, para que estas materias especiales se hagan bien patentes á los individuos extraños á ellas, que es nuestro objeto, pues los oficiales facultativos demasiado que las conocen, y lo que desean es que los demas las conozcan perfectamente tambien.»

.....

«Reconociendo, pues, las mejoras que trajo ese decreto, no se nos negará, sin embargo, que vienen á ser estas gracias como si á la infantería y caballería se dijera: «Imprescindible es en los ejércitos premiar el mérito, y por tanto buscad las ocasiones de luciros, que seréis brillantemente remunerados. Ahora atended á una cosa: los grados que se os den no os servirán casi para nada, porque no tendrán antigüedad para vuestros ascensos; de los empleos, no cobraréis el sueldo, ni por tenerlos mandaréis mas gente; no variaréis de posicion hasta que casi llegue el tiempo en que con la antigüedad sola

os tocara, aunque no os hubiéseis distinguido; y la brillantez de vuestras remuneraciones, se entiende que no ha de consistir más que en la de los galones de plata y oro que os irémos dando para las bocamangas.» Metan la mano en su pecho los que dirigen los destinos del ejército, y digan con la buena fé que en todos suponemos, si hubieran querido encontrar cuando jóvenes esa ley tan estrecha.»

---



## CAPÍTULO VII.

### CONTINUACION DEL ANTERIOR.

El artículo que en el capítulo anterior comenzamos á extractar, continúa así:

«Mas aún no se ha agotado la fuente de las consecuencias que origina la falta de excepciones en las reglas generales. Segun un real decreto de 1854, que alcanza á todo el ejército, quedó prohibida la concesion de grados en tiempo de paz, y no se concederá nunca empleo alguno que no sea precisamente para cubrir vacante en los cuadros, exceptuando los empleos que se confieran por servicios distinguidos, prestados en el campo de batalla, con la circunstancia de ser en virtud de propuesta del que mandare la accion, formada dentro de las primeras veinticuatro horas.

«Fácil es discernir la intencion seguramente laudable de este decreto. Tal habia sido la profusion discrecional de gracias en estos últimos años, que era preciso cortar los vuelos al exceso. Si examinámos sus disposiciones desde el punto de vista general, ó sea el de su aplicacion á la infantería y caballería, encontrámos que en paz efectivamente puede suprimirse el dar grados, pues que se presta menor número de servicios; y respecto de no conceder tampoco en tiempo de paz más empleos que los de los cargos vacantes, tambien es de alabar, pues como en los ascensos de infantería y caballería, no sólo se atiende á la antigüedad, sino que se dá parte á la eleccion, puede con esta última premiarse el mérito militar, que no siempre estriba en el valor y pericia desplegada en los combates. Por último, la determinacion de que los empleos por premios de guerra sólo se confieran por servicios distinguidos prestados en el campo de batalla, é inmediatamente reconocidos y recomendados, es muy conducente al buen fin; y suponemos que el silencio del real decreto sobre el uso que se ha de hacer de los grados en campaña,

querrá dejar entender que con ellos se premiarán otros servicios ménos relevantes.

«Pero considerándose este decreto desde el punto de vista de los cuerpos especiales, veremos que mientras los méritos de paz de un oficial de infantería ó de caballería se premian con los ascensos más positivos, cuales son los empleos con sueldo, la misma clase de méritos de un oficial facultativo, cuya carrera le proporciona ocasiones de distinguirse en paz en su instituto especial, acaso más á menudo que en campaña, donde la mayor parte de los méritos que se premian piden más valor que ciencia, no obtienen, sin embargo, más recompensas que una cruz civil, pues no quedan otras disponibles.

«No sabe nuestra pluma militar hacer rodeos excesivos; y el respeto profundo que tenemos á las instituciones del Estado no nos prohíbe, ni la sana razon tampoco, hablar con franqueza y buena intencion de sus defectos ó abusos. Lo que han llegado á ser las condecoraciones en España, lo ha dicho hace pocos años en pleno parlamento un ministro de su magestad, precisamente el que á la sazón despachaba la secretaría de Estado, donde radica el negociado de las órdenes; y si en boca de tan alto funcionario esas palabras, que no necesitamos repetir, pudieron ser tildadas de impropias, como así sucedió, nadie, en cambio, las tachó de falsas. Pues bien, llega el caso de que un oficial facultativo presenta los útiles resultados de largo tiempo de desvelos, y recibe por recompensa la misma condecoracion que ha visto en la *Gaceta* derramar por todas las aldeas á título de premios de beneficencia; pero que ya se presume lo que son en su mayoría, como todas las recompensas que no recaen en méritos muy individualizados. Recuerda tambien, entre centenares de ejemplos que, despues de haberse publicado el decreto que únicamente le deja esas condecoraciones para lo que puede aspirar, las ha visto bajar al pecho de personas que, sin relevante ni siquiera mediano mérito artístico, no han tenido otro modo conocido de ganarlas sino haciendo reir al público más indulgente del mundo; y guardando el oficial el diploma que le dán, ni acostumbra á ponerse una cinta que lo ha de confundir con todos sus innumerables compañeros de la órden, más para sonrisa que para respeto de la sociedad culta, ni le quedan ganas de procurarse con nue-

vos desvelos nueva cruz, que áun cuando gozase su pristino brillo, no la querria ver como privativo recurso de sus esperanzas.»

«Véase ahora si tras de esto es equitativo que se aumente la desigualdad citada del valor de los grados, con los que llevan en los términos de su concesion la coleta de sin antigüedad, pues en efecto, cuando tambien por méritos iguales se concede la antigüedad á los dos sugetos citados, el de infantería ó caballería logra una ventaja que es de mucha importancia, y al facultativo se le premia con una especie de juego de palabras de antigüedad, repeticion trastrocada de otro que se le hizo ántes. En verdad que la sutileza de los grados de esa especie particular, introducida paulatinamente, debe desaparecer como impropia de hombres formales, pues hasta su objeto ostensible de dar entretenimiento á la ambicion ménos feliz, se consiguió dañosamente, porque es público que las gracias muy generales, como no fundadas sobre méritos individualmente reconocidos, á muchos descontentan, á nadie satisfacen, y en todos destemplan el entusiasta deseo de distinguirse. Premios pocos y buenos, oportuna y expontáneamente distribuidos, son los que estimulan al mérito verdadero y le sirven de laureles, evitándole al mismo tiempo la tentacion de rebajarse en las antesalas.»

«Resumiendo cuanto hemos dicho sobre los cuerpos facultativos, que era nuestro plan, y sobre lo restante del ejército, en cuanto se roza con los puntos tratados, nuestras consecuencias relativas á los jefes y oficiales, calculadas para no perjudicar á nadie, y expuestas con objeto de llamar la atencion sobre su estudio, son las siguientes:»

«10. Siendo de utilidad pública las escalas de rigurosa antigüedad de los cuerpos facultativos, y perjudicando su rigorismo absoluto á los individuos que se distinguen, prémieseles como á los individuos de infantería y caballería, que ascienden por eleccion en paz y guerra, con empleos de ejército, gozando sueldo inmediato, y con grados en campaña.»

«12. No se apliquen las condecoraciones civiles á los cuerpos facultativos

de modo más determinado que á las demás armas del ejército; debiéndose considerar como militares, los méritos que contraen sus individuos esmerándose en el cumplimiento de sus deberes facultativos, aún cuando no sea al frente del enemigo; así como en dichas armas se premian como militares los trabajos que coadyuvan á la mejora y buen nombre del ejército, aún cuando no sean tampoco llevados á cabo en ocasiones de riesgo.

«Si á primera vista parece mucho lo que pedimos, atiéndase á que, léjos de provocar grandes novedades, nos hemos ceñido á exprimir las consecuencias lógicas de las bases de nuestro actual sistema militar, y á demostrar los perjuicios que sufren los individuos de cuerpos facultativos, con que esas mismas consecuencias no se practiquen. Confiados en la buena fé, pretendemos el remedio, generalizando el conocimiento de estas materias, para contribuir á que, reformada la opinion general, puedan ser más fructuosos los esfuerzos de las personas á quienes toca hacerlos directamente.

«Si en vez de mostrar un camino tan fácil de seguir en la práctica, nos hubiéramos detenido á hacer el paralelo con otros ejércitos extranjeros, vería cualquiera que lo que hemos pedido, léjos de ser excesivo, es mucho ménos que lo que disfrutaban los militares de otras naciones, tan famosas por sus glorias bélicas como por su arreglo rentístico, pues que allí sobre los sueldos desiguales prescritos á cada arma, segun sus circunstancias para paz y otros mayores para guerra, hay señaladas mil gratificaciones generales para los gastos de marchas, de casa, de menaje, de estancia en las ciudades populosas, de asambleas extraordinarias, de avisos para entrar en campaña, de indemnizacion de caballos y efectos perdidos, y de otras causas; con cuya providencia se logra que los militares no rehuyan por justos motivos el movimiento, y que por tanto, la reunion de ellos sea un verdadero ejército, y no una milicia sedentaria, que á veces se moviliza á la fuerza.

«Si alguno tachare de personales nuestros deseos, nada nos importa, pues no tratamos de disfrazarlos. La mayor solidez de nuestras razones consiste en que las hemos recogido de la boca de nuestros compañeros de armas; y creémos que no le quedará duda de ello al que lea estos mal pergeñados renglones, como tampoco debe tenerla nunca nadie de que los oficiales faculta-

tivos, lo mismo que sus restantes camaradas del ejército, antepondrán siempre á todo, el cumplimiento honroso de su deber.»

«Ojalá se medite, pues, no si pedimos muchas cosas, sino si son exageradas ó justas, si no han llegado ya, con la trituracion que hace el tiempo de todo, y las renovaciones periódicas que exige, á ser imprescindibles para la utilidad y hasta el decoro del ejército. No pretendemos una arriada de premios, que destemplan la voluntad del entusiasta, y confirmen la pereza del indolente. Ojalá llegue pronto el dia en que no se crea que las circunstancias obligan á llamar campo de batalla á provincias enteras, donde no se ha disparado un tiro. Severidad queremos, sí; no nos asusta. Prémiese el valor, distíngase la aplicacion, remunérese la constancia, y quede arrinconada la indolencia y castigada la malicia. Si esta es la severidad, léjos de temerla, podremos acercarnos á ella con la confianza que tenía depositada en su amigo, aquél sábio y acuitado rey de Castilla, que le decia:

A tí, Diego Perez Sarmiento, leal,  
 Mi péñola vuela con fabla mortal;  
 Escúchala dende, ca en cuita me hallo.

«Así tampoco jamás podrán los descontentadizos decir de esa virtud, lo que el valeroso caballero Valdovinos, herido y abandonado en el bosque, exclamaba de la dama de sus pensamientos:

¿Dónde estás, señora mia,  
 Que no te pena mi male?  
 O no lo sabes, señora,  
 O eres falsa y desleale.

«Pero es tan grato distinguirse haciendo bien, y es tan fácil el hacerlo al que tiene el poder en sus manos y la obligacion de mirar por el procumun, que sólo la ignorancia del mal puede quitarle ese placer. Hace ya medio siglo que un ministro emprendió la reforma de los cuerpos facultativos, y la llevó á cabo, revisando por sí mismo los trabajos, que puso á la altura de su época. Era Godoy. Si nuestros generales, distraidos por tanta atencion política, no han podido hasta ahora dedicarles iguales cuidados que este hombre, cargado de vituperios, se hallan siempre en el caso de procurar con sus esfuer-

zos, realzar aún más su honroso nombre en los lábios de la posteridad agradecida.»

Al leer despues de largos años nuestras antiguas observaciones de que acabamos de sacar los precedentes párrafos y frases, notamos que várias de las mejoras que allí proponíamos, se hallan conformes en sustancia con los cambios ocurridos despues. Las gratificaciones de remonta á toda plaza montada (falta aún señalársela á los oficiales generales, pero ya está tambien indicada); las indemnizaciones de viaje por comisiones extraordinarias; la desaparicion de los segundos comandantes; la supresion de los grados sin antigüedad; la época desde que ha de contarse la antigüedad de los grados; la de abono de sueldo de los empleos personales; el no conceder cruces civiles á los oficiales facultativos, por servicios análogos á los que eran causa de grados y empleos en las armas generales; la igualacion más general de sueldos de las plazas montadas; se hallan en dicho caso. Lo que dijimos contra las cruces pensionadas, no tiene igual aplicacion á las actualmente propuestas en el proyecto de recompensas, porque las de ahora se trata de que sean para todo el ejército por igual, y entónces se hablaba de cruces de esa clase, para sustituir á los empleos personales en los cuerpos facultativos, lo cual es esencialmente distinto, pues mientras en las armas generales se darian ascensos por recompensas, en aquéllos cuerpos se quedarían rezagados los más meritorios.

No es lo que hemos dicho una mera pretension á éxitos maravillosos de aquel ligero trabajo, en que con argumentos que nos parecen de más vivaz tinta impregnados que los que puede ahora encontrar nuestro triste caletre, defendimos en suma nuestro siempre querido paladion de la antigüedad rigurosa, sino que nos limitamos á manifestar coincidencias, que demuestran no iba del todo descaminado el artículo. No fué este un escrito enteramente inadvertido tampoco, en las esferas oficiales, pues el general D. Antonio Remon Zarco del Valle, á quien en aquel mismo mes de octubre de 1856 le fué por segunda vez conferido el cargo de ingeniero general, dispuso que se incorporara un ejemplar del número de la *Asamblea* que contenia las observaciones, en el expediente de organizacion del cuerpo de ingenieros, abierto siempre en la direccion general: y cuando en julio del año siguiente dicho ilustre jefe superior del cuerpo y presidente á la vez de la real academia de

Ciencias, nos dispensó la honra de pasar una comunicacion al ministerio de la Guerra, remitiendo algunos opúsculos nuestros, uno de ellos fué el de las observaciones de que acabamos de hacer memoria.

Una mencion de las mismas se encuentra en la *Bibliografía militar de España* (pág. 655), que publicó en 1876 el señor brigadier Almirante.

---



## CAPÍTULO VIII.

---

### RELACIONES DEL PROYECTO DE LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO DE ESTADO MAYOR, CON LOS DE ASCENSOS Y DE RECOMPENSAS.

El artículo citado de la revista *La Asamblea*, tiene al pié de su primera página, una nota de la redaccion, que dice así: «Aunque conformes en el fondo, no lo estamos en algunas de las apreciaciones de este artículo. Quizá en otro número nos ocupemos de este asunto.»

La discrepancia á que alude esa advertencia, nos fué previamente dada á conocer; así como el fundamento que había para poner la nota. Dijéronnos que siendo el periódico, segun expresaba su portada, publicado por una reunion de oficiales del cuerpo de estado mayor, no les parecia bien á los redactores que apareciera sin protesta alguna, aunque indirecta, el pié de igualdad en que así en el título de nuestro artículo como en su texto, se hallaba tratado dicho cuerpo facultativo, con relacion á sus congéneres más antiguos, los de artillería y de ingenieros; fundándose la indicada repugnancia, en la sabida pretension de que las funciones del estado mayor, tan conexas con las de los generales, hacen que la preeminencia de éstos recaiga en aquél.

Mas la misma *Gaceta* de 18 de julio último, en que se han publicado los proyectos de leyes de ascensos y recompensas, viene al fin á poner respecto de dicha pretension, las cosas más en su punto, con el proyecto de ley orgánica del servicio de estado mayor, que tambien publica, precedido de un notable preámbulo; pues reconociendo los brillantes servicios de los oficiales del actual cuerpo de ese nombre y toda la consideracion personal que merecen, propone, sin embargo, el cierre de aquél para todo ingreso futuro, á no ser para los alumnos aprobados de su academia, que se hallen ya dentro de ella al publicarse la ley; y determina para en adelante, la completa extincion del cuerpo; debiendo reorganizarse el servicio de estado mayor, prestándolo

un personal agregado no permanentemente entre sí, de las armas y cuerpos de infantería, caballería, artillería é ingenieros, compuesto de los oficiales que entren por concurso y pasen por la futura escuela de estado mayor y luégo por cuatro años de prácticas; sin que ni entónces, ni despues, dejen de pertenecer á los institutos de su respectiva procedencia, si bien con ciertas ventajas relativas á sus ascensos.

Debemos, pues, advertir aquí, que las bases que hemos propuesto para los ascensos ordinarios y extraordinarios en los cuerpos facultativos, son todas literalmente combinables con la indicada reorganizacion del servicio de estado mayor, ménos en lo relativo á que cuando los tenientes alumnos de la escuela lleguen en sus armas ó cuerpos respectivos á la primera mitad de la escala de su clase, serán promovidos á capitanes, en la vacante primera que toque á cubrir por el turno de eleccion; pudiendo tambien obtener el mismo empleo de capitán, aún cuando no se hallen todavía en dicha parte de la escala, si bien en vacante que corresponda al turno referido, siempre que deban ocuparla en el servicio de estado mayor, y en éste haya capitanes que hubiesen figurado en lugar posterior que aquéllos en la lista de aptos para el mencionado servicio, formada á la conclusion de los cuatro años de prácticas.

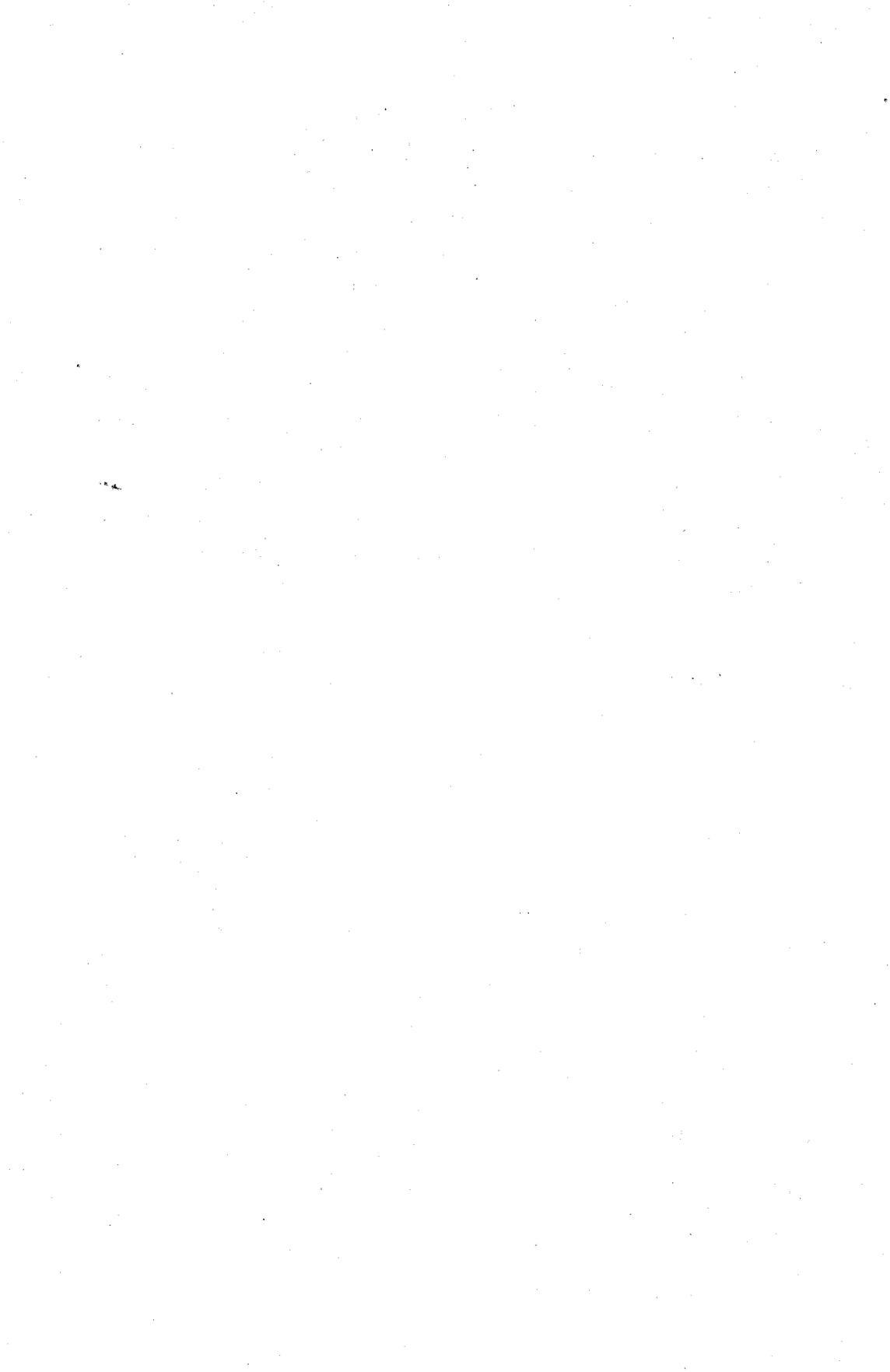
Esta antinomia con nuestro sistema, y la que pudiera resultar de la mera indicacion de preferencia para el ascenso, en lo que se previene, respecto á que los jefes y capitanes declarados aptos para el estado mayor y que desempeñen satisfactoriamente su servicio dos años cuando ménos, serán incluidos en las listas para el ascenso por eleccion de su arma ó cuerpo, cuando entren en la primera mitad de las escalas de antigüedad de su clase, no son, sin embargo, sérias dificultades para lo que dejamos ya propuesto.

En efecto, si el principio de antigüedad rigorosa para los ascensos en los cuerpos facultativos es una cosa respetable, débese naturalmente á que se apoya en alguna razon, y esta es la potísima de que su relativo corto número de oficiales, tienen todos igual suma inicial de conocimientos variados; que practican despues diariamente, si bien cultivando cada individuo más un ramo que otro, segun su destino. Pero claro es que si en el escalafon ha de haber personas que hayan acrecentado oficialmente su ciencia, con vários

años más de estudios en la futura escuela de estado mayor y en prácticas especiales, no hay por qué negarles aptitud para ser objeto de alguna prelación dentro de límites reglamentarios.

Mas sin necesidad de esa consideracion, resulta que nuestro sistema, léjos de adolecer de rigidez en este caso, tiene toda la elasticidad conveniente, sin violencia de las ideas á que se halla arreglado, pues con los ascensos de los aptos para el servicio de estado mayor, se ajusten á las condiciones que trazamos respecto de los ascensos extraordinarios por mérito de guerra ó de combate en tiempo de paz, los agraciados con ellos se aventajarán á los demás de su cuerpo, sin romper, no obstante, de un modo definitivo el sistema de antigüedad: y cuando lleguen á coroneles, podrán ser, si en concurrencia con sus compañeros lo merecieren, los primeros en que recaiga la eleccion libre del gobierno, para hacerlos generales, con honra del cuerpo á que hasta entónces hayan pertenecido.

---



## CAPÍTULO IX.



### CONCLUSION.

No puede negarse, por último, si con atención se analizan y comparan los tres referidos proyectos de ley, puestos al yunque en el mismo número de la *Gaceta*, bajo los martillos de la pública discusión, que corresponden á un vasto estudio de la materia, según revelan también sus preámbulos. Pero asimismo es innegable que se trata de soldar férreamente en ellos con las armas generales los organismos de los cuerpos facultativos, que han funcionado bien hasta aquí dentro de su especial carácter orgánico: lo que por lo tanto parece un cambio no imprescindible, y expuesto además, no obstante lo justificado de su intención, á confirmar el aforismo, de que lo mejor suele andar á la greña con lo bueno.

Es de considerar igualmente que desde la aparición de los proyectos en la *Gaceta*, apuntaron en la prensa periódica algunas críticas, tildándolos de poco resueltos, siendo así que son no poco radicales, puesto que minan por su base principios rícidamente embutidos en España por el tiempo y el buen éxito, en el modo de ser de los cuerpos facultativos durante una larga época azarosa, cuyo ciclo desgraciadamente no se ha cerrado todavía.

Uno de los fundamentos de las indicadas críticas, lo forman las consideraciones guardadas por el gobierno, en el proyecto respectivo, al personal que constituye el cuerpo de estado mayor, aplazando (lo que aquí no juzgamos, pues se saldría de nuestro cuadro) la reorganización del servicio que presta.

Mostrándose por otro lado satisfechos los críticos con el barreno puesto por medio de las listas de elección al principio de antigüedad rigurosa, imperante en los cuerpos especiales; sin embargo, como los proyectos al quitarles de cercen á los de artillería é ingenieros los brigadieres y mariscales de campo, reconocen á la vez implícita, pero claramente, que les hacen falta

oficiales generales de experiencia larga en ellos adquirida, y prefieren para sus mandos de esa categoría á los que hasta cierto punto la reúnen, significan que esto es desconocer los derechos de los demás generales.

Aunque no fuera más, entre otras causas, que por la facilidad con que se toman por privilegios indebidos, las diferencias poco conocidas en su origen, de las partes menores con relacion á las mayores de un conjunto cualquiera, bien puede asegurarse que la alabanza y la reprobacion, unidas en la crítica últimamente citada, tienen detrás de sí vivos apoyos; y por consiguiente toca á la defensa, estudiando rápidamente los golpes de esos ataques, tender á pararlos con toda clase de legítimos quites, pues no por cerrar los ojos ante el relámpago, deja de caer el rayo.

FIN.

---

## INDICE.

---

|                                                                                                                                         | <u>Páginas.</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| PRÓLOGO.....                                                                                                                            | v               |
| <i>Capítulo I.</i> — Datos.....                                                                                                         | 1               |
| <i>Capítulo II.</i> — Consideraciones.....                                                                                              | 3               |
| <i>Capítulo III.</i> — Soluciones.....                                                                                                  | 7               |
| <i>Capítulo IV.</i> — Consecuencias.....                                                                                                | 11              |
| <i>Capítulo V.</i> — El folleto análogo de un oficial de artillería.....                                                                | 15              |
| <i>Capítulo VI.</i> — Un viejo escrito del autor.....                                                                                   | 19              |
| <i>Capítulo VII.</i> — Continuacion del anterior.....                                                                                   | 25              |
| <i>Capítulo VIII.</i> — Relaciones del proyecto de ley orgánica del servicio de estado mayor, con los de ascensos y de recompensas. . . | 33              |
| <i>Capítulo IX.</i> — Conclusion.....                                                                                                   | 37              |





## OBSERVACIONES

SOBRE

## LOS PROYECTOS DE ASCENSOS Y RECOMPENSAS.

## ERRATAS.

| Páginas. | Líneas. | Dice.                        | Léase.             |
|----------|---------|------------------------------|--------------------|
| Portada  | 8       | y existente. . . . .         | y lo existente     |
| v        | 8       | si no. . . . .               | sino               |
| vi       | 5       | solamente. . . . .           | solemnemente       |
| 8        | 2       | limitaciones, que serán. . . | limitaciones serán |
| 12       | 32      | preponemos. . . . .          | proponemos         |
| 16       | 11      | adolezca. . . . .            | que adolezca       |
| 18       | 3       | derimir. . . . .             | dirimir            |
| 18       | 28      | algo rítmica. . . . .        | algorítmica        |
| 19       | 5       | referimo. . . . .            | referimos          |
| 26       | 4       | considerándose. . . . .      | considerando       |
| 26       | 10      | piden. . . . .               | pide               |
| 27       | 5       | equitativo. . . . .          | equitativo         |
| 28       | 7       | tampaco. . . . .             | tampoco            |
| 28       | 25      | avisos. . . . .              | avios              |
| 30       | 22      | mera. . . . .                | huera              |
| 34       | 14      | toque á cubrir. . . . .      | toque cubrir       |
| 35       | 7       | con los. . . . .             | con que los        |



# ÍNDICE

DE LAS DISPOSICIONES INSERTAS

EN LA

## COLECCION LEGISLATIVA

DEL EJERCITO

*que pueden interesar á los lectores del MEMORIAL DE INGENIEROS*

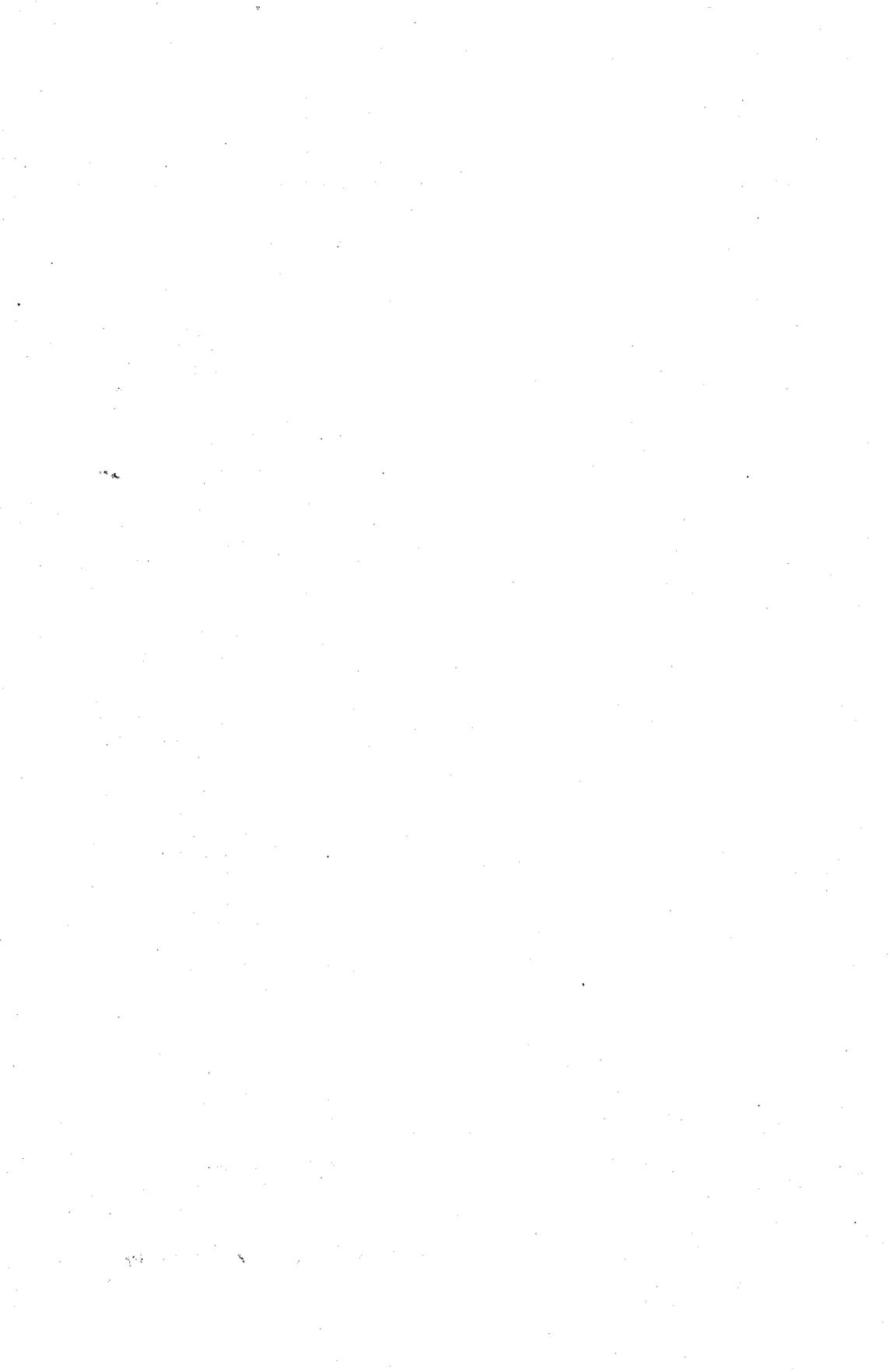
(1885-1886)



MADRID.

IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

—  
1886



# INDICE

## de disposiciones insertas en la « Coleccion legislativa del ejército. »

### TOMO XX.

1885.

Páginas  
del tomo  
II.

|           |    |                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|-----------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Noviembre | 4  | <b>Contabilidad.</b> — <i>Raciones de pan.</i> —Determinando el fondo en que debe ingresar el importe de las raciones de pan deven-gadas por los individuos que disfrutaban licencia trimestral.                                                   | 8   |
| »         | 4  | <b>Indemnizaciones.</b> —Modificando los artículos 2, 5, 11 y 27 del reglamento de indemnizaciones. . . . .                                                                                                                                        | 9   |
| »         | 7  | <b>Ultramar.</b> — <i>Academias preparatorias.</i> — <i>Clases de tropa.</i> —Que sean admitidos en las academias preparatorias de ultramar los hijos de los individuos de las clases de tropa, que reúnan las condiciones reglamentarias. . . . . | 10  |
| »         | 11 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Traslados de residencia.</i> —Que los reclutas disponibles, cuyas excepciones hayan sido confirmadas en los tres reemplazos siguientes, pueden viajar por el extranjero. . . . .                                           | 11  |
| »         | 11 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Zonas.</i> —Que el llamamiento de los reclutas que hayan de incorporarse á las filas, se haga por conducto de los jefes de zona. . . . .                                                                                   | 13  |
| »         | 12 | <b>Epidemias.</b> — <i>Utensilo.</i> —Recomendando el cumplimiento de la real orden de 30 de enero de 1884 sobre inutilizacion de las camas usadas por los invadidos del cólera. . . . .                                                           | 13  |
| »         | 17 | <b>Sargentos.</b> — <i>Antigüedad.</i> — <i>Ultramar.</i> —Que se rectifique la antigüedad de los sargentos á quienes comprende la real orden de 1.º de julio último, dictada para unificar la de los sargentos alistados para ultramar. . . . .   | 29  |
| »         | 17 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Circulando el reglamento aprobado para la adjudicacion de destinos civiles á las clases de tropa. . . . .                                                                                      | 30  |
| »         | 20 | <b>Haberes.</b> — <i>Licenciados.</i> —Aclaraciones á la real orden de 8 de abril de 1884, sobre abono de haber á los individuos licenciados. . . . .                                                                                              | 244 |
| »         | 21 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Reenganches.</i> —Aclaraciones al real decreto de 20 de julio último sobre reenganches de las clases de tropa. . . . .                                                                                                | 217 |
| »         | 21 | <b>Reemplazos.</b> —Dictando reglas para la entrega en caja de los mozos alistados para el segundo reemplazo de 1885. . .                                                                                                                          | 217 |
| »         | 21 | <b>Reemplazos.</b> —Disponiendo la publicacion del reglamento y cuadro de exenciones físicas que forman parte de la ley de 28 de agosto de 1878, reformada por la de 8 de enero de 1882. . . . .                                                   | 227 |
| »         | 23 | <b>Supernumerarios.</b> — <i>Destinos.</i> —Que los jefes y oficiales supernumerarios sin sueldo, soliciten cesar en dicha situacion á la terminacion del plazo que tengan concedido. . .                                                          | 245 |

1885.

Páginas  
del tomo  
III.

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Noviembre 24  | <b>Trasportes.</b> — <i>Academias.</i> —Haciendo extensivas á los individuos de tropa destinados á los centros de instruccion de las reales órdenes de 3 de noviembre de 1883 y 25 de enero de 1885 sobre trasporte por cuenta del Estado. . . . .                                                                                                                                  | 246 |
| Diciembre 1.º | <b>Justicia.</b> — <i>Ultramar.</i> — <i>Desertores.</i> —Determinando desde cuándo ha de empezar la responsabilidad del delito de desercion en los voluntarios para ultramar. . . . .                                                                                                                                                                                              | 248 |
| » 5           | <b>Reemplazos.</b> —Determinando la forma en que ha de tener lugar la entrega en caja de los mozos declarados sorteables. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                   | 250 |
| » 5           | <b>Justicia.</b> — <i>Establecimientos penales.</i> —Dictando reglas para la entrega de los sentenciados militares á fin de ser conducidos al penal que corresponda. . . . .                                                                                                                                                                                                        | 252 |
| » 5           | <b>Conferencias de oficiales.</b> — <i>Material de ingenieros.</i> —Determinando la cantidad que deben abonar las conferencias de oficiales por los desperfectos que sufra el material de ingenieros que se les facilite para prácticas de fortificacion. . . . .                                                                                                                   | 261 |
| » 16          | <b>Desfalcos.</b> — <i>Responsabilidad.</i> —Que en el caso de responsabilidad subsidiaria por desfalco del habilitado del primer batallon del regimiento de Cuba, y en los demás de igual naturaleza, procede aplicar las prescripciones de la real órden de 28 de marzo de 1882. . . . .                                                                                          | 268 |
| » 16          | <b>Gimnasios.</b> — <i>Obras de texto.</i> —Aprobando el programa y presupuesto para la instalacion de un gimnasio en el segundo regimiento de zapadores-minadores y declarando de texto para la enseñanza de la gimnástica y natacion en los que puedan establecerse por las armas generales, la obra escrita por el entónces capitán de ingenieros D. José María Aparici. . . . . | 269 |
| » 16          | <b>Organizacion.</b> — <i>Cuarto militar de S. M.</i> —Creando el cuarto militar de S. M. la reina regente del reino. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                       | 271 |
| » 17          | <b>Presentaciones.</b> —Disponiendo que los generales nombrados para cualquier cargo, y jefes destinados á mando de cuerpo, se presenten á S. M. la reina regente, si se encuentran en esta córte. . . . .                                                                                                                                                                          | 273 |
| » 17          | <b>Ingenieros.</b> — <i>Gratificaciones.</i> — <i>Personal del material.</i> —Determinando la gratificacion que corresponde á los maestros de obras de ingenieros, por comisiones extraordinarias fuera del punto de residencia. . . . .                                                                                                                                            | 273 |
| » 17          | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Reglas para la calificacion y tramitacion por el consejo de redenciones, de las instancias que en peticion de destinos civiles promuevan los individuos del ejército. . . . .                                                                                                                                                   | 277 |
| » 17          | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Recomendando que los sargentos en activo y licenciados, y los de la clase de cabos y soldados que aspiren á destinos civiles, promuevan sus instancias sin esperar la publicacion de las vacantes. . . . .                                                                                                                      | 277 |

1885.

Páginas  
del tomo  
II.

|           |    |                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Diciembre | 18 | <b>Material de artillería.</b> —Declarando reglamentario el obús bronce 21 centímetros cargado por la culata, modelo 1885.                                                                                                            | 287 |
| »         | 19 | <b>Coleccion legislativa.</b> —Aumentando á o'50 el precio mensual de la suscripcion á la <i>Coleccion Legislativa del Ejército</i> .                                                                                                 | 274 |
| »         | 19 | <b>Presupuestos.</b> — <i>Contabilidad.</i> —Que los gastos de cuerda para pasa-pliegos y otros análogos, se hagan con cargo al capítulo 9.º, artículo único del presupuesto. . . . .                                                 | 288 |
| »         | 25 | <b>Sargentos.</b> — <i>Reenganches.</i> — <i>Clasificacion.</i> —Que el derecho de continuar ó pertenecer al primer grupo de la escala de sargentos, se reserva sólo á los que lo eran primeros antes del 20 de julio último. . . . . | 291 |
| »         | 26 | <b>Haberes.</b> — <i>Licenciados.</i> —Haciendo extensiva á los licenciados absolutos el abono de socorros que concede á los ilimitados la real orden de 6 de agosto último. . . . .                                                  | 291 |
| »         | 26 | <b>Reemplazos.</b> —Determinando el destino que debe darse á los reclutas del reemplazo de 1883 que, declarados excedentes de cupo, han ingresado despues en activo en virtud de la real orden de 9 de julio último. . . . .          | 292 |
| »         | 29 | <b>Escribientes.</b> — <i>Licencias.</i> —Previsiones para la concesion de licencias á los individuos del cuerpo de escribientes. .                                                                                                   | 293 |
| »         | 29 | <b>Academia.</b> — <i>Licencias temporales.</i> —Reglas para la concesion de licencias á los alumnos de las academias militares.                                                                                                      | 295 |
| »         | 29 | <b>Músicos.</b> — <i>Prendas mayores.</i> —Derminando la gratificacion que ha de abonarse por prendas mayores á las clases de tropa y músicos, desde el próximo ejercicio económico. .                                                | 297 |

T O M O   X X X .

1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|            |    |                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Enero. . . | 9  | <b>Sueldos.</b> — <i>Anticipos.</i> — <i>Ultramar.</i> —Determinando la aplicacion que debe darse al importe de las pagas de marcha anticipadas á los jefes y oficiales destinados á ultramar y que fallezcan en la travesía. . . . .                                    | 6  |
| »          | 12 | <b>Ultramar.</b> — <i>Pluses.</i> — <i>Raciones de etapa.</i> —Determinando la liquidacion que debe practicarse á los cuerpos de ejército por las raciones de etapa y pan que se suministraron durante la segunda campaña de Cuba. . . . .                               | 6  |
| »          | 14 | <b>Justicia.</b> — <i>Sentenciados.</i> —Que los jefes y oficiales del ejército separados del servicio por vía gubernativa, no tienen derecho, para la prision preventiva y cumplimiento de condena, á otras consideraciones que las reconocidas á los paisanos. . . . . | 9  |
| »          | 14 | <b>Trasportes.</b> — <i>Ultramar.</i> —Aprobando la instruccion para los trasportes militares marítimos entre la península y ultramar. . . . .                                                                                                                           | 10 |

1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|              |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Enero. . .   | 14 | <b>Pensiones.</b> — <i>Cruces.</i> —Fijando la fecha desde la cual han de abonarse las pensiones por agrupacion de cruces del mérito militar. . . . .                                                                                                                                    | 25 |
| »            | 14 | <b>Ultramar.</b> — <i>Remonta.</i> —Haciendo extensiva á los ejércitos de ultramar la real órden de 16 de enero de 1885, sobre derecho á la propiedad del caballo de uso de los jefes y oficiales. . . . .                                                                               | 26 |
| »            | 16 | <b>Licencias temporales.</b> —Que no se permita que ningun jefe, oficial ni individuo de tropa se separe de su destino sin que recaiga aprobacion á la solicitud de licencia. . . . .                                                                                                    | 23 |
| »            | 16 | <b>Organizacion.</b> — <i>Ingenieros.</i> —Disponiendo el aumento que en el próximo presupuesto debe hacerse en la plantilla del batallon de telégrafos. . . . .                                                                                                                         | 26 |
| »            | 18 | <b>Peritos.</b> — <i>Honorarios.</i> — <i>Contabilidad.</i> —Determinando que los peritos nombrados para valorar efectos, tienen derecho á honorarios, y forma en que han de aplicarse. . . . .                                                                                          | 27 |
| »            | 18 | <b>Encausados.</b> — <i>Haberes.</i> — <i>Descuentos.</i> —Que los individuos de la clase de tropa encausados, tienen derecho al abono de la parte de haber retenida, en caso de ser absueltos. . . . .                                                                                  | 28 |
| »            | 26 | <b>Destinos.</b> —Determinando el tiempo de permanencia de los jefes y oficiales destinados á las islas Canarias y posesiones de Africa. . . . .                                                                                                                                         | 34 |
| »            | 28 | <b>Ultramar.</b> — <i>Músicos.</i> — <i>Gratificaciones.</i> —Que la gratificacion que corresponde á los músicos en ultramar, se abone á razon de real fuerte por real de vellon. . . . .                                                                                                | 35 |
| »            | 29 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Reenganches.</i> —Reglas para la concesion de reenganches á los asimilados á la clase de sargentos, que pertenezcan á las planas mayores. . . . .                                                                                                           | 51 |
| »            | 30 | <b>Justicia.</b> — <i>Desertores.</i> — <i>Sentenciados.</i> —Determinando dónde han de extinguir la pena de recargo en el servicio los sentenciados á ella por el delito de desercion, á los que les hayan sido aplicados los beneficios del código por revision de sus causas. . . . . | 53 |
| Febrero. . . | 3  | <b>Cruces.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando el artículo 36 del reglamento de la órden de San Hermenegildo. . . . .                                                                                                                                                                 | 54 |
| »            | 3  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Licencias temporales.</i> —Que sigan expidiéndose las licencias trimestrales que previene la real órden de 20 de julio de 1883. . . . .                                                                                                                          | 55 |
| »            | 3  | <b>Insolvencia.</b> — <i>Fallecimientos.</i> —Haciendo extensivo á los oficiales que fallezcan en los hospitales civiles, los beneficios que conceden á los retirados las reales órdenes de 15 de agosto de 1879 y 12 de julio de 1880. . . . .                                          | 56 |
| »            | 4  | <b>Primeras puestas.</b> — <i>Sustitutos.</i> —Determinando sobre abono de primera puesta á los sustitutos. . . . .                                                                                                                                                                      | 57 |
| »            | 5  | <b>Licencias.</b> — <i>Ultramar.</i> —Reglas para la concesion de licencias para las provincias de ultramar á los jefes y oficiales residentes en la península. . . . .                                                                                                                  | 69 |

1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|              |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|--------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Febrero. . . | 6  | <b>Armas.</b> —Aprobando la tarifa de precios de las armas portátiles de fuego reglamentarias, sistema Remington, y de sus piezas sueltas. . . . .                                                                                                                                        | 70  |
| "            | 7  | <b>Justicia.</b> — <i>Testigos.</i> —Determinando la forma en que han de prestar declaracion los funcionarios civiles en los procesos instruidos por los tribunales militares. . . . .                                                                                                    | 57  |
| "            | 8  | <b>Trasportes.</b> —Aclaraciones al artículo 23 de las instrucciones para los trasportes marítimos entre la península y ultramar, aprobadas por real órden de 14 de enero último. . . . .                                                                                                 | 75  |
| "            | 8  | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Reglas á que las autoridades y centros dependientes del ministerio de la Guerra han de atenerse para el cumplimiento de la ley de 10 de julio de 1885. . . . .                                                                        | 76  |
| "            | 8  | <b>Justicia.</b> — <i>Asimilados.</i> —Que los individuos que tengan reconocida asimilacion á determinados empleos militares, superiores á los de las clases de tropa, sean juzgados en consejo de guerra de oficiales generales. . . . .                                                 | 58  |
| "            | 15 | <b>Sentenciados.</b> — <i>Cuerpos disciplinarios.</i> —Que los individuos que hayan sufrido la pena de prision correccional en los establecimientos penitenciarios, deben extinguir en los cuerpos disciplinarios el tiempo que les reste de servicio activo. . . . .                     | 83  |
| "            | 17 | <b>Trasportes.</b> — <i>Listas de embarque.</i> —Que cuando el trayecto que han de recorrer los militares que viajan en ferrocarril por cuenta del Estado, comprenda más de una misma empresa, se hagan tantas listas de embarque como distintas sean aquéllas. . . . .                   | 85  |
| "            | 18 | <b>Trasportes.</b> — <i>Dementes.</i> —Determinando la aplicacion que debe darse á los gastos de traslacion que ocasionen los militares enfermos atacados de demencia. . . . .                                                                                                            | 86  |
| "            | 18 | <b>Ingenieros.</b> — <i>Remonta.</i> — <i>Contabilidad.</i> —Disponiendo se nombre una junta mixta de jefes de ingenieros y administracion que estudie las bases para que el servicio de remonta del cuerpo de ingenieros se sujete á los preceptos legislativos de contabilidad. . . . . | 102 |
| "            | 19 | <b>Indemnizaciones.</b> — <i>Escuelas prácticas.</i> —Haciendo extensiva al jefe y oficiales de la escuela práctica de Barcelona la real órden de 12 de octubre de 1882, sobre gastos de locomocion. . . . .                                                                              | 104 |
| "            | 23 | <b>Escribientes militares.</b> — <i>Antigüedad.</i> —Desestimando la instancia presentada por un escribiente militar solicitando mejora de puesto en el escalafon por tener mayor antigüedad que otros como sargento segundo. . . . .                                                     | 105 |
| "            | 25 | <b>Armas.</b> — <i>Expedientes de inutilidad.</i> —Determinando la tramitacion que deben seguir los expedientes de pérdidas ó deterioros del material y efectos de guerra. . . . .                                                                                                        | 119 |

1886.

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Febrero. . . 26 | <b>Ultramar.</b> — <i>Anticipos.</i> —Que las pagas de marcha que perciban los jefes y oficiales que pasan de uno á otro de los ejércitos de ultramar, sean cargo á éstos para ser descontadas reglamentariamente. . . . .                                                                                                             | 105 |
| Marzo. . . 10   | <b>Municiones.</b> —Sobre la declaracion de inutilidad de las municiones que estén en poder de los cuerpos. . . . .                                                                                                                                                                                                                    | 158 |
| » 13            | <b>Academias.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando el artículo 107 del reglamento orgánico de la academia general militar, referente al pase de los alumnos á las academias de aplicacion. . . . .                                                                                                                                   | 160 |
| » 15            | <b>Compras.</b> — <i>Ultramar.</i> —Aclarando para Cuba al artículo 20 del reglamento de contratacion del ramo de Guerra, sobre compras directas. . . . .                                                                                                                                                                              | 165 |
| » 15            | <b>Destinos.</b> — <i>Reservas.</i> —Derogando la disposicion primera de la regla segunda de la real órden de 2 de junio de 1882 que dicta reglas para el destino de los jefes y oficiales á los batallones de reserva y depósito. . . . .                                                                                             | 165 |
| » 17            | <b>Reemplazo.</b> — <i>Redenciones.</i> —Declarando vigente el artículo 92 del reglamento de 22 de enero de 1883, autorizando la redencion de los mozos del actual reemplazo que lo soliciten antes de su ingreso en filas. . . . .                                                                                                    | 137 |
| » 23            | <b>Reemplazos.</b> — <i>Exenciones.</i> —Que se consideren como muertos en funcion del servicio para los efectos de la regla 10 del artículo 92 de la ley de reemplazos, á los individuos de de tropa que perecieron al regresar á sus hogares en el descarrilamiento ocurrido el 27 de abril de 1884 en el puente de Alcudia. . . . . | 199 |
| » 23            | <b>Pluses.</b> — <i>Tropa.</i> —Disponiendo cómo han de justificarse los pluses devengados por la fuerza destinada á auxiliar los trabajos de levantamiento de planos. . . . .                                                                                                                                                         | 203 |
| » 24            | <b>Organizacion.</b> — <i>Ingenieros.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Aprobando el reglamento para los maestros herreros y carpinteros del regimiento de pontoneros. . . . .                                                                                                                                                                | 209 |
| » 26            | <b>Anticipos.</b> — <i>Fallecidos.</i> —Que se acrediten 58 pesos 85 centavos, resto del importe de tres pagas de marcha, facilitadas al capitán de infantería fallecido D. Isaac Ruiz de Alegría, y haciendo extensiva ésta disposicion á casos análogos. . . . .                                                                     | 207 |
| » 30            | <b>Trasportes.</b> — <i>Familias.</i> —Que cuando al trasportarse un cuerpo de un punto á otro, lo haga por cuenta del Estado, se manifieste con anticipacion qué familias de oficiales del mismo no pueden verificarlo. . . . .                                                                                                       | 208 |
| » 30            | <b>Haberes.</b> — <i>Ultramar.</i> — <i>Sumariados.</i> —Disponiendo se abonen por completo sus haberes á un sargento segundo de Filipinas, sumariado y absuelto. . . . .                                                                                                                                                              | 216 |
| » 31            | <b>Sargentos.</b> — <i>Matrimonios.</i> —Resolviendo la forma en que los sargentos que soliciten contraer matrimonio, han de                                                                                                                                                                                                           |     |

|            |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|            |     | acreditar el depósito ó renta de que trata el real decreto de 20 de julio de 1885. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                 | 217 |
| Marzo. . . | 31  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Sustitutos.</i> — <i>Responsabilidad.</i> — <i>Ultramar.</i> —Resolviendo que no procede exigir responsabilidad al mozo Joaquin Marco Macía, y que la de los sustitutos para ultramar es sólo de un año. . . . .                                                                                                                   | 217 |
| Abril. . . | 1.º | <b>Armas.</b> —Dando instrucciones para formalizar las entregas de armamento, cuando éstas se efectúen en puntos donde los cuerpos no tienen su cuaderno de avalúos. . . . .                                                                                                                                                                               | 221 |
| »          | 9   | <b>Sargentos.</b> — <i>Vestuario.</i> — <i>Ultramar.</i> —Disponiendo que á los sargentos del ejército de Puerto-Rico se les dé cada dos años un traje completo de rayadillo. . . . .                                                                                                                                                                      | 228 |
| »          | 13  | <b>Reenganches.</b> — <i>Sargentos.</i> —Concediendo el reenganche á un sargento licenciado de artillería, y haciéndolo extensivo á todos los demás de su clase que lo hubiesen solicitado ántes de ser licenciados. . . . .                                                                                                                               | 250 |
| »          | 14  | <b>Justicia.</b> — <i>Reemplazos.</i> —Resolviendo acerca de la jurisdiccion que debe conocer en los delitos cometidos por los reclutas disponibles. . . . .                                                                                                                                                                                               | 230 |
| »          | 14  | <b>Justicia.</b> — <i>Sumariados.</i> — <i>Ascensos.</i> — <i>Ultramar.</i> —Resolviendo que el sargento primero D. Marcial Duarte Insúa fué bien ascendido al empleo de alférez, á pesar de estar encartado en una sumaria, y que esta medida tenga carácter general para los jefes, oficiales y clases de tropa que se encuentren en igual caso. . . . . | 231 |
| »          | 15  | <b>Ultramar.</b> — <i>Ascensos.</i> —Resolviendo que los jefes y oficiales de los cuerpos de escala cerrada que sean baja en los ejércitos de ultramar por enfermedad, al ser nuevamente destinados allí, vuelvan al goce de los derechos perdidos por su regreso. . . . .                                                                                 | 233 |
| »          | 15  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Prófugos.</i> —Que puede alzarse la nota de prófugo á los mozos que dejaron de presentarse en el acto de la clasificacion y declaracion de soldados á causa del cólera. . . . .                                                                                                                                                    | 252 |
| »          | 16  | <b>Inválidos.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Reformando el artículo 6.º del reglamento de inválidos para los que incoen sus expedientes de inutilidad en Cuba, Puerto-Rico y Filipinas. . . . .                                                                                                                                                                | 252 |
| »          | 17  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Ultramar.</i> — <i>Licencias absolutas.</i> —Disponiendo que los individuos del reemplazo de 1882 y posteriores que sirven en los ejércitos de ultramar, reciban la licencia absoluta al cumplir cuatro años de servicio. . . . .                                                                                                  | 238 |
| »          | 17  | <b>Pases á Ultramar.</b> —Dictando reglas para el pase á los ejércitos de ultramar con el fin de enlazar tiempo de permanencia en los mismos. . . . .                                                                                                                                                                                                      | 240 |
| »          | 19  | <b>Pases á Ultramar.</b> — <i>Reglamento.</i> —Modificando los artículos 19 y 33 de las instrucciones para el pase, permanencia y regreso de los ejércitos de ultramar de 12 de enero de 1884. . . . .                                                                                                                                                     | 241 |

1886.

|                |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|----------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abril. . . . . | 20 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Reconocimientos.</i> —Disponiendo continúe en vigor lo prevenido en la antigua ley de quintas respecto al abono de 250 pesetas por los reconocimientos de sustitutos para ultramar. . . . .                                                                                     | 244 |
| »              | 21 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Que los centros directivos y provinciales, remitan al ministerio de la Guerra las credenciales de los destinos que confieran á los sargentos en activo. . . . .                                                                                     | 254 |
| »              | 21 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Determinando la fecha en que ha de empezar á contarse el plazo para la toma de posesion de los destinos civiles. . . . .                                                                                                                            | 255 |
| »              | 24 | <b>Academias.</b> — <i>Reglamentos.</i> — <i>Penas.</i> —Reformando el artículo 135 del reglamento de la academia general militar, sobre penas á los alumnos desertores. . . . .                                                                                                                        | 256 |
| »              | 26 | <b>Gratificaciones.</b> — <i>Primeras puestas.</i> —Sobre abono de primera puesta á los individuos llamados nuevamente á activo y que sean destinados á distinta arma de la en que sirvieron anteriormente. . . . .                                                                                     | 273 |
| »              | 26 | <b>Reservas.</b> — <i>Sueldos.</i> —Que á los jefes y oficiales que actúan en las cajas de recluta, se les abone el sueldo entero de su empleo durante las operaciones de cada reemplazo. . . . .                                                                                                       | 257 |
| Mayo. . . . .  | 3  | <b>Asistentes.</b> — <i>Pluses.</i> —Disponiendo que los asistentes de los jefes y oficiales de estado mayor, cuando éstos se hallen empleados en comisiones topográficas, sean considerados como individuos que auxilian los trabajos, disfrutando los mismos goces que las partidas de tropa. . . . . | 267 |
| »              | 6  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Trasportes.</i> — <i>Ultramar.</i> —Dando instrucciones sobre el embarque y conduccion á los ejércitos de ultramar de los reemplazos destinados á los mismos. . . . .                                                                                                           | 268 |
| »              | 9  | <b>Senadores.</b> — <i>Diputados.</i> —Determinando los derechos de los diputados y senadores militares en las manifestaciones de la vida pública. . . . .                                                                                                                                              | 271 |
| »              | 9  | <b>Organizacion.</b> — <i>Ingenieros.</i> —Modificando la plantilla de oficiales de las compañías de zapadores-minadores. . . . .                                                                                                                                                                       | 275 |
| »              | 10 | <b>Ultramar.</b> — <i>Gratificacion.</i> —Disponiendo que á los jefes que mandan cuerpo en el ejército de Cuba se les asigne la gratificacion de mando de 41 pesos 68 centávos mensuales. . . . .                                                                                                       | 275 |
| »              | 13 | <b>Ultramar.</b> — <i>Clases de tropa.</i> — <i>Haberes.</i> —Haciendo extensiva á los ejércitos de ultramar la real orden de 3 de julio último, sobre aumento de haber á los sargentos. . . . .                                                                                                        | 277 |
| »              | 14 | <b>Organizacion.</b> — <i>Clasificaciones.</i> —Disponiendo sea la junta consultiva de Guerra la que haga la clasificacion de jefes y oficiales. . . . .                                                                                                                                                | 277 |
| »              | 14 | <b>Pases á Ultramar.</b> —Declarando en su fuerza y vigor las instrucciones de 12 de enero de 1884, sobre pases á ultra-                                                                                                                                                                                |     |

|               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|               |    | mar, y resolviendo quede derogada la real orden de 10 de diciembre del mismo año. . . . .                                                                                                                                                                                                             | 279 |
| Mayo.. . . .  | 17 | <b>Músicos.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Que los músicos militares pueden optar solamente á los destinos civiles reservados á los licenciados del ejército. . . . .                                                                                                                                | 285 |
| »             | 18 | <b>Cruces.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Reformando varios artículos del reglamento de la órden del mérito militar. . . . .                                                                                                                                                                              | 286 |
| »             | 20 | <b>Ultramar.</b> — <i>Estancias de hospital.</i> —Haciendo extensiva á los ejércitos de ultramar la real orden de 12 de mayo de 1885, sobre descuentos por estancias que causen los jefes y oficiales en los hospitales. . . . .                                                                      | 289 |
| »             | 21 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Destinos civiles.</i> —Disponiendo que los sargentos que obtengan destinos civiles, continúen perteneciendo á la reserva hasta cumplir la edad. . . . .                                                                                                                  | 290 |
| »             | 21 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Exenciones.</i> —Concediendo derecho á excepción del servicio militar, á los reclutas que prueben ser nietos únicos y que mantienen á sus abuelos. . . . .                                                                                                                    | 290 |
| »             | 22 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Matrimonios.</i> —Disponiendo que los directores de las armas sean los que concedan á los sargentos el permiso para contraer matrimonio. . . . .                                                                                                                         | 292 |
| »             | 24 | <b>Sueldos.</b> — <i>Contabilidad.</i> —Aclaracion á la real orden de 27 de julio de 1885, respecto á la forma de acreditar los sueldos de los alumnos de las academias que asciendan á tenientes. . . . .                                                                                            | 295 |
| »             | 27 | <b>Justicia.</b> — <i>Penas.</i> — <i>Sentenciados.</i> —Declarando subsistente el párafo 2.º del artículo 5.º de la real orden de 13 de febrero de 1875, sobre la forma en que han de cumplir la pena de prision correccional los jefes y oficiales sentenciados á ella. . . . .                     | 297 |
| »             | 27 | <b>Contabilidad.</b> — <i>Revistas de comisario.</i> —Que el artículo 7.º del reglamento de 15 de junio de 1866, modificado por real orden de 11 de diciembre del mismo, se entienda aplicable únicamente á las fuerzas separadas de la plana mayor, en movimiento, ó en pequeñas fracciones. . . . . | 298 |
| »             | 31 | <b>Justicia.</b> — <i>Penas.</i> — <i>Sentenciados.</i> — <i>Ultramar.</i> —Que los individuos peninsulares del ejército de Filipinas sentenciados á prision correccional, sean destinados á la península á sufrir la pena en el punto señalado para los de este ejército. . . . .                    | 304 |
| »             | 31 | <b>Indemnizaciones.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Declarando comprendidos en los beneficios del reglamento de indemnizaciones á los oficiales de administracion militar, cuando como pagadores tengan que conducir caudales en las condiciones que en el mismo se previenen. . . . .                     | 305 |
| Junio.. . . . | 2  | <b>Ultramar.</b> — <i>Licencias temporales.</i> —Prescripciones para la concesion de licencias temporales á los sargentos, cabos é individuos de tropa que hayan cumplido cuatro años de servicio en ultramar. . . . .                                                                                | 306 |



1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|                |    |                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Junio. . . . . | 26 | <b>Organizacion.</b> — <i>Ingenieros.</i> — <i>Abanderados.</i> —Disponiendo presten el servicio de abanderados en los regimientos de zapadores y minadores los tenientes del cuerpo. . . . .                                            | 434 |
| »              | 26 | <b>Contabilidad.</b> —Aprobando la instruccion que determina los requisitos que han de llenarse para disponer y verificar pagos en el extranjero por obligaciones del Estado. . . . .                                                    | 435 |
| »              | 26 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Voluntarios.</i> —Interpretacion que debe darse al artículo 17 de la ley de reclutamiento y reemplazo del ejército de 11 de julio de 1885 sobre admision de voluntarios. . . . .                                 | 457 |
| »              | 26 | <b>Academias.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Aprobando los reglamentos orgánicos de las academias de aplicacion de artillería, caballería, estado mayor, ingenieros y administracion militar. . . . .                                        | 657 |
| »              | 30 | <b>Edificios militares.</b> —Ampliando á los edificios de administracion y sanidad militar la real órden de 4 de junio, en la que se daban reglas para el cambio de destino de los dedicados á parques y fábricas de artillería. . . . . | 458 |
| »              | 30 | <b>Uniformes.</b> —Modificando las cifras de las hombreras y la gola en los diferentes cuerpos é institutos del ejército. . . . .                                                                                                        | 461 |
| Julio. . . . . | 7  | <b>Responsabilidades.</b> — <i>Armas.</i> —Resolviendo sobre la inutilidad de tres fusiles del regimiento infantería de Filipinas, y modificando la regla 3. <sup>a</sup> de la real órden de 12 de diciembre de 1884. . . . .           | 463 |
| »              | 8  | <b>Pases á Ultramar.</b> —Resolviendo que se den de baja en las escalas de aspirantes á servir en ultramar, los jefes y oficiales que queden sujetos á procedimientos. . . . .                                                           | 466 |
| »              | 12 | <b>Estadística.</b> — <i>Organizacion.</i> —Ampliando el negociado de estadística de la direccion general de administracion militar, á todos los servicios del ramo de Guerra. . . . .                                                   | 471 |
| »              | 13 | <b>Justicia.</b> — <i>Juicios orales.</i> —Sobre asistencia á juicios orales de los generales, jefes y oficiales del ejército. . . . .                                                                                                   | 475 |
| »              | 14 | <b>Pensiones.</b> — <i>Descuentos.</i> — <i>Cruces.</i> —Eximiendo del descuento del 10 por 100 la pension de 400 pesetas, que disfruta un capitan por la cruz de San Fernando, que ganó perteneciendo á la clase de tropa. . . . .      | 476 |
| »              | 15 | <b>Ingenieros.</b> — <i>Organizacion.</i> — <i>Palomares.</i> —Aprobando el reglamento para el servicio de los palomares militares. . . . .                                                                                              | 480 |
| »              | 15 | <b>Indemnizaciones.</b> — <i>Presupuestos.</i> —Disponiendo que el importe de las indemnizaciones por conduccion de reclutas á los institutos á pié, se cargue al capítulo 8. <sup>o</sup> del presupuesto de Guerra. . . . .            | 480 |
| »              | 16 | <b>Organizacion.</b> — <i>Ultramar.</i> — <i>Clases de tropa.</i> —Modificando el real decreto de 20 de julio de 1885, sobre los cuadros de las clases de tropa para su aplicacion en los ejércitos de ultramar. . . . .                 | 481 |

|              |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|--------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Julio. . . . | 16 | <b>Artillado.</b> — <i>Juntas mixtas de armamento.</i> —Disponiendo que las juntas mixtas de armamento en los asuntos de artillado y otros análogos, dirijan sus informes al ministerio por conducto de las autoridades militares de los distritos. . . .                                                                                   | 480 |
| »            | 16 | <b>Organizacion.</b> — <i>Academias.</i> — <i>Sargentos.</i> — <i>Reglamentos.</i> — <i>Programas.</i> —Aprobando el reglamento orgánico para la academia especial de sargentos, y los programas de las asignaturas de su plan de estudios. . . . .                                                                                         | 517 |
| »            | 17 | <b>Ultramar.</b> — <i>Trasportes.</i> — <i>Familias.</i> —Resolviendo que no están comprendidas en el artículo 7.º de las instrucciones de 14 de enero último, las señoras que hayan contraído matrimonio despues de retirados sus esposos. . . . .                                                                                         | 489 |
| »            | 19 | <b>Contabilidad.</b> — <i>Fondos.</i> — <i>Establecimientos.</i> —Sobre entrega en cuenta corriente en las sucursales del banco de España de los fondos de las cajas de los establecimientos. . . . .                                                                                                                                       | 490 |
| »            | 19 | <b>Ultramar.</b> — <i>Supernumerarios.</i> — <i>Sumariados.</i> —Resolviendo el sueldo que deberán disfrutar los oficiales de la península supernumerarios sin sueldo en ultramar, cuando sean sumariados en aquellas provincias. . . . .                                                                                                   | 491 |
| »            | 21 | <b>Suministros.</b> — <i>Raciones de pienso.</i> —Declarando derecho á extraer raciones para sus caballos á los oficiales generales. . . . .                                                                                                                                                                                                | 494 |
| »            | 22 | <b>Ingenieros.</b> — <i>Agregados.</i> — <i>Sueldos.</i> —Resolviendo acerca del abono de sueldo á los tenientes de ingenieros que sirvan como agregados en los regimientos activos y comandancias de plazas. . . . .                                                                                                                       | 495 |
| »            | 22 | <b>Organizacion.</b> — <i>Remonta.</i> — <i>Ingenieros.</i> —Dictando reglas para la reorganizacion del servicio de remonta del cuerpo de ingenieros. . . . .                                                                                                                                                                               | 496 |
| »            | 26 | <b>Academias.</b> — <i>Programas.</i> —Dictando reglas sobre el estudio de ciertas asignaturas en las academias preparatorias. . . . .                                                                                                                                                                                                      | 501 |
| »            | 27 | <b>Hojas de servicio.</b> — <i>Supernumerarios.</i> — <i>Ultramar.</i> —Disponiendo que las hojas de servicios de los jefes y oficiales supernumerarios sin sueldo, con residencia en ultramar, se amplien anualmente por los capitanes generales de aquellos ejércitos. . . . .                                                            | 499 |
| »            | 30 | <b>Ingenieros.</b> — <i>Edificios.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Que no se consideren comprendidas en la clasificacion 4.ª del artículo 64 del reglamento para el servicio de las obras del cuerpo de ingenieros, más que las que afectan á la solidez de los edificios ó construcciones, ó que influyan en la seguridad de una plaza. . . . . | 564 |
| »            | 31 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Socorros.</i> —Que los socorros facilitados á los reclutas del segundo reemplazo del 85 que marcharon por exceder de la fuerza reglamentaria, se reclamen á la administración militar. . . . .                                                                                                                      | 565 |

1886.

|                 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Julio. . . . .  | 31 | <b>Ultramar.</b> — <i>Supernumerarios.</i> — <i>Regreso á la península.</i> — <i>Trasportes.</i> —Concediendo abono de pasaje de regreso á la península á los oficiales supernumerarios que hayan permanecido en ultramar los seis años reglamentarios. . . . . | 566 |
| Agosto. . . . . | 9  | <b>Trasportes.</b> — <i>Instruccion.</i> —Aprobando en concepto de provisionales las instrucciones para embarque y desembarque en ferrocarril de las tropas de á pié y montadas. . . . .                                                                        | 605 |
| »               | 10 | <b>Ultramar.</b> — <i>Abonos.</i> —Ampliando la real orden de 23 de julio de 1880 sobre abono por pases á ultramar. . . . .                                                                                                                                     | 628 |
| »               | 10 | <b>Suministros.</b> —Autorizando el suministro de avena y heno al ganado de los cuerpos del ejército. . . . .                                                                                                                                                   | 629 |
| »               | 11 | <b>Coleccion legislativa.</b> —Que los directores generales autoricen á los jefes de cuerpo, si lo estiman conveniente, para que las unidades orgánicas de los mismos se suscriban á la <i>Coleccion legislativa</i> . . . . .                                  | 573 |
| »               | 13 | <b>Personal del material.</b> — <i>Matrimonios.</i> —Que á los individuos del personal del material asimilados á la clase de sargentos, se les exima del depósito para contraer matrimonio. . . . .                                                             | 574 |
| »               | 16 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Ascensos.</i> —Modificando provisionalmente las condiciones para el ascenso de los cabos primeros y segundos. . . . .                                                                                                              | 579 |
| »               | 16 | <b>Justicia.</b> — <i>Sentenciados.</i> — <i>Ultramar.</i> —Que al ser destinado un individuo como sentenciado á ultramar, se acompañe á sus documentos el testimonio de condena. . . . .                                                                       | 631 |
| »               | 16 | <b>Academias.</b> — <i>Sargentos.</i> — <i>Programas.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Disponiendo la apertura de la academia de sargentos, y dictando reglas para llevarla á cabo. . . . .                                                                           | 632 |
| »               | 19 | <b>Destinos.</b> —Dictando disposiciones referentes al cambio de destino de jefes y oficiales. . . . .                                                                                                                                                          | 645 |
| »               | 19 | <b>Abonos.</b> —Concediendo abono de doble tiempo de campaña á varios jefes, oficiales y del cuerpo de ingenieros que concurrieron á la defensa de Bilbao. . . . .                                                                                              | 647 |
| »               | 20 | <b>Organizacion.</b> — <i>Gratificaciones.</i> —Determinando las gratificaciones que desde 1.º de setiembre del año actual han de disfrutar los tenientes coroneles y capitanes con destino en los cuerpos armados. . . . .                                     | 650 |
| »               | 21 | <b>Bibliotecas.</b> —Determinando los cuerpos que han de abonar cantidades para atender á los gastos de las bibliotecas militares. . . . .                                                                                                                      | 651 |
| »               | 26 | <b>Reemplazos.</b> — <i>Suministros.</i> — <i>Contabilidad.</i> — <i>Ultramar.</i> —Disponiendo que los suministros á los reclutas útiles condicionales para ultramar, se satisfagan por el tesoro de la península. . . . .                                     | 654 |
| »               | 27 | <b>Ingenieros.</b> — <i>Organizacion.</i> — <i>Reglamentos.</i> —Aprobando el reglamento para la organizacion y régimen de la brigada topográfica de ingenieros. . . . .                                                                                        | 739 |

1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|             |    |                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|-------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Agosto. . . | 31 | <b>Ultramar.</b> — <i>Sueldos.</i> —Sobre abono de sueldos á los jefes y oficiales ascendidos en ultramar. . . . .                                                                                                                                                 | 654 |
| »           | 31 | <b>Academias.</b> — <i>Clases de tropa.</i> — <i>Concursos.</i> —Disponiendo que los sargentos que estaban casados antes de la publicación del real decreto de 20 de julio de 1885, pueden tomar parte en los exámenes de ingreso en la academia especial. . . . . | 655 |
| »           | 31 | <b>Cruces.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Adicionando el artículo 25 del reglamento de la orden del Mérito militar. . . . .                                                                                                                                            | 743 |
| Setiembre   | 3  | <b>Armas.</b> — <i>Pavon.</i> — <i>Valoracion.</i> —Determinando la tarifa de precios que debe regir para el pavonado del cañon y bayoneta de las armas portátiles de fuego. . . . .                                                                               | 743 |
| »           | 3  | <b>Justicia.</b> — <i>Sentenciados.</i> — <i>Cuerpos disciplinarios.</i> — <i>Trasportes.</i> —Disponiendo sean cargo al presupuesto de Guerra los pasajes de individuos de tropa destinados á los batallones disciplinarios. . . . .                              | 744 |
| »           | 6  | <b>Organizacion.</b> — <i>Junta superior consultiva de Guerra.</i> —Ampliando el reglamento orgánico de la junta superior consultiva de Guerra con un artículo adicional al título primero, sobre clasificaciones de jefes y capitanes. . . . .                    | 745 |
| »           | 7  | <b>Trasportes.</b> — <i>Ultramar.</i> —Resolviendo que al pedir la aprobacion de pasajes para ultramar, concedido á viudas y familias de jefes y oficiales del ejército, se acompañen los documentos que acrediten el derecho. . . . .                             | 746 |
| »           | 7  | <b>Organizacion.</b> — <i>Caja general de ultramar y dependencias.</i> —Señalando nueva plantilla á la inspeccion general de la caja general de ultramar, depósitos de embarque y banderines. . . . .                                                              | 753 |
| »           | 11 | <b>Ultramar.</b> — <i>Trasportes.</i> — <i>Sargentos.</i> — <i>Familias.</i> —Determinando el pasaje que corresponde en su viaje á Filipinas á los sargentos del ejército y sus familias. . . . .                                                                  | 751 |
| »           | 11 | <b>Licencias absolutas.</b> —Dictando reglas para la expedicion de certificados de licencias absolutas á los licenciados del ejército. . . . .                                                                                                                     | 755 |
| »           | 18 | <b>Academia de sargentos.</b> — <i>Escribientes militares.</i> —Disponiendo que los individuos del cuerpo de escribientes militares no tienen derecho á ingresar en la academia especial de sargentos. . . . .                                                     | 757 |
| »           | 18 | <b>Reservas.</b> — <i>Revistas anuales.</i> —Dictando reglas para la revista anual reglamentaria que deben pasar los individuos de las reservas y reclutas disponibles. . . . .                                                                                    | 757 |
| »           | 21 | <b>Justicia.</b> — <i>Sentenciados.</i> —Determinando la situacion en que deben quedar los jefes y oficiales suspensos de sus empleos y los sueldos que han de disfrutar. . . . .                                                                                  | 760 |
| »           | 28 | <b>Contratos.</b> — <i>Fianzas.</i> —Trasladando la real orden de Hacienda, relativa á las fianzas depositadas como garantía de contratos. . . . .                                                                                                                 | 764 |

|           |    | Paginas<br>del tomo<br>III.                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1886.     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Setiembre | 20 | <b>Justicia.</b> — <i>Procedimientos.</i> —Aprobando la nueva ley de enjuiciamiento militar. . . . . 824                                                                                                                                                              |
| »         | 29 | <b>Destinos civiles.</b> — <i>Sargentos.</i> —Determinando la interpretacion que debe darse al artículo transitorio de la ley de 10 de julio de 1885, sobre concesion de destinos civiles á los sargentos. . . . . 784                                                |
| Octubre.  | 2  | <b>Reemplazos.</b> — <i>Ultramar.</i> — <i>Trasportes.</i> —Declarando abiertos nuevamente los embarques para ultramar. . . . . 776                                                                                                                                   |
| »         | 2  | <b>Academias.</b> — <i>Sargentos.</i> —Determinando el número de plazas de alumnos de la academia especial de sargentos, que han de distribuirse entre los sargentos de cada arma. . . . . 777                                                                        |
| »         | 5  | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Matrimonios.</i> —Dictando reglas para la aplicacion del real decreto de 20 de julio de 1885, sobre el modo en que pueden contraer matrimonio los sargentos. . . . . 778                                                                 |
| »         | 8  | <b>Ultramar.</b> — <i>Clasificacion.</i> —Derogando la real órden de 15 de abril último, y declarando en vigor el art. 28 de las instrucciones de 12 de enero de 1884, sobre el pase, permanencia y regreso de ultramar en los cuerpos de escala cerrada. . . . . 789 |
| »         | 9  | <b>Ingenieros.</b> — <i>Personal del material.</i> — <i>Ultramar.</i> —Modificando los artículos 44 y 45 del reglamento aprobado para el personal del material de ingenieros. . . . . 790                                                                             |
| »         | 12 | <b>Pases á Ultramar.</b> —Determinando las formalidades que han de llenarse para el pase voluntario á ultramar de los regresados de aquellos ejércitos por enfermos. . . . . 793                                                                                      |
| »         | 15 | <b>Matrimonios.</b> — <i>Documentacion.</i> —Disponiendo que los directores de las armas puedan dispensar á los individuos de tropa que no tengan grado de oficial, de la presentacion en tiempo oportuno de las partidas de casamiento. . . . . 796                  |
| »         | 16 | <b>Pases á ultramar.</b> —Haciendo extensivo á todos los cuerpos de escala cerrada el art. 8.º de las reales órdenes de 26 de julio y 9 de diciembre de 1884, sobre pase á ultramar de los oficiales de artillería. . . . . 797                                       |
| »         | 16 | <b>Justicia.</b> — <i>Penas.</i> —Determinando la pena que ha de imponerse á los individuos que por tercera vez cometan una de las faltas señaladas y castigadas en real órden de 13 de enero de 1879. . . . . 798                                                    |
| Octubre.  | 18 | <b>Pases á ultramar.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando los artículos 2 y 25 de las instrucciones de 12 de enero de 1884 para el pase, permanencia y regreso á los ejércitos de ultramar. . . . . 821                                                             |
| »         | 18 | <b>Indemnizaciones.</b> — <i>Gratificaciones.</i> —Disponiendo se abonen dos pesetas diarias en concepto de gratificacion por quebranto de moneda al pagador de ingenieros en la fortaleza de Isabel II de Mahon. . . . . 822                                         |
| »         | 22 | <b>Gratificaciones.</b> —Aclarando que las concedidas á los tenientes coroneles y capitanes de cuerpos armados, corres-                                                                                                                                               |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      | ponden á los que ejerzan destinos, y acompañando relacion de los que tienen derecho á ellas. . . . .                                                                                                                                                       | 897 |
| » 22 | <b>Reservas.—Sueldos.</b> —Disponiendo se abone el sueldo entero de su empleo á los oficiales de reserva que presten servicio activo, durante los dias que justifiquen haberlo prestado.. . . .                                                            | 892 |
| » 22 | <b>Gratificaciones.</b> —Determinando que las gratificaciones de mando de los tenientes coroneles y capitanes con destino en los cuerpos armados, son anexas al cargo, y acompañando nueva relacion de los que tienen derecho á ellas. .                   | 897 |
| » 23 | <b>Ultramar.—Recompensas.—Clasificaciones.</b> —Haciendo extensivas á ultramar dos reales órdenes que prohíben el curso de instancias en solicitud de recompensas ó mayor antigüedad. . . . .                                                              | 892 |
| » 25 | <b>Créditos.—Libranzas del giro mútuo.</b> —Trasladando la real orden de Hacienda por la que se dispone se hagan efectivas las libranzas que hayan caducado, y dictando reglas para facilitar el cobro de sus alcances á los soldados licenciados. . . . . | 895 |
| » 26 | <b>Abono de tiempo.—Educandos.—Retiros.</b> —Que á los ingresados en el servicio como educandos de trompeta, les sea de abono para los efectos de retiro el tiempo servido desde su ingreso como tales educandos. . . . .                                  | 964 |
| » 27 | <b>Abono de tiempo.—Retiros.</b> —Declarando de abono para los efectos de retiro el tiempo servido despues de haber cumplido la edad reglamentaria.. . . .                                                                                                 | 964 |
| » 27 | <b>Organizacion.—Sargentos.</b> —Trasladando el <i>real decreto</i> de la misma fecha reorganizando los cuadros de sargentos. .                                                                                                                            | 903 |
| » 27 | <b>Organizacion.—Clases de tropa.</b> —Trasladando el <i>real decreto</i> de esta fecha reorganizando los cuadros de las clases de tropa. . . . .                                                                                                          | 903 |
| » 28 | <b>Organizacion.</b> —Trasladando el <i>real decreto</i> de esta fecha creando el cuerpo auxiliar de administracion militar. . .                                                                                                                           | 908 |
| » 28 | <b>Organizacion.—Contabilidad.</b> —Instrucciones á que han de sujetarse los capitanes para la administracion de las unidades orgánicas de su mando. . . . .                                                                                               | 911 |
| » 28 | <b>Organizacion.</b> —Id. el id. de id. id., creando el cuerpo auxiliar de administracion militar. . . . .                                                                                                                                                 | 908 |
| » 28 | <b>Organizacion.—Contabilidad.</b> —Instrucciones á que deben sujetarse los capitanes de cuerpos armados para la administracion de las compañías ó unidades orgánicas de su mando.. . . .                                                                  | 911 |
| » 28 | <b>Organizacion.—Ingenieros.—Ultramar.</b> —Disponiendo que las vacantes de tenientes que ocurran en los batallones de ingenieros de Cuba y Filipinas, se provean en tenientes del cuerpo. . . . .                                                         | 967 |
| » 29 | <b>Organizacion.—Ingenieros.</b> —Disponiendo que la plaza de                                                                                                                                                                                              |     |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|             | porta-estandarte del regimiento de pontoneros sea desempeñada por un teniente del cuerpo. . . . .                                                                                                                                                                                                                 | 969 |
| Noviembre 3 | <b>Habilitados.</b> —Determinando la forma en que deben acreditar su nombramiento en las intendencias los habilitados de las clases militares. . . . .                                                                                                                                                            | 971 |
| » 3         | <b>Escuelas prácticas.</b> —Disponiendo asistan contingentes de las armas generales á las escuelas prácticas de ingenieros. . . . .                                                                                                                                                                               | 971 |
| » 4         | <b>Correspondencia oficial.</b> — <i>Telegramas.</i> —Disponiendo que en los telegramas oficiales se emplee un lenguaje conciso, suprimiendo títulos y tratamientos, y que sólo se haga uso del telégrafo para asuntos que no den lugar á esperar el correo. . . . .                                              | 985 |
| » 7         | <b>Edificios.</b> —Disponiendo se practique lo mandado respecto á la revista mensual de cuarteles, y á la manera de sufragar los gastos que se originan por el arreglo de desperfectos en los mismos. . . . .                                                                                                     | 987 |
| » 8         | <b>Justicia.</b> — <i>Juicios orales.</i> — <i>Trasportes.</i> —Determinando por quién han de sufragarse los gastos de manutencion y transporte de los individuos del ejército que comparezcan á juicios orales. . . . .                                                                                          | 988 |
| » 8         | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Reenganches.</i> — <i>Pluses.</i> —Disponiendo que á los sargentos á quienes se concedió reenganche con arreglo al real decreto de 20 de julio de 1885, se les abonen premio y pluses por el tiempo servido desde que cumplieron sus anteriores compromisos. . . . .                 | 999 |
| » 9         | <b>Municiones.</b> — <i>Reglamentos.</i> — <i>Academias.</i> —Determinando la forma de reclamar las municiones para los alumnos de las academias militares. . . . .                                                                                                                                               | 993 |
| » 9         | <b>Edificios.</b> —Disponiendo se formulen presupuestos para construir pabellones con destino á jefes y oficiales que mandan tropas, y que se arrienden habitaciones al efecto, donde no sea posible construir aquéllos. . . . .                                                                                  | 994 |
| » 10        | <b>Reservas.</b> — <i>Hospitalidades.</i> —Declarando no tienen derecho á hospitalidades los soldados que disfruten licencia ilimitada dentro del tercer año de servicio activo, ni los que pertenezcan á la primera ó segunda reserva sin goce de haberes. . . . .                                               | 995 |
| » 10        | <b>Sueldos.</b> — <i>Descuentos.</i> — <i>Deudas.</i> —Que la real orden de 10 de setiembre de 1885, disponiendo que los descuentos por deudas se depositen en las cajas de los cuerpos y habilitaciones de reemplazo á disposicion de los acreedores, se observe en la península y ejército de ultramar. . . . . | 966 |
| » 11        | <b>Academia especial de sargentos.</b> — <i>Concursos.</i> —Aclaracion á la real orden de 3 del actual sobre distribucion del número de plazas de alumnos. . . . .                                                                                                                                                | 997 |
| » 11        | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Reenganches.</i> —Aclaracion al art. 23 del                                                                                                                                                                                                                                          |     |

:

1886.

Páginas  
del tomo  
III.

|           |    |                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
|-----------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|           |    | real decreto de 27 de octubre último sobre reorganizacion de las clases de tropa. . . . .                                                                                                                                                         | 1021 |
| Noviembre | 12 | <b>Direcciones generales.</b> — <i>Sucesion de mando.</i> —Disponiendo que en ausencia accidental de los directores de las armas é institutos, les sustituyan en el mando los secretarios respectivos. . . . .                                    | 997  |
| »         | 13 | <b>Clases de tropa.</b> — <i>Cruces.</i> — <i>Pensiones.</i> —Sobre abono de pension de cruces á los sargentos que obtengan destinos civiles. . . . .                                                                                             | 998  |
| »         | 13 | <b>Ultramar.</b> — <i>Reemplazos.</i> — <i>Filiaciones.</i> —Disponiendo que la relacion filiada de los soldados destinados á ultramar, á que se refiere la real orden de 4 de mayo de este año, se sustituya con las medias filiaciones. . . . . | 1022 |
| »         | 16 | <b>Cruces.</b> — <i>Pensiones.</i> —Señalando plazo para pedir el ingreso en la escala de aspirantes á pension de la cruz de San Hermenegildo. . . . .                                                                                            | 1001 |
| »         | 17 | <b>Hojas de servicios.</b> — <i>Reglamentos.</i> —Modificando los artículos 37 y 47 de las instrucciones para la redaccion de las hojas de servicios de los jefes y oficiales. . . . .                                                            | 1002 |
| »         | 21 | <b>Abonos.</b> — <i>Primera puesta.</i> —Disponiendo se abone el importe de primera puesta á un soldado del tercer regimiento de zapadores-minadores, y á los que se hallen en su caso. . . . .                                                   | 1034 |
| »         | 22 | <b>Reales despachos.</b> —Dictando reglas para la expedicion de reales despachos duplicados, y certificados de los mismos. . . . .                                                                                                                | 1034 |
| »         | 27 | <b>Retiros.</b> — <i>Indígenas de Filipinas.</i> —Dando reglas para la concesion de retiro á los individuos del personal del material de Filipinas, que sean del país. . . . .                                                                    | 1042 |
| »         | 30 | <b>Retiros.</b> —Declarando que la situacion de retiro es definitiva, en tiempo de paz, salvo error en las condiciones de su declaracion, y que el señalamiento de haber provisional es alterable por la clasificacion definitiva. . . . .        | 1044 |

---

Terminamos aquí el índice, por este año, en vista del gran número de páginas que va á tener el tomo III de la *Coleccion Legislativa del Ejército*, y de que no terminará lo relativo á diciembre hasta bien entrado el año de 1887.

