



AÑO LXXV

MADRID.= SEPTIEMBRE DE 1920.

NÚM. IX

## CALCULO DE PILARES DE CEMENTO ARMADO

### I

#### Fórmulas y datos.

Informado en el mismo criterio que expusimos en nuestro trabajo sobre el cálculo de vigas de cemento armado, publicado en el MEMORIAL de diciembre de 1918, sometemos hoy al juicio de los lectores de esta Revista el siguiente, que se refiere al cálculo de pilares y columnas del material citado, utilizando la fórmula de Rankine

$$R'_e = \frac{P}{S} \left( 1 + B \frac{S \cdot l^2}{I} \right), \quad [1]$$

combinada con la francesa

$$R'_m = R'_n \left( 1 + m' \frac{v'}{v} \right), \quad [2]$$

cuyos simbolos representan:

$P$  = carga de compresión que actúa sobre el pilar, centrada con su eje.

$S = S_c + m S_f$  = sección del pilar homogeneizada, siendo  $S_c$  y  $S_f$  las respectivas del hormigón y de las armaduras longitudinales y  $m =$

$$= \frac{E'_f}{E'_c} = 15.$$

$I = I_c + m I_f =$  momento mínimo de inercia de la sección transversal, homogeneizado en la misma forma que  $S$ .

$l =$  longitud o altura del pilar.

$v' =$  volumen de metal, en la unidad de longitud, correspondiente a las armaduras transversales o estribos.

$v =$  volumen de hormigón en la misma longitud.

$R'_n =$  coeficiente de trabajo ordinario del hormigón, sin tener en cuenta el refuerzo que le proporcionan las armaduras transversales; le llamaremos *normal* para distinguirlo de los dos siguientes.

$R'_m =$  coeficiente de trabajo *máximo* a que permite llegar el refuerzo de los estribos en el pilar.

$R'_e =$  coeficiente de trabajo *efectivo* que le resulta al hormigón por efecto de la compresión directa que soporta y de la flexión lateral, cuando ésta exista.

$B =$  coeficiente numérico que para el caso de pilares de bases planas o empotrados en sus dos extremos, a los que siempre nos referiremos, es  $B = 0,00005$ .

$m' =$  coeficiente práctico, función de la separación de los estribos; en todos nuestros cálculos consideraremos como separación normal de dichas armaduras transversales el tercio del lado menor de la escuadría de los pilares, o el tercio del diámetro en las columnas, dándole a  $m'$  el valor  $m' = 16$ .

Emplearemos, además, las notaciones siguientes:

$R''_n = P : S =$  coeficiente de compresión directa, que deberá ser igual a  $R'_e$ , cuando no exista la flexión lateral.

$r = R''_n : R'_n =$  relación entre el coeficiente de compresión directa y el normal del hormigón.

$a =$  lado menor de la sección transversal en los pilares rectangulares, lado único de las secciones cuadradas y diámetro de las columnas o pilares circulares.

$b =$  lado mayor de las escuadrías rectangulares.

$\rho = b : a$ ; para los pilares cuadrados  $\rho = 1$ .

$\delta =$  proporción de metal de las armaduras longitudinales en la sección transversal de los pilares, expresada en *tantos por ciento* de la sección de hormigón,  $S_f = \frac{\delta \cdot S_c}{100}$ .

$\omega =$  sección de los estribos correspondiente a la separación normal indicada  $\left(\frac{1}{3} a\right)$ .

$\bar{R}'_c =$  coeficiente de fractura del hormigón, sin el refuerzo de los estribos.

Las armaduras longitudinales se suponen repartidas regularmente en el perímetro, de modo que sus centros estén sobre un cuadrado, rectángulo o circunferencia, concéntricos con la sección del pilar y cuyas dimensiones o diámetro sean  $a' = \frac{3}{4} \cdot a$  y  $b' = \frac{3}{4} \cdot b$ . En los pilares rectangulares y circulares se pondrá un mínimo de seis barras; en los cuadrados de pequeñas dimensiones pueden reducirse a cuatro el número de barras longitudinales.

Se dijo que para los estribos adoptábamos, como separación normal, el tercio de  $a$ ; si por tratarse de pilares pequeños, o por cualquier otra causa, pudiera parecer engorrosa esta separación, se elevará a  $\frac{1}{2} a$  y hasta el valor  $a$ , pero teniendo presente que la separación  $\frac{1}{2} a$  exige duplicar la sección  $\omega$  de los estribos, con relación a la adoptada como normal, y la separación  $a$  necesita la sección  $6 \omega$  para producir análogos refuerzos.

La forma de los estribos será la conveniente para abrazar a las barras longitudinales: esto, en los pilares cuadrados, se consigue con una longitud, en cada estribo, igual a  $3,5 \cdot a$ ; en los circulares, con el largo  $2,75 \cdot a$ , y en los rectangulares, por la conveniencia de arriostrar los lados mayores con alguna rama intermedia del estribo, se les supondrá con una longitud igual a  $3,5 \cdot b$ .

El arrollamiento en hélice de las armaduras transversales, produce economía de metal a igualdad de resistencia y está indicada su aplicación para pilares y columnas de grandes dimensiones; cuando se emplee este procedimiento se dará a la varilla de la hélice una sección *tercera parte* de la normal  $\omega$ , disponiéndola de modo que su paso quede comprendido entre la cuarta y la quinta parte de la dimensión  $a$ .

Antes de exponer las fórmulas de aplicación, concretadas a los datos expresados, vamos a hacer algunas consideraciones sobre los coeficientes de trabajo del hormigón que figuran en nuestro estudio.

El  $R'_n$  normal, dependerá de las condiciones del material, principalmente de la proporción de cemento del hormigón; en todo caso, le supondremos  $\frac{1}{4}$  del de fractura  $\bar{R}_c$  obtenido a los veintiocho días de formadas las probetas reglamentarias de ensayo y generalmente estará comprendido entre 25 y 35 kg.  $\times$  cm.<sup>2</sup>

La colocación de los estribos, de sección  $\omega$ , espaciados como se ha dicho, eleva el coeficiente de trabajo admisible, con arreglo a la fórmula [2], hasta el valor  $R'_m = r_1 \cdot R'_n$ ; pero este aumento no es indefinido, por

estar limitado prácticamente por las dos condiciones siguientes: 1.<sup>a</sup>, que el valor de  $R'_n$  no exceda de 0,5 ó 0,6  $\bar{R}'_c$  y como  $R'_n = \frac{1}{4} \cdot \bar{R}'_c$ , esta condición equivale a hacer que el factor  $r_1 = 1 + m' \frac{v'}{v}$  no exceda de 2 ó 2,4; 2.<sup>a</sup>, que el volumen de metal de las armaduras transversales en una longitud determinada del pilar, por ejemplo, la unidad, no exceda del triplo del volumen de las longitudinales en el mismo espacio.

Cuando no hay peligro de flexión lateral  $\left(\frac{l}{a} < 20\right)$  se reduce el papel de los estribos a aumentar el coeficiente de compresión directa, dentro del límite señalado, desde  $R'_n$  a  $R''_n = \frac{P}{S} = r \cdot R'_n$ ; pero cuando sea necesario tener en cuenta aquella acción  $\left(\frac{l}{a} \geq 20\right)$  pueden cumplir el doble papel de aumentar dicho coeficiente, no sólo hasta el valor  $R''_n$  expresado, sino hasta el  $R'_c = R''_n \left(1 + B \frac{S \cdot l^2}{I}\right)$ , que exige la presencia de la flexión lateral, siendo evidente que si esta última acción es grande, por tener el pilar una altura desproporcionada, podrá limitarse el empleo de los estribos a esta segunda misión; de aquí la conveniencia de disponer de fórmulas que, independientemente una de otra, nos den los dos sumandos de la sección  $\omega$  de los estribos: el primero,  $\omega_1$ , que exprese simplemente la parte de dicha sección necesaria para pasar de  $R'_n$  a  $R''_n = r \cdot R'_n$ , el coeficiente de compresión directa, y el segundo,  $\omega_2$ , la necesaria para contrarrestar la flexión lateral, si existe, y aplicar la suma  $\omega = \omega_1 + \omega_2$  cuando se quieran conseguir simultáneamente los dos efectos.

Hechas estas consideraciones, pasemos a exponer las fórmulas que proponemos, como equivalentes a las fundamentales establecidas y cuyo uso, combinado con el de las tablas y cuadros que se insertan al final, permitirá resolver directamente los problemas del cálculo de pilares cuadrados, rectangulares y circulares. Por carecer de interés práctico, prescindimos de los detalles de las transformaciones que a las fórmulas siguientes nos han conducido, teniendo en cuenta los datos que se han sentado:

$$P = r \cdot R'_n \cdot \rho \cdot F(\phi) \cdot a^3; \quad [3]$$

$$\omega_1 = 0,006 (r - 1) \cdot a^3; \quad [4]$$

$$\omega_2 = r \cdot f(\phi) \cdot l^3; \quad [5]$$

siendo

$$F(\delta) = 1 + 0,15 \cdot \delta \quad \text{y} \quad f(\delta) = 0,0001143 \frac{1 + 0,15 \cdot \delta}{32 + 8,10 \cdot \delta}$$

para los pilares cuadrados y rectangulares, y

$$F(\delta) = \frac{\pi}{4} (1 + 0,15 \cdot \delta) \quad \text{y} \quad f(\delta) = 0,0001524 \frac{1 + 0,15 \cdot \delta}{32 + 5,40 \cdot \delta}$$

en los pilares circulares.

Las tablas I y II del final contienen los valores de estas funciones, correspondientes a los más usuales de  $\delta$ , y la regularidad de los mismos indica que se pueden hacer interpolaciones, cuando sean necesarias, sin peligro de sensibles inexactitudes. Los valores de  $f(\delta)$  aparecen multiplicados por  $10^4$ , para evitar la escritura de cuatro ceros en su parte decimal y para aplicarlos en la ecuación [5], tal como los da la tabla, con la precaución de expresar la altura  $l$  en metros y las demás magnitudes geométricas en centímetros.

A las ecuaciones principales [3], [4] y [5], se deben unir las sencillas relaciones siguientes, que se utilizan para completar los elementos de los pilares calculados:

$$b = \rho \cdot a, \quad S_c = \rho \cdot a^2 \quad \text{ó} \quad S_c = \frac{\pi a^2}{4}, \quad S_f = \frac{\delta S_c}{100} \quad \text{y} \quad \omega = \omega_1 + \omega_2, \quad [6]$$

debiendo advertir que el factor  $\rho$  de la fórmula [3] se supondrá igual a la unidad, no sólo en los pilares cuadrados, sino también en los circulares, donde dicho factor no tiene significación alguna.

Del mismo modo se tendrán en cuenta las dos condiciones antes expresadas para limitar la cantidad de metal que puede emplearse en las armaduras transversales; la primera, ciñéndonos al caso de hacer que el  $R'_c$  no exceda de  $0,5 \bar{R}'_c$ , equivale a  $\omega \leq \frac{a^2}{168}$  y la segunda a  $\omega \leq \frac{\delta a^2}{350}$ , tanto para los pilares cuadrados y rectangulares, como en los circulares.

Para valores de  $\delta$  iguales o menores que el 2 por 100 (exactamente 2,08 por 100) se atenderá a la segunda condición, que da un límite más pequeño; para valores de  $\delta$  mayores que el 2 por 100 deberemos regirnos por la primera, es decir, que será

$$\left. \begin{array}{l} \text{máximo de } \omega \text{ para } \delta > 2 \text{ por } 100 \dots\dots \omega = \frac{a^2}{168} \\ \text{máximo de } \omega \text{ para } \delta \leq 2 \text{ por } 100 \dots\dots \omega = \frac{\delta a^2}{350} \end{array} \right\} [7]$$

Aun cuando la equivalencia de las ecuaciones expuestas, con las fundamentales [1] y [2], podría eximir de hacer comprobaciones, no están es-

tas de más, como medio de advertir cualquier error de cálculo, y para facilitarlas, presentamos dichas fórmulas transformadas en

$$R'_e = \frac{P}{S} \left( 1 + B' \cdot \frac{l^2}{a^2} \right) \quad [8]$$

$$R'_m = R'_n \left( 1 + \frac{168 \cdot \omega}{a^2} \right) \quad [9]$$

siendo  $B' = 168 \times f(\delta)$  en las tres clases de pilares a que nos estamos refiriendo y dándole, como a  $B$ , el valor *cero* cuando se trate de casos en que no deba tenerse en cuenta la flexión lateral.

Las tablas I y II contienen en su última columna los valores de  $10^4 \times B'$ , correlativos con los usuales de  $\delta$ , debiendo hacerse sobre el factor  $10^4$ , que acompaña a  $B'$ , la misma observación que antes se hizo sobre los valores de  $f(\delta)$  en las mismas tablas.

Otro punto de vista que nos resta examinar, es el económico, sobre el cual no tenemos más que advertir que el precio de los pilares depende principalmente de la proporción de metal  $\delta$  de las armaduras longitudinales y de la sección  $\omega$  de los estribos, siendo más económico el pilar que menos metal contenga a igualdad de resistencia, por la diferencia tan grande que existe entre los precios del hormigón y del hierro, que no permite compensar con las reducciones del primer material los aumentos del segundo; claro es que puede haber circunstancias en que convenga reducir en lo posible las escuadrias y en estos casos, se forzarán cuanto se quiera los valores de  $\delta$  y se llevará al límite la sección de los estribos; pero no siendo así, lo conveniente, desde este punto de vista, es adoptar pequeños valores de  $\delta$  (0,50 a 1 por 100) y reducir también, en lo que el cálculo permita, la sección de las armaduras transversales: barras de 8 a 10 milímetros de diámetro en las armaduras longitudinales y alambre de 4 a 5 milímetros en los estribos, es un mínimo aceptable para la mayoría de los casos.

Como todas estas condiciones pueden influir en dar por bueno o no un pilar calculado, particularmente las que fijan los límites máximos de  $\omega$  (condiciones [7]), será conveniente tener un medio de conocer, desde el primer elemento que se calcule (que será el lado o diámetro  $a$  del pilar) si dichas condiciones se cumplen, y para este efecto hemos tomado por base la relación  $r = R''_n : R'_n$ , que figura en las tres fórmulas principales [3], [4] y [5], y visto que los valores de esta variable que dan a  $\omega$  el máximo admisible, dentro de las condiciones [7], están expresados por las fórmulas

$$\left. \begin{aligned}
 r &= \frac{2,10 + \delta}{2,10 + 350 \cdot f(\delta) \cdot \left(\frac{l}{a}\right)^2} && \text{para } \frac{l}{a} \geq 20 \\
 r &= \frac{2,10 + \delta}{2,10} && \text{para } \frac{l}{a} < 20
 \end{aligned} \right\} \delta \geq 2 \text{ por } 100,$$

$$\left. \begin{aligned}
 r &= \frac{2}{1 + 168 \cdot f(\delta) \cdot \left(\frac{l}{a}\right)^2} && \text{para } \frac{l}{a} \geq 20 \\
 r &= 2 && \text{para } \frac{l}{a} < 20
 \end{aligned} \right\} \delta > 2 \text{ por } 100,$$

y al final insertamos dos cuadros que contienen estos valores *críticos* de  $r$  para los usuales de  $\delta$  y  $\frac{l}{a}$  en los pilares cuadrados, rectangulares y circulares. Todo valor de  $r$  que exceda de los que en cada caso señalen estas fórmulas o los cuadros 1.º y 2.º del final, dejará incumplida alguna o las dos de las condiciones [7]; por el contrario los valores por defecto del crítico de  $r$ , proporcionarán pilares que cumplen todas las condiciones mecánicas, necesarias para la resistencia, en consonancia con las cargas, alturas y demás datos que se fijen de antemano, y únicamente cuando se quieran determinar escuadrias mínimas, a costa de la economía, será preciso hacer un pequeño tanteo, en la forma que se indicará, para dar a  $r$  el valor crítico mencionado.

Generalmente se empezará (a menos de circunstancias muy expresivas) por suponer  $R''_n = R'_n$  ( $r = 1$ ), confiando a los estribos, como única misión, la de contrarrestar los efectos de la flexión lateral, debiendo, en cuanto se conozca  $\frac{l}{a}$ , examinar los cuadros 1.º ó 2.º, para adquirir el convencimiento de que no nos hemos excedido en el valor de  $r$ ; si ocurriera ese caso, no hay más que tomar un valor menor y repetir el cálculo del lado o diámetro  $a$ , único elemento que se precisa para conocer la relación  $\frac{l}{a}$  y efectuar estas comprobaciones.

Pudiera parecer extraño el dar a  $r$  valores menores que la unidad, que dan para  $\omega_1$ , en la ecuación [4], valores negativos; este resultado tiene perfecta interpretación mecánica e indica que, cuando dicha circunstancia se presente, no bastan los estribos (con las limitaciones establecidas) para contrarrestar los efectos de la flexión lateral y es preciso disminuir el coeficiente de compresión directa  $R''_n = \frac{P}{S}$ , haciendo que

sea menor que  $R'_n$  ( $r < 1$ ), para que esta disminución de trabajo compense el exceso de la flexión lateral sobre el refuerzo de los estribos; las fórmulas se aplicarán independientemente de esta circunstancia, resultando en estos casos  $\omega = \omega_2 - \omega_1$ . Los ejemplos y comprobaciones que a continuación se estudian, nos demostrarán la generalidad de las mismas para los tipos de pilares señalados, siendo evidente que cuando no exista la flexión lateral no puede hacerse  $r < 1$ .

Como medio para hacer rápidamente la comparación del coste de dos tipos de pilar de la misma resistencia, nos vamos a valer del volumen *homogeneizado* desde el punto de vista económico, por unidad de longitud, dándole el nombre de *módulo económico* del tipo correspondiente; dicho volumen lo formaremos sumándole al efectivo del hormigón,  $v_c = \hat{S}_c \times 1 = S_c$ , el del metal de las dos armaduras, en la misma longitud, multiplicado por la relación  $K$  de costo entre volúmenes iguales de metal y hormigón; esta relación tiene valores muy distintos en las diferentes localidades y está sujeta, naturalmente, a las oscilaciones de los precios de los materiales y composición del hormigón; en cada caso, se aplicará el que corresponda y nosotros utilizaremos en los ejemplos que siguen el valor  $K = 100$ , siendo expresión de dicho módulo, las fórmulas

$$\left. \begin{aligned} \mu &= S_c + K \cdot (S_f + 10,5 \cdot \rho \cdot \omega) \\ \text{para pilares cuadrados y rectangulares, y} \\ \mu &= S_c + K \cdot (S_f + 8,25 \cdot \omega) \\ \text{para los circulares.} \end{aligned} \right\} [10]$$

Multiplicando el valor de este módulo por el precio de la unidad de volumen del hormigón ( $\text{cm}^3$ ), se obtendrá, cuando se desee, el precio por unidad lineal de los pilares correspondientes, en lo que se refiere al coste intrínseco del hormigón y metal, a cuyo coste habrá que unir el de los medios auxiliares y detalles accesorios que exige la terminación completa del pilar, que pueden considerarse iguales en los tipos de la misma resistencia.

Y, por último, algunas veces podrá convenir el fijar de antemano la sección  $\omega$  de los estribos para constituir estas armaduras con barras o alambres determinados y en tales casos la relación  $r = R''_n / R'_n$  que debe aplicarse, está dada por la raíz positiva de la ecuación

$$f(\delta) l^2 \cdot r^2 + (g - \omega) \cdot r - g = 0, \quad [11]$$

siendo  $g$ , en función de los datos,

$$g = \frac{0,006 \cdot P}{\rho \cdot F(\delta) \cdot R'_n}$$

## II

**Aplicaciones.**

1.º *Calcular un pilar de sección cuadrada de 8 metros de altura, carga  $P = 14560$  kg. y  $R'_n = 28$  kg.  $\times$  cm.<sup>2</sup>, queriendo obtener en las armaduras longitudinales la proporción de metal  $\delta = 2$  por 100.*

Empecemos suponiendo  $R''_n = R'_n = 28$  kg.  $\times$  cm.<sup>2</sup> ( $r = 1$ ) y escribamos, tomándolos de la tabla I, los valores

$$F(\delta) = 1,30, \quad f(\delta) \times 10^4 = 0,0308, \quad B' \times 10^4 = 5,174.$$

De la ecuación [3] se deduce el valor de

$$a = \sqrt{\frac{14560}{1,30 \times 28}} = \sqrt{400} = 20 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad \frac{l}{a} = \frac{800}{20} = 40.$$

Antes de continuar efectuando más operaciones se verá el cuadro 1.º del final, para comparar el valor crítico de  $r$ , que es en este caso  $r' = 1,07$ , con el señalado  $r = 1$ , y siendo  $r < r'$  daremos por bueno el cálculo efectuado, pasando a la determinación de los demás elementos del pilar con las ecuaciones [4] y [5] y relaciones [6], obteniéndose:

$$\omega_1 = 0 \quad \text{y} \quad \omega = \omega_2 = f(\delta) \cdot l^2 = 0,0308 \times 64 = 1,97 \text{ cm.}^2$$

$$S_c = 400 \text{ cm.}^2, \quad S_f = \frac{\delta S_c}{100} = 8 \text{ cm.}^2, \quad S = S_c + 15 \cdot S_f = 520 \text{ cm.}^2$$

Para comprobar estos resultados se llevarán a las fórmulas [1] y [2] o a sus equivalentes [8] y [9] y se verá que los dos coeficientes  $R'_e$  y  $R'_m$  son iguales, como debe ser, sin llegar  $R'_e$  a  $0,50 \bar{R}'_e = 2 \cdot R'_n = 56$  kilogramos  $\times$  cm.<sup>2</sup>, ni el volumen de los estribos, por unidad de longitud, al triplo de el de las armaduras longitudinales.

Dichos valores de  $R'_e$  y  $R'_m$  son

$$R'_e = \frac{14560}{520} \left( 1 + 5,174 \frac{64}{400} \right) = 28 \times 1,83 = 51,24 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

y

$$R'_m = 28 \left( 1 + \frac{168 \times 1,97}{400} \right) = 28 \times 1,83 = 51,24 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

La condición relativa al volumen de metal en las armaduras, se reduce a

$$\omega < \frac{\epsilon \cdot a^2}{350} = \frac{800}{350} = 2,28 \text{ cm.}^2$$

que se cumple por ser  $\omega = 1,97 \text{ cm.}^2$

El arrollamiento en hélice de la armadura transversal sólo exigiría una sección, tercio de la anterior, con un paso de 4 a 5 centímetros.

El módulo económico del tipo calculado es (fórmula [10]-1.<sup>a</sup>)

$$\mu = 400 + 100(8 + 10,5 \times 1,97) = 3269 \text{ cm.}^2,$$

y en confirmación de lo dicho anteriormente, vamos a calcular el mismo pilar con menor proporción de metal, haciendo  $\epsilon = 1$  y  $r = 0,75$ , para ver la reducción que se obtiene en el módulo económico, a costa del pequeño aumento que experimentarán los lados de la escuadría del pilar.

Para  $\epsilon = 1$  se tienen en la tabla I,

$$F(6) = 1,150, \quad 10^4 \times f(6) = 0,0328, \quad 10^4 \times B' = 5,510,$$

siendo

$$a = \sqrt{\frac{14560}{0,75 \times 1,15 \times 28}} = \sqrt{603} = 24,56 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad \frac{l}{a} = 32,5,$$

viéndose en el cuadro 1.<sup>o</sup> del final, que el valor crítico de  $r$  para esta relación  $\frac{l}{a}$  y  $\epsilon = 1$ , estará comprendido entre 0,88 y 1, siendo por consiguiente menor que él el adoptado  $r = 0,75$ .

Los restantes elementos del pilar son:

$$\omega_1 = -0,006 \times 0,25 \times 603 = -0,90 \text{ cm.}^2, \quad \omega_2 = 0,75 \times$$

$$\times 0,0328 \times 64 = 1,57 \text{ cm.}^2,$$

$$\omega = \omega_2 - \omega_1 = 0,67 \text{ cm.}^2, \quad S_c = 603 \text{ cm.}^2, \quad S_f = 6,03 \text{ cm.}^2$$

$$\text{y} \quad \delta = 693,45 \text{ cm.}^2$$

La comprobación de los coeficientes de trabajo nos da

$$R'_e = \frac{14560}{693,45} \left( 1 + 5,51 \times \frac{64}{603} \right) = 21 \times 1,585 = 33,30 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

y

$$R'_m = 28 \left( 1 + \frac{168 \times 0,67}{603} \right) = 28 \times 1,189 = 33,30 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

El módulo económico de este segundo tipo es

$$\mu = 603 + 100 \times (6,03 + 10,5 \times 0,67) = 1912 \text{ cm.}^3$$

con una diferencia, a su favor, respecto del anterior, de 1359 cm.<sup>3</sup>

2.º Calcular un pilar de sección cuadrada de 3 metros de altura,  $P = 20000 \text{ kg.}$ ,  $R'_n = 25 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$ , dándole la escuadría mínima que corresponda a la proporción  $\epsilon = 3$  por 100.

En este caso debe forzarse el metal de los estribos hasta dar a  $r$  el valor crítico que le corresponda; por la pequeña altura del pilar es de suponer que no sea de temer la flexión lateral y por este motivo empezaremos dando a  $r$  el valor que le señala el cuadro 1.º para  $\epsilon = 3$  y  $\frac{l}{a} < \sqrt{20}$ , sin [perjuicio de rectificarlo, si ha lugar a ello; dicho valor es  $r = 2$ , que corresponde a  $R''_n = 2 \times 25 = 50 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$ , la expresión  $F(\epsilon)$  es ahora (tabla I),  $F(\epsilon) = 1,45$ , y con estos datos se deduce (ecuación [3]),

$$a = \sqrt{\frac{20000}{2 \times 1,45 \times 25}} = \sqrt{276} = 16,60 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad \frac{l}{a} = \frac{300}{16,6} = 18 < 20;$$

los restantes elementos del pilar serán

$$S_c = 276 \text{ cm.}^2, S_f = 8,28 \text{ cm.}^2, S = 400 \text{ cm.}^2 \quad \text{y} \quad \omega = \omega_1 = 0,006 \times 1 \times 276 = 1,65 \text{ cm.}^2$$

Su comprobación se obtiene con las fórmulas [8] y [9], que dan

$$R'_e = \frac{20000}{400} = 50 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

y

$$R'_m = 25 \left( 1 + \frac{168 \times 1,65}{276} \right) = 25 \times 2 = 50 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2,$$

viéndose también que quedan cumplidas las condiciones [7] y habiendo llevado los valores de  $R'_e$  y  $R'_m$  al máximo de  $0,50 \bar{R}'_e = 50 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$ ; el módulo económico de este pilar es

$$\mu = 276 + 100(8,28 + 10,5 \times 1,65) = 2836 \text{ cm.}^3$$

3.º Calcular un pilar rectangular de 6 metros de altura,  $P = 30000 \text{ kg.}$ ,  $R'_n = 25 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$ ,  $\epsilon = 1,50$  por 100 y se desea que los lados de la escuadría estén en la relación  $\rho = \frac{5}{4} = 1,25$ .

Hagamos, provisionalmente,  $r = 1$  y por ser ahora

$$F(\epsilon) = 1,225, \quad f(\epsilon) \cdot 10^4 = 0,0317 \quad \text{y} \quad B' \cdot 10^4 = 5,326,$$

tendremos

$$a = \sqrt{\frac{30000}{1,225 \times 1,25 \times 25}} = \sqrt{784} = 28 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad \frac{l}{a} = \frac{600}{78} = 21,4.$$

Llevando este resultado al cuadro 1.º del final, se ve que el valor señalado a  $r$  es menor que el crítico correspondiente a  $\epsilon = 1,50$  y  $\frac{l}{a} = 21,4$ , siendo, por consiguiente, aceptable.

Los demás elementos del pilar son

$$b = \rho \cdot a = 1,25 \times 28 = 35 \text{ cm.}, \quad S_c = \rho \cdot a^2 = a \cdot b = 980 \text{ cm.}^2,$$

$$S_f = 14,70 \text{ cm.}^2, \quad S = 1200 \text{ cm.}^2, \quad \omega_1 = 0 \text{ y } \omega = \omega_2 = 0,0317 \times 36 = 1,14 \text{ cm.}^2$$

Comprobación:

$$R'_c = \frac{30000}{1200} \left( 1 + 5,326 \frac{36}{784} \right) = 25 \times 1,245 = 31,125 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

$$R'_m = 25 \left( 1 + \frac{168 \cdot 1,14}{784} \right) = 25 \times 1,245 = 31,125 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

El módulo económico de este tipo es

$$\mu = 980 + 100 (14,70 + 10,5 \times 1,25 \times 1,14) = 3946 \text{ cm.}^3$$

Llevando el valor de  $r$  al valor crítico  $r = 1,30$  se obtiene un pilar de menor escuadría ( $24,6 \times 30,8$  cm.), pero cuyo módulo económico se elevaría a

$$\mu = 758 + 100 (11,35 + 10,5 \times 1,25 \times 2,57) = 5266 \text{ cm.}^3$$

4.º Calcular una columna de cemento armado de 7 metros de altura,  $P = 24390$  kilogramos,  $\epsilon = 1$  por 100 y  $R'_n = 30$  kilogramos  $\times$  cm.<sup>2</sup>.

Las expresiones  $F(\epsilon)$ ,  $f(\epsilon)$  y  $B'$  tienen para  $\epsilon = 1$  los valores siguientes, según la tabla II:

$$F(\epsilon) = 0,9032, \quad 10^4 \times f(\epsilon) = 0,04686 \text{ y } 10^4 \times B' = 7,872.$$

Hagamos  $r = 1$  y tendremos, con la ecuación [3],

$$a = \sqrt{\frac{24930}{0,9032 \times 25}} = \sqrt{900} = 30 \text{ cm. y } \frac{l}{a} = \frac{700}{30} = 23,3,$$

viéndose en el cuadro 2.º que, para este valor de  $\frac{l}{a}$  y  $\delta = 1$ , corresponde a  $r$  un valor crítico mayor que el adoptado, siendo, por tanto, aceptable el diámetro calculado a  $\times 30$  centímetros.

Los restantes elementos de la columna que interesa conocer son, aplicando las ecuaciones [4] y [5] y relaciones [6]:

$$S_c = 707 \text{ cm.}^2, S_f = 7,07 \text{ cm.}^2, S = 813 \text{ cm.}^2, \omega_1 = 0 \text{ y } \omega = \omega_2 = 2,30 \text{ cm.}^2.$$

Comprobación:

$$R'_e = \frac{24930}{813} \left( 1 + 7,872 \frac{49}{900} \right) = 30 \times 1,428 = 42,84 \text{ kgs. } \times \text{ cm.}^2$$

$$\text{y } R'_m = 30 \left( 1 + \frac{168 \times 2,30}{900} \right) = 30 \times 1,428 = 42,84 \text{ kgs. } \times \text{ cm.}^2.$$

El módulo económico de este tipo es

$$\mu = 707 + 100 (7,07 + 8,25 \times 2,30) = 3312 \text{ cm.}^3.$$

5.º *Calcular una columna de 6 metros de altura,  $P = 15000$  kilogramos,  $\delta = 2$  por 100,  $R'_n = 25$  kgs.  $\times$  cm.º, dándole el diámetro mínimo que permitan las condiciones [7].*

Las expresiones que dependen de  $\delta$  son:

$$F(\delta) = 1,021, 10^4 \times f(\delta) = 0,04630 \text{ y } 10^4 \times B' = 7,778.$$

Empecemos por suponer  $r = 1$  y se tiene

$$a = \sqrt{\frac{15000}{1,021 \times 25}} = \sqrt{588} = 24,25 \text{ cm. y } \frac{l}{a} = 24,8;$$

el cuadro 2.º nos dice que el valor crítico de  $r$ , al que debemos llegar o aproximarnos, según el enunciado, es mayor que la unidad y menor que 1,32; teniendo en cuenta que al aumentar  $r$ , aumentará también algo la relación  $\frac{l}{a}$ , no le daremos a dicha variable el valor extremo 1,32, sino uno intermedio, por ejemplo,  $r = 1,20$ , que nos da

$$a = \sqrt{\frac{15000}{1,20 \times 1,021 \times 25}} = \sqrt{488} = 22,10 \text{ cm. y } \frac{l}{a} = 27,$$

viéndose que el valor señalado a  $r$  está ya suficientemente próximo y por defecto, como conviene, al que corresponde en el cuadro 2.º a  $\ell = 2$  por 100 y  $\frac{l}{a} = 27$ ; siendo así, pasaremos a determinar los restantes elementos de la columna, que son:

$$S_c = 383,50 \text{ cm.}^2, S_f = 7,67 \text{ cm.}^2, S = 498 \text{ cm.}^2, \omega_1 = 0,006 \times 020 \times \times 488 = 0,59 \text{ cm.}^2, \omega_2 = 1,20 \times 0,043 \times 36 = 2,00 \text{ cm.}^2 \text{ y } \omega = 2,59 \text{ cm.}^2.$$

Comprobaciones:

$$R'_c = \frac{15000}{498} \left( 1 + 7,778 \frac{36}{488} \right) = 30 \times 1,576 = 47,28 \text{ kgs.} \times \text{cm.}^2$$

$$\text{y } R'_m = 25 \left( 1 + \frac{168 \times 2,59}{488} \right) = 25 \times 1,892 = 47,30 \text{ kgs.} \times \text{cm.}^2,$$

$$\text{siendo } \omega = 2,59 < \frac{6 a^2}{350} = \frac{976}{350} = 2,80.$$

El módulo económico de este tipo de columna es

$$\mu = 383,50 + 100 (7,67 + 8,25 \times 2,59) = 3288 \text{ cm.}^3.$$

Si se hubiera dejado el diámetro calculado primeramente,  $a = 24,25$  centímetros, las secciones metálicas serían

$$S_f = 9,20 \text{ cm.}^2 \text{ y } \omega = \omega_2 = 0,0463 \times 36 = 1,67 \text{ cm.}^2$$

y el módulo económico

$$\mu = 460 + 100 (9,20 + 1,67 \times 8,25) = 2758 \text{ cm.}^3,$$

que, de acuerdo con lo dicho antes, resulta más reducido que el anterior, pero teniendo la columna 2 centímetros más de diámetro.

6.º *Calcular una columna de 5 metros de altura,  $P = 10000$  kilogramos,  $\ell = 1,5$  por 100,  $R'_n = 25$  kgs.  $\times$  cm.<sup>2</sup>, debiendo constituir los estribos con alambre de 5 milímetros de diámetro ( $\omega = 0,20$  cm.<sup>2</sup>).*

Las expresiones  $F(\ell)$ ,  $f(\ell)$  y  $B'$  tienen los valores

$$F(\ell) = 0,9621, 10^4 \cdot f(\ell) = 0,04656 \text{ y } 10^4 \cdot B' = 7,822,$$

y el valor de  $g$ , necesario para resolver la ecuación [11], es

$$g = \frac{0,006 \times 10000}{0,9621 \times 25} = 2,49 \quad \text{y } g - \omega = 2,29;$$

la ecuación [11] se convierte en

$$0,04656 \times 25 \cdot r^2 + 2,29 \cdot r - 2,49 = 0, \quad r^2 + 1,960 \cdot r - 2,14 = 0$$

$$\text{y } r = -0,98 + \sqrt{3,10} = 1,76 - 0,98 = 0,78.$$

Calculado el valor de  $r$  se determina el diámetro de la columna por la ecuación [3]:

$$a = \sqrt{\frac{10000}{0,9621 \times 0,78 \times 25}} = \sqrt{534} = 23,11 \text{ cm.},$$

y resultando  $\frac{l}{a} = \frac{500}{23,11} = 21,6$ , se ve que el valor calculado para  $r$  es admisible, por ser menor que el crítico que para este caso señala el cuadro 2.º

Los demás elementos de la columna son

$$S_c = 420 \text{ cm.}^2, \quad S_f = 630 \text{ cm.}^2 \quad \text{y} \quad S = 514,50 \text{ cm.}^2,$$

no siendo necesario calcular  $\omega$ , por saberse de antemano que es  $\omega = 0,20$  centímetros cuadrados.

El módulo económico de este tipo es

$$\mu = 420 + 100(6,30 + 8,25 \times 0,20) = 1215 \text{ cm.}^3$$

Comprobaciones:

$$R'_c = \frac{10000}{514,5} \left( 1 + 7,822 \frac{25}{534} \right) = 19,45 \times 1,366 = 26,5 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

$$R'_m = 25 \left( 1 + \frac{168 \times 0,20}{534} \right) = 25 \times 1,063 = 26,60 \text{ kg.} \times \text{cm.}^2$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 &= -0,006 \times 0,22 \times 534 = -0,71 \\ \omega_2 &= 0,78 \times 0,4656 \times 25 = 0,91 \end{aligned} \right\} \omega = 0,91 - 0,71 = 0,20 \text{ cm.}$$

Si el valor de  $r$  hubiera resultado mayor que el crítico correspondiente a los de  $\epsilon$  y  $\frac{l}{a}$ , se forzaría la proporción de metal  $\epsilon$ , lo necesario para llevar a dicha variable dentro de límites admisibles, o se cambiaría la sección adoptada para los estribos, organizándolos con otra clase de alambres o cabillas de los que pueda disponerse.

Y creemos inútil agregar que las particularidades resueltas en los dos últimos ejemplos, refiriéndonos a pilares circulares, se resuelven del mismo modo en los casos de pilares cuadrados y rectangulares.

Tablas de valores de las expresiones  $F(\zeta)$ ,  $f(\zeta)$  y  $B'$ , correspondientes a otros de  $\zeta$  entre  $\zeta = 0,5$  por 100 y  $\zeta = 4$  por 100.

TABLA I

Pilares cuadrados y rectangulares.

$\zeta$ %.	$F(\zeta)$ .	$10^4 \times f(\zeta)$ .	$10^4 \times B'$ .
0,50	1,075	0,0341	5,729
1,00	1,150	0,0328	5,510
1,50	1,225	0,0317	5,326
2,00	1,300	0,0308	5,174
2,50	1,375	0,0301	5,057
3,00	1,450	0,0294	4,939
3,50	1,525	0,0289	4,855
4,00	1,600	0,0284	4,770

TABLA II

Pilares circulares.

$\zeta$ %.	$F(\zeta)$ .	$10^4 \times f(\zeta)$ .	$10^4 \times B'$ .
0,50	0,8448	0,04721	7,981
1,00	0,9032	0,04686	7,872
1,50	0,9621	0,04656	7,822
2,00	1,0210	0,04630	7,778
2,50	1,0800	0,04606	7,738
3,00	1,1388	0,04585	7,703
3,50	1,1977	0,04566	7,671
4,00	1,2566	0,04550	7,644

Cuadros de valores de  $r$ , correspondientes a otros de  $\zeta$  y  $\frac{l}{a}$  que, satisfaciendo las condiciones [7], dan el máximo de la sección  $\omega$  de las armaduras transversales o es-tribos.

### 1.º Pilares cuadrados y rectangulares.

	$\frac{l}{a} < 20$ .	$\frac{l}{a} = 20$ .	$\frac{l}{a} = 25$ .	$\frac{l}{a} = 30$ .	$\frac{l}{a} = 35$ .	$\frac{l}{a} = 40$ .	$\frac{l}{a} = 45$ .	$\frac{l}{a} = 50$ .
$\zeta = 0,5$ %	$r = 1,24$	$r = 1,00$	$r = 0,92$	$r = 0,82$	$r = 0,73$	$r = 0,65$	$r = 0,58$	$r = 0,51$
$\zeta = 1$ %	1,47	1,21	1,10	1,00	0,88	0,79	0,70	0,62
$\zeta = 1,5$ %	1,71	1,42	1,29	1,16	1,01	0,95	0,83	0,74
$\zeta = 2$ %	1,95	1,62	1,48	1,34	1,20	1,07	0,96	0,85
$\zeta > 2$ %	2,00	1,67	1,53	1,38	1,25	1,12	1,00	0,90

### 2.º Pilares circulares.

	$\frac{l}{a} < 20$ .	$\frac{l}{a} = 20$ .	$\frac{l}{a} = 25$ .	$\frac{l}{a} = 30$ .	$\frac{l}{a} = 35$ .	$\frac{l}{a} = 40$ .	$\frac{l}{a} = 45$ .	$\frac{l}{a} = 50$ .
$\zeta = 0,5$ %	$r = 1,24$	$r = 0,94$	$r = 0,88$	$r = 0,72$	$r = 0,63$	$r = 0,55$	$r = 0,48$	$r = 0,42$
$\zeta = 1$ %	1,47	1,13	1,00	0,87	0,75	0,66	0,58	0,50
$\zeta = 1,5$ %	1,71	1,30	1,15	1,00	0,88	0,77	0,67	0,59
$\zeta = 2$ %	1,95	1,50	1,32	1,16	1,02	0,89	0,78	0,68
$\zeta > 2$ %	2,00	1,53	1,35	1,18	1,03	0,90	0,78	0,68

NICOMEDES ALCAYDE.

## LIGERAS IDEAS SOBRE UNA POSIBLE ORGANIZACION DE LAS TROPAS Y SERVICIOS DE INGENIEROS EN AFRICA

Numerosos escritores militares, han demostrado la necesidad de que el ejército de Africa esté constituido en su casi totalidad por tropas indígenas y voluntarios, constituyendo en esta forma un verdadero ejército colonial. No hemos de insistir sobre ello por creerlo suficientemente debatido; pero sí creemos necesario apuntar que al constituir ese ejército colonial, debemos tener presentes todas sus necesidades y dotarle de todos los elementos modernos de combate, para evitar el que frecuentemente haya que recurrir al envío desde la Península, de contingentes de distintas especialidades, que vengan a cubrir servicios cuya necesidad no se había previsto, descomponiéndose así unidades orgánicas sin conseguir el máximo rendimiento en aquéllos, por tenerse que adoptar el personal a las condiciones locales, completamente distintas a las de donde se instruyeron.

El éxito de toda campaña, aunque sea irregular, como la de Marruecos, depende de los factores puestos en juego, y todos estábamos convencidos antes de que las operaciones sobre el Fondak y los bombardeos aéreos preliminares lo pusieran en evidencia, de que cuantos más medios, más adelantos se empleen y se disponga de más superioridad de elementos sobre el enemigo, la decisión será más rápida, se evitarán bajas y el ejército, al verse bien asistido, acrecerá su espíritu, lo que traerá consigo, como consecuencia lógica y natural, la desmoralización del enemigo, que, si bien es fanático y valiente hasta la temeridad cuando cree está en condiciones de vencer o de conseguir un éxito relativo, se muestra acobardado y temeroso cuando ve que se le ataca con decisión y con abrumadora superioridad de medios de combate.

No tratamos de hacer un estudio de lo que ha de ser el ejército de Marruecos; únicamente nos proponemos estudiar lo que a nuestro Cuerpo se refiere, para que su labor sea todo lo eficaz y tangible que demandan nuestras gloriosas tradiciones, nunca olvidadas por los que ciframos todo nuestro orgullo en ostentar como emblema las immaculadas *torres de plata*.

El gran impulso que habrá de darse a nuestra labor, a compás de los sucesivos avances que han de efectuarse necesariamente para cumplir el mandato que deriva de nuestra acción de protectorado, hasta conseguir

la ocupación total de la zona asignada a nuestra influencia y su completa pacificación, lo que exigirá un largo período de tiempo, hace que sea de todo punto indispensable, a nuestro juicio, una nueva organización de las fuerzas y servicios del Cuerpo en Marruecos, más flexible que la actual, que no resulta ya adecuada a las circunstancias.

El enlace de las zonas de Tetuán y Larache, ya efectivo, ha de hacerse cada día más íntimo por ir aumentando la línea de contacto de las mismas y por estar muy cercanas a su terminación las pistas de Laucien a R'gaia y carretera de R'gaia a Buixa (1), que las pondrán en fácil y directa comunicación. Ello traerá, a no dudarlo, la fusión en una sola de las dos Comandancias generales, y ha de influir forzosamente en la futura organización de las tropas y servicios del Cuerpo en esos territorios.

La zona de Melilla resulta, en cambio, muy alejada de las anteriores, y en su consecuencia, las tropas y servicios del Cuerpo en esa región han de constituir unos organismos distintos de los de aquéllas.

Para unificar nuestra acción en las dos zonas, oriental y occidental de nuestro protectorado, creemos necesaria la creación de un organismo director, llámesele Comandancia General de Ingenieros, Inspección de los servicios de Ingenieros, etc., que el nombre no hace al caso, el cual en contacto con el Alto Comisario sirva de organismo consultivo, reciba sus inspiraciones, impulse la ejecución de sus planes en la parte que nos atañe y le tenga siempre al corriente de la marcha de los trabajos encomendados al Cuerpo.

Sentadas estas premisas, vamos a estudiar lo que creemos debe ser la organización del Cuerpo en cada una de las dos grandes regiones en que virtualmente podemos considerar dividido el Marruecos español.

*Comandancias.*—Las obras a ejecutar en estos territorios las podemos clasificar en dos grandes grupos: de campaña y definitivas.

Comprenden, a nuestro juicio, las primeras, todas las necesarias para preparar sucesivos avances, las que se hagan bajo el fuego enemigo en la fortificación de posiciones ocupadas y las pistas y caminos que las enlacen con las posiciones de partida y las avanzadas entre sí, y en general, todas aquellas que por tener que hacerse en lugares que no ofrecen completa seguridad, deben ser realizadas por nuestras tropas, solas o mediante el auxilio de fuerzas de otras armas o de indígenas contratados. Al segundo grupo pertenecen todas las que se realicen en las plazas y posiciones de retaguardia y en zonas completamente pacificadas, con seguridad completa, y en las que no hay que exigir del soldado un esfuerzo que conviene reservar para cuando se presente la ocasión. Estas obras, ya con carácter permanente, deben hacerse con todas las formalidades de

(1) Actualmente ya se han terminado.

subasta, contrata, destajo, etc., y con personal distinto del que ejecute las primeras. Ello nos lleva a subdividir las Comandancias de Ingenieros de Marruecos en dos partes distintas: Comandancias de plaza y Comandancias de campo o tropas de Zapadores.

Una y otra clase de obras deben guardar estrecha conexión, y deben obedecer a un plan de conjunto. Para el perfecto desarrollo de éste, debe existir una íntima colaboración y un estrecho enlace entre las Comandancias y las tropas, que eviten retrasos en la ejecución de los trabajos proyectados y haga desear recelos mutuos. Ahora bien; esa íntima colaboración y ese perfecto enlace sólo puede conseguirse con la unidad de mando de armas y administrativa. Nos encontramos, pues, con la necesidad de que existan Comandancias que proyecten, que señalen planes de comunicaciones, etc., y de que existan tropas de Zapadores que los ejecuten en todo o parcialmente, pero con un mando y un detall común.

Como consecuencia de ello, y en atención a cómo consideramos dividida la zona de protectorado, creemos deben existir dos Comandancias de Ingenieros, de Melilla o zona oriental una, y de la zona occidental (Tetuán-Larache) la otra, al mando cada una de un coronel, que asumiría en su zona el cometido de comandante principal de Ingenieros.

Por los caracteres especiales de cada zona, deberían tener una organización distinta en cada una de ellas. En la zona oriental bastará una Comandancia de obras, en Melilla; no ocurre lo mismo en la zona occidental, que contando con diferentes bases, Ceuta, Tetuán, Larache, y con extensión de grande zona ocupada, exigirá por lo menos dos Comandancias de obras, una en Ceuta y otra en Larache, con oficinas destacadas en Tetuán y Arcila o Alcázar, si es preciso. En cuanto a las tropas, creemos que en Melilla basta con un batallón de Zapadores de seis compañías y una de apertura de pozos, y que son necesarios dos batallones de a seis compañías de Zapadores, para la zona Tetuán-Larache.

En la organización de estas tropas de Zapadores hay que tener presente la naturaleza de los trabajos que impone la guerra especial que allí se sigue.

En el período de preparación deben las tropas facilitar el acceso de la artillería, incluso de la de campaña a las posiciones más convenientes, construyendo caminos de acceso a elevadas posiciones con rapidez suma, como ocurrió en la ocupación del Fondak, en que hubo que habilitar caminos para subir piezas de 9 centímetros al Monte Cónico y a la posición de Alalex, en menos de cuarenta y ocho horas, en cuyo rudo trabajo, se puso de manifiesto el elevado espíritu de la oficialidad y tropa del Cuerpo. En las marchas tendrán que facilitar el paso de las columnas en muchas ocasiones, ya que el terreno en que se opera, está desprovisto en

absoluto de vías de comunicación y existen solamente los senderos que el paso de jinetes y peatones ha ido creando y que ofrecen muchos obstáculos al paso de columnas importantes, especialmente para el cruce de arroyos, ríos y cortaduras de importancia. Una vez ocupadas las posiciones, hay que organizarlas defensivamente, construyendo parapetos, generalmente de sacos terreros, o montando blocaos y las alambradas correspondientes según la importancia de las posiciones.

Pasado el período activo de operaciones, hay que construir pistas afirmadas o no, según el tránsito que hayan de soportar y naturaleza del terreno, que enlacen las posiciones principales con las de retaguardia y que permitan su aprovisionamiento regular, para hacer de ellas bases de operaciones en los sucesivos avances, perfeccionando los acuartelamientos provisionales, construyendo ya barracones, ya fortines de mampostería o aun obras de más importancia, según los casos; perfeccionar las obras de saneamiento de los campamentos, etc.

El batallón de seis compañías de Zapadores nos parece el más adecuado, debiéndose aumentar una más en el de Melilla, y cuya misión exclusiva debe ser la del alumbramiento de manantiales de agua, cercanos a las posiciones y obras que se deriven de ello, ya que en esa región el agua es un elemento que escasea mucho, y más aún el agua potable; no ocurre lo mismo en la zona O., en que hay abundantes y limpias aguas, por cuya razón no creemos necesaria la presencia de unidades de este género en la misma.

De las seis compañías de cada batallón, cinco deben ser, a nuestro juicio, de montaña, con material para tres secciones y con un efectivo de 250 hombres, para que, descontados los destinos, puedan reunir para el trabajo un mínimo de 200 hombres, que es el que juzgamos indispensable. La sexta compañía creemos debiera organizarse a caballo, llevando la herramienta en caballos de mano, en forma análoga a como transportan su material los escuadrones de ametralladoras de los regimientos de Caballería, y con un efectivo análogo al de las otras compañías. Sobre la necesidad de tales compañías montadas no hay que insistir mucho; el sólo hecho de que en ocasiones es necesario ocupar alguna posición por un atrevido golpe de mano de tropas montadas, hace ver la necesidad de que éstas puedan ir acompañadas por tropas de Ingenieros que organicen rápidamente la posición ocupada, y la de que esas tropas no sean una rémora para la columna; por otra parte, su movilidad les permitiría trasladarse con rapidez de un punto a otro y reforzar así los efectivos de Zapadores en donde más necesario sea. Estas compañías creemos deberían quedar afectas a los Cuarteles generales.

La herramienta a transportar, tanto por las compañías de montaña

como por las montadas, debe ser objeto de un estudio especial, suprimiendo la que se considere inútil por la clase de trabajos más corrientes a que deben dedicarse estas tropas en Marruecos, y modificando aquella otra que la práctica ha demostrado ser deficiente. Al hacer ese estudio, habrá que tener presente que estas compañías han de estar dotadas de gran movilidad y que la organización de los Parques móviles de Ingenieros, que proponemos después, permite aligerar bastante la dotación de la compañía. Por otra parte, y esto lo consideramos necesidad esencial, hay que tener en cuenta que las tropas necesitan alimentarse y que, por tanto, es necesario disponer de cargas adecuadas para el transporte de víveres, agua y enseres de cocina.

*Parques móviles.*—Afecto a cada batallón de Zapadores de Marruecos, debería crearse un Parque móvil, compuesto de tres secciones: una automóvil y dos de montaña. Esto permitiría aligerar a las compañías de algún material, puesto que en los Parques móviles debería haber los elementos de repuesto que se crean necesarios y aquel material que las compañías no han de usar normalmente.

Aparte de esta clase de material, los Parques móviles deberían bastarse para transportar cada uno con las secciones de montaña, dos blocaos desmontables, sacos terreros para dos posiciones para 100 hombres y la alambrada correspondiente, preparadas ya las filas de piquetes con el alambre engrapado y que no hay más que colocar de momento, evitando así pérdidas de tiempo y bajas, ya que es en la fortificación de posiciones cuando son más numerosas.

La naturaleza del enemigo, el no afianzarse en posiciones fuertemente defendidas y el no poseer artillería, son consideraciones que han de pesar en la organización de esos Parques, permitiendo eliminar de ellos material que aquí resultaría inútil, y adquiriendo, en cambio, con ello mayor movilidad, base fundamental ésta por la clase de terreno en que hay que operar.

Aunque no deberá llevarlo siempre consigo, deberían los Parques móviles contar con algún material ligero para puentes de circunstancias, ya que por la naturaleza del terreno hay que salvar numerosas barrancadas, muy profundas a veces, que dificultan enormemente las comunicaciones.

El material de minas podría disminuirse mucho, pues sólo se usarán en ocasiones fogatas pedreras, torpedos terrestres, trincheras explosivas y, más que nada, los simples barrenos para apertura de caminos o destrucción de obstáculos.

En su consecuencia, creemos que el material que deben transportar los Parques móviles es de la siguiente naturaleza:

- 1.º De fortificación: sacos terreros, material para alambradas, blocaos desmontables.
- 2.º Herramienta de zapador de repuesto.
- 3.º Explosivos y algún material de minador.
- 4.º Material ligero de puentes.
- 5.º Herramienta de oficios.

El 1.º 2.º y 3.º grupos formarían el segundo escalón de las tropas de Zapadores, y el 4.º y 5.º el tercero, que únicamente deberá seguirlos en todo o en parte en los casos que se indiquen.

*Ferrocarriles.*—En un país como éste, en que no hay más medio de comunicación que los que creamos con nuestra labor, es indispensable, para asegurar los servicios de aprovisionamiento y municionamiento, ir tendiendo líneas férreas de vía estrecha que, siguiendo los avances de las fuerzas, mantengan constantemente un buen enlace con la retaguardia y eviten numerosos convoyes con la fatiga correspondiente de personal y ganado.

Ahora bien; toda línea férrea hay que empezar por construirla; una vez construida, hay que conservarla en buen estado. Para ello es necesario un núcleo de tropas más o menos numeroso, según su longitud, con cierta especialización y que no sean distraídos de sus menesteres. Para el tráfico normal, hay que contar con individuos especializados, como maquinistas, fogoneros, telegrafistas, etc. Vemos, pues, que son necesarios dos grupos de personal, uno para el tendido y conservación de las líneas y otro para la explotación de las mismas.

Por Real orden de 7 de octubre de 1898 se marca un tipo de compañías de 264 hombres, que deben construir o explotar 100 kilómetros de vía férrea. Como no es de presumir que en mucho tiempo alcancen mayor longitud las vías a construir y explotar por el ejército, consideramos bastante un grupo de dos compañías (una de cada clase) por Comandancia general, o sean tres grupos, que podrán organizarse en un batallón de Ferrocarriles, o mejor constituir grupos independientes afectos a las Comandancias generales respectivas.

*Telégrafos.*—En la organización de las tropas de telégrafos debe tenerse presente, como ya ocurre ahora, que tienen dos misiones distintas a ejecutar; el tendido y entrenamiento de líneas permanentes y el tendido de líneas provisionales, siguiendo el avance de las tropas, no sólo en marcha, sino durante el combate, que aseguren constantemente el enlace entre el mando y los distintos escalones del mismo.

La extensión grande de las zonas ocupadas, en que hay establecidas estaciones ópticas, telegráficas y telefónicas, servidas todas por personal militar, hacen que por lo menos sean de todo punto indispensable tres

compañías de red, una para cada Comandancia general, cuyas plantillas, que deberán ser bastante crecidas, deberían fijarse con arreglo a la extensión y número de estaciones establecidas en el territorio y que se presuman puedan establecerse en un cierto plazo de tiempo; pues si bien a medida que se avanza parece han de ir aumentando indefinidamente, ese aumento se compensa sino totalmente en crecida proporción, con la supresión de puestos y posiciones de retaguardia, con la correspondiente de estaciones y personal.

De la misma forma, a cada Comandancia general debe asignársele una compañía de telégrafos de campaña, que forme grupo con la de red correspondiente; estas compañías podrían agruparse en un batallón de telégrafos para la mejor marcha administrativa, o bien formar grupos independientes y afectos a las Comandancias generales.

Dentro de cada grupo, deberían las compañías de red facilitar a las de campaña el personal ya instruido, para que estas últimas pudieran dedicar toda su atención a la instrucción de marchas de tendidos y repliegues de líneas y establecimiento de estaciones telegráficas, telefónicas y ópticas para que el personal esté habituado a estas operaciones y sepa orientarse y hallar a sus corresponsales cuando se trate de montar estaciones ópticas. Las compañías de campaña deben contar con un cierto número de estaciones ópticas a caballo, para que puedan acompañar a los cuarteles generales y tropas montadas y tenga siempre el mando medio de comunicarse en cualquier posición donde le convenga colocarse.

*Radiotelegrafía.*—Desde la campaña del Riff en 1909, en que tan excelentes servicios prestó la estación de campaña mandada por el entonces teniente Arbex, hasta las últimas operaciones y período posterior, en que se ha empleado en gran escala esta clase de comunicaciones, han estado en constante servicio en uno u otro territorio, un cierto número de estaciones de mochila, de montaña y de campaña con un resultado realmente satisfactorio.

En cada una de las Comandancias generales, existe un cierto número de estaciones radiotelegráficas, a cargo unas de las Comandancias, otras del personal del Centro Electrotécnico y dos a cargo de un oficial del Grupo de Radiotelegrafía. Es este un servicio muy delicado y que debe unificarse, centralizando en una unidad todas las estaciones radiotelegráficas existentes en cada territorio. Como en todos ellos existen estaciones fijas, que son las que deben estar en continuo enlace con aquellas, creemos que deben ser ellas las bases de la unificación por ser una magnífica escuela para el personal. Cada unidad de radiotelegrafía debería constar de tres secciones, una constituida por la estación o estaciones fijas y la de carro o automóvil que creemos necesaria en cada Co-

mandancia general, otra por dos estaciones de montaña, y la última por cuatro o más estaciones de mochila.

*Alumbrado.*—No es necesario insistir sobre la necesidad de este servicio en campaña, y puesto que sus servicios se consideran necesarios en la Península, ya que se ha ordenado la creación de un batallón de la especialidad, creemos que en Africa debería contarse con un cierto número de proyectores en cada territorio, que podrían organizarse en una sección afecta a los servicios de automovilismo.

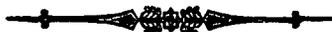
*Automóviles.*—Las actuales secciones de automóviles afectas a las Comandancias generales son insuficientes, debiéndose, a nuestro juicio, duplicar por lo menos el número de camiones-automóviles de que constan, lo que creemos va a ser un hecho en breve plazo, y convertir dichas secciones en unidades, ya que al frente de todas ellas hay un capitán.

Además de las unidades, y para prestarles el auxilio debido, deberían crearse unos Parques regionales de automóviles, encargados de suministrarles cuantos elementos necesiten y de efectuar las reparaciones necesarias.

Con las unidades de radiotelegrafía, automovilismo, secciones de alumbrado y Parques de automóviles deberían constituirse unos grupos de tropas especiales que dependiesen del Centro Electrotécnico para las cuestiones administrativas, suministro de elementos de personal y material, etc.

Organizados en esta forma los servicios, con amplia autonomía los jefes de los mismos, dentro de la natural subordinación a los Comandantes principales y de éstos al Comandante general del Cuerpo, creemos que la labor del mismo sería brillantísima en extremo, y la mejor confirmación de las palabras que el general Weyler dirigió en 1914 al jefe de nuestra Sección (MEMORIAL. Septiembre 1914) al comunicarle «que acababa de recorrer las tres zonas de Melilla, Tetuán y Larache, y que había podido apreciar por sí mismo la extraordinaria y meritoria labor ejecutada en Africa por el Cuerpo de Ingenieros, del que conservaba gratos recuerdos por la cooperación inteligente y eficaz que le proporcionó, bajo su mando, en las campañas de Cuba y Filipinas».

M. FENECH MUÑOZ.



## APLICACIONES MILITARES DE LOS COMPRESORES DE AIRE HECHAS EN AUSTRIA DURANTE LA GUERRA

A la amabilidad del ingeniero de minas de la casa Flottmann, don Antonio Baselga, debemos los datos referentes a las instalaciones de perforación mecánica por aire comprimido, suministradas en gran cantidad al ejército austro-húngaro, tanto antes de la guerra, como durante la misma, y que consignamos a continuación, para su conocimiento y posible aplicación en nuestro ejército.

El Ministerio de la Guerra austro-húngaro, ordenó se hicieran grandes obras de fortificación para asegurar las fronteras del Imperio con Italia, Montenegro, Serbia, Rumania y Rusia; como complemento de las mismas fué necesario hacer caminos en los montes y todo esto exigía grandes trabajos de perforación de rocas, movimientos considerables de tierras, explotación de canteras y arranque de macizos para hacer cuevas que sirvieran de abrigo y protección a las tropas.

\*  
\* \*

Durante la paz, estos trabajos se hacían en sitios relativamente accesibles, donde podían llegar instalaciones pesadas, y aplicando a este fin los compresores tipo «Flottmann», la casa se dedicó principalmente a hacer transportables los modelos más frecuentemente utilizados, que eran los tipos *F. K. 10* y *F. K. 12*. El manejo de los aparatos se enseñaba a oficiales y soldados en una escuela montada por la misma casa, en una cantera de cal situada en las proximidades de Viena.

En la figura 1 está representada una de estas instalaciones de compresor transportable, formada por dos carros, de los cuales el de la izquierda es el compresor, y el de la derecha una locomóvil de bencina de 12 H-P. para el modelo *K. 10* y de 16 H-P. para el *K. 12*, que acciona por transmisión intermedia el compresor; en el carro de éste va también el depósito de refrigeración que se vé en el centro y el de aire comprimido, que está a la izquierda. La transmisión intermedia, sirve para, valiéndose de una polea de dimensiones apropiadas, accionar otra clase de máquinas, en especial las empleadas en estas obras, como quebradoras de piedras, mezcladoras de hormigón, etc. Como en casi todos

los trabajos que se emprendieron, se disponía de muy pequeñas cantidades de agua, se construyeron las locomóviles de bencina con enfria-

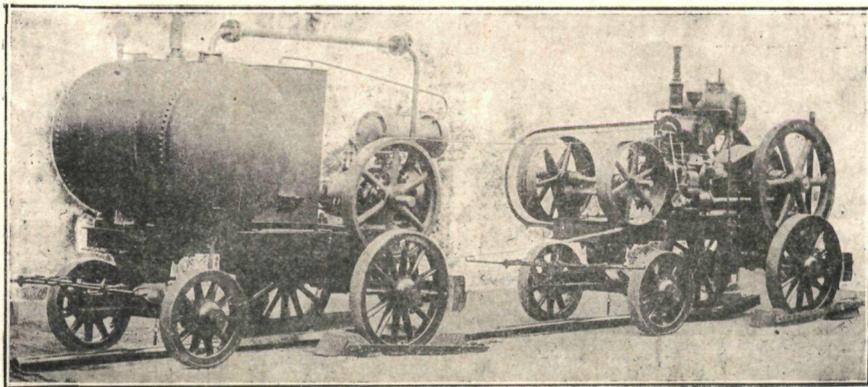


Fig. 1.

miento por condensación, en vez de la refrigeración por agua.

El compresor tipo Flottmann es monocilíndrico, doblemente escalonado, y su sección está representada en la figura 2.

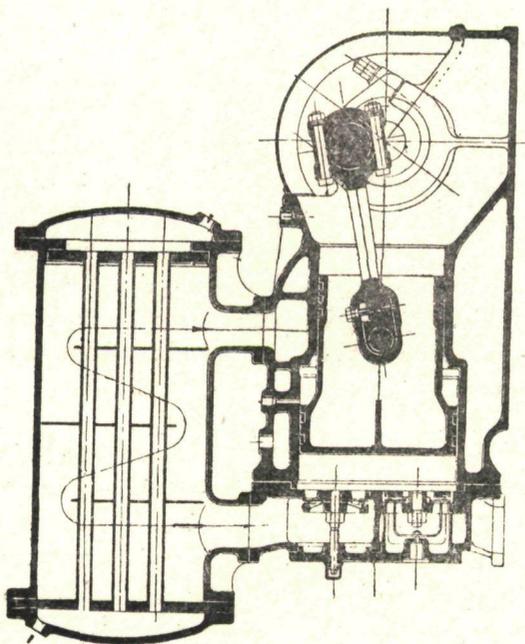


Fig. 2.

En la parte inferior se vé la sección del cilindro que sirve para la baja presión, que hace las veces de caja de válvulas, están situadas las de aspiración y compresión de baja. El émbolo, cuyo corte se aprecia en el interior del cilindro, es diferencial, y lleva lo mismo en el lado de alta como en el de baja presión, anillos autodilatables; en su interior está el eje de conexión con la biela, terminada en este extremo por el correspondiente cojinete, y el otro cons-

minada en este extremo por el correspondiente cojinete, y el otro cons-

truido según el conocido tipo «marina». El cigüeñal, de acero, descansa en cojinetes con engrase de anillo, cuya cantidad de aceite se comprueba por una mirilla de cristal. El aire, después de haber sufrido una primera compresión, pasa de la caja de la válvula de impulsión del cilindro de baja a un refrigerador intermedio, que es el que se vé en la parte alta de la figura, tubular, cuyos tubos son recorridos en su interior por el agua de refrigeración; unos tabiques de separación obligan al aire que ha de enfriarse a chocar normalmente con el sistema de tubos, y como la corriente de aire lleva dirección contraria a la del agua, se consigue el efecto más favorable para el buen funcionamiento.

Desde el refrigerador pasa el aire por la válvula de aspiración del cilindro de alta, llegando al espacio anular del émbolo de alta presión, y allí alcanza la presión final, siendo enviado al depósito a través de la válvula de presión del lado correspondiente. La comunicación con el depósito se hace por una tubería de longitud apropiada, formada por tubos normales de bridas, cuyos anillos se enroscan unos en otros y se fijan mediante bridas sueltas y giratorias. Esta tubería no ha de estar nunca unida rígidamente al depósito; la casa Flottmann hace siempre dicha unión por intermedio de un tubo de goma de tres metros de largo y cuarenta milímetros de diámetro que es el mismo de la tubería.

Para fijar los carros, se emplea un procedimiento patentado, que puede apreciarse en la figura 1.

La cantidad de aire que el compresor *K. 10* comprime en marcha normal, es capaz para alimentar tres martillos perforadores del modelo empleado que era «G. Piccolo», cuyo rendimiento medio es un metro de perforación en piedra caliza de dureza media en diez minutos. Las instalaciones *K. 12*, pueden accionar cuatro martillos del mismo modelo, o dos martillos «B». La misma casa ha suministrado para la construcción de fortificaciones, instalaciones fijas con potencia hasta de 300 caballos. El martillo perforador se une a la tubería de aire comprimido, por tubos de goma de 15 metros de longitud y racores con llaves de paso, siendo estos racores rectos, pues los acodados no presentan grandes ventajas en las tuberías provisionales.

La instalación completa de compresores *K. 10* se compone de los elementos siguientes:

Un compresor *K. 10*.

Un surtido de tornillos de sujeción.

Un regulador de presión, automático.

Un surtido de discos y muelles de válvulas.

Un depósito horizontal de aire comprimido con todas las guarniciones.

- Una tubería de unión entre el compresor y el depósito de aire.
- Una tubería de entrada y salida del agua de refrigeración.
- Una bomba (rotativa) de refrigeración.
- Un depósito refrigerador con ventilador y los enchufes necesarios.
- Un carro para el transporte de estos elementos.
- Una válvula principal de cierre de 1  $\frac{3}{4}$  de pulgada.
- Un tubo de unión entre la válvula del depósito de aire y la tubería.
- De 100 a 1.000 metros de tubos, con bridas de 1  $\frac{3}{4}$  de pulgada, 44,5/40 milímetros.
- Tubos de goma para aire comprimido.
- Martillos perforadores, modelo «G. Piccolo».
- Barrenas huecas y barrenas helicoidales.
- Una locomóvil transportable de bencina, de 12-14 H.P. con depósito de combustible, bomba y enfriamiento por condensación.
- Un aparato para fijar el carro del compresor.
- Un aparato para fijar el carro de la locomóvil.
- Cubiertas impermeables para dos carros.
- Una correa de transmisión.

\*\*\*

Al romper las hostilidades, fué preciso emplear instalaciones fácilmente transportables y lo más pequeñas posible. En previsión de ello, había hecho la casa Flottmann antes de estallar la guerra, ensayos en este sentido que dieron resultados satisfactorios, construyendo entre otras, dos instalaciones transportables montadas en carros, compuestas por un motor de automóvil y un compresor rotativo, con el depósito de aire colocado debajo del carro. Estas dos instalaciones fueron visitadas por una comisión del Ministerio de la Guerra; presentaban sin embargo algunas deficiencias, por cuya razón, la fábrica trató de que le permitieran hacer nuevos ensayos y nuevas construcciones antes de que fueran admitidas definitivamente.

La guerra exigía que se hicieran aún en los montes más altos e inaccesibles, abrigos y trincheras para la tropa, para cuyas construcciones eran imprescindibles instalaciones de perforación; se consiguió para este objeto fabricar instalaciones más pequeñas, como la que representa la figura 3, completamente desmontables, que podían suministrarse empaquetadas en cajones, siendo el peso total de la instalación con su embalaje unos 900 kilogramos.

Se componen de un compresor (vertical u horizontal) correspondiente al tipo Flottmann A. 8, que se ve en el dibujo a la izquierda del gru-

po central; un motor de bencina de 16 H-P. que es el que está a la derecha del dibujo, dos depósitos separados de refrigeración, y un pequeño depósito de aire comprimido, que está a la izquierda: de éste, parte el tubo de alimentación del martillo «G. Piccolo» que se vé apoyado en el centro.

Como cada pieza lleva en una placa metálica el número correspondiente del esquema facilitado por la casa constructora, era fácil, aun para personas poco expertas, hacer el montaje de la instalación.

Todavía resultaban estas instalaciones demasiado pesadas para lle-

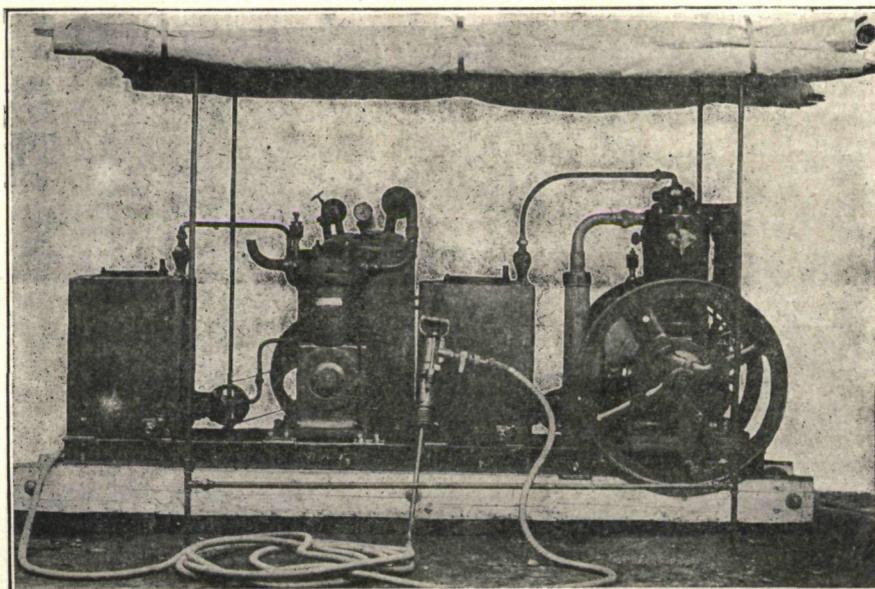


Fig. 3.

varlas a sitios que ofrecían grandes dificultades de transporte, por cuya razón fué necesario proyectar y construir otras sumamente ligeras, que una de ellas está representada en la figura 4.

Consta de un motor de automóvil con radiador de colmena, convertido al propio tiempo en compresor, y un depósito de aire; el depósito de bencina se coloca al lado del compresor. Empleadas en los frentes italiano y ruso, se vió que exigían un cuidado especial, que no siempre era frecuente, por lo que no pueden considerarse como modelos definitivos para su empleo en la guerra.

La fábrica central de la casa Flottmann, en Herne, se dedicó a instancias de la sucursal de Viena, a la construcción de otro tipo de compresor

fácilmente transportable, conducido en un carro sobre el cual iba mon-

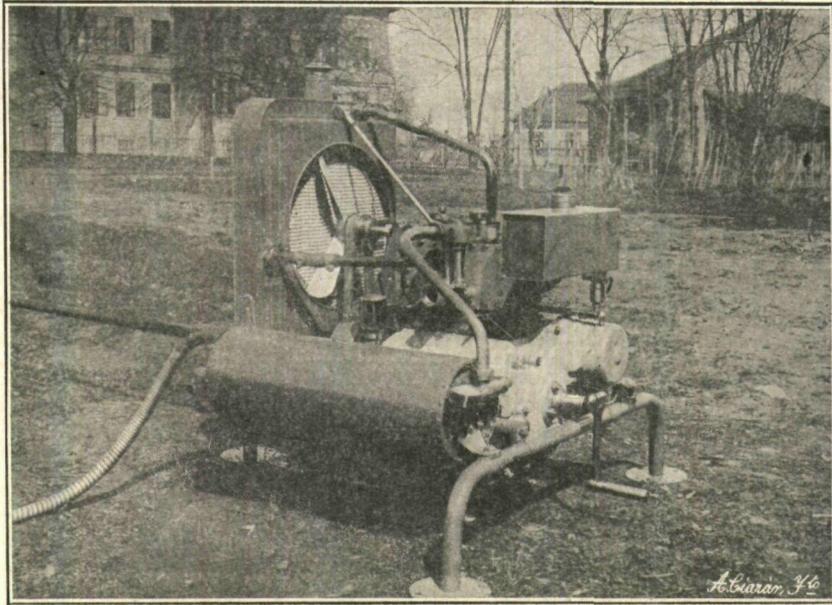


Fig. 4.

tado un compresor rotativo, accionado por un motor de automóvil Horch.



Fig. 5.

Según las noticias que se recibieron del frente, dicha instalación dió ex-

celentes resultados, y al terminar la guerra recibió la casa Flottmann del Ministerio de la guerra austriaco, el encargo de seguir trabajando en su perfeccionamiento, pues se trataba de adoptarlo como modelo reglamentario. Su principal inconveniente era lo largo del carruaje, por lo que no podía transitar por pasos difíciles ni de gran pendiente; pero han funcionado durante muchos meses sin el menor entorpecimiento; y el defecto citado puede subsanarse fácilmente dividiendo el conjunto en dos o tres partes.

Así se organizaron las instalaciones del tipo *K. 10* y *K. 12*, como puede verse en la figura 5., que representa el tren de una instalación, formado por tres carros, tirado cada uno por un caballo. En el primero va el compresor, en el segundo la locomóvil, y el tercero es el de utensilios. Lleva este último el martillo perforador, tubos de goma, barrenas, varillas, aceiteras, una fragua de campaña y demás herramientas necesarias. La pared posterior de este carro puede abatirse y lleva atornillado en su parte interior un tornillo de banco, de suerte que al colocarlo sirve de banco de herrero.

Estos trenes se acreditaron por sus excelentes servicios en los sitios accesibles a carros, ya fuera por caminos o carretera.

L. A. R.

---

## SECCIÓN DE AERONÁUTICA

---

### El problema del proyecto de aeroplano.

En uno de los últimos números de la revista francesa *L'Air*, se ha publicado, con el título que antecede, un artículo del ingeniero aerotécnico M. Mauricio Le Sueur, en el que se ocupó de la resolución de los casos de incompatibilidad, o compromiso, entre las condiciones aerodinámicas y constructivas que debe satisfacer el proyecto de un aeroplano.

El asunto es de gran interés para todos los que se dedican a la rama aeronáutica de la ingeniería, pero, desgraciadamente, en el citado artículo se han introducido varios errores, principalmente de orden tipográfico, que hacen muy penosa su lectura. A continuación daremos un extracto procurando salvar estos defectos.

*Principio del método.*—Los datos generales para un proyecto de aeroplano consisten en ciertas condiciones impuestas, que este aeroplano deberá satisfacer. Estos pueden ser, por ejemplo:

Para un aeroplano comercial: el máximo de peso útil por caballo volando a 2.000 metros y, a pesar de este peso, tener el mínimo de velocidad de aterrizaje.

Para un avión de guerra: el máximo de velocidad a la altura de utilización y, a pesar de esta condición, tener un *techo* lo más elevado posible.

Otras condiciones acaban de determinar el problema, como velocidad ascensional, estabilidad, visibilidad, manejabilidad, etc.

Todas estas condiciones, frecuentemente contradictorias, determinan el problema del anteproyecto del aeroplano, que se resuelve fácilmente aplicando los métodos gráficos expuestos en la última obra de M. Eiffel: *Abaco para la comparación de alas, polar logarítmica, polar reducida*.

El problema resulta mucho más complejo si se hacen intervenir, además de las condiciones aerodinámicas, las posibilidades constructivas. Estas últimas, determinadas por las fórmulas de la resistencia de materiales, intervienen de dos modos distintos:

a) Exigiendo condiciones de la forma exterior de las piezas, lo que afecta a la resistencia al avance y, por lo tanto, a la *potencia*.

b) Dando condiciones mínimas al peso de los materiales empleados, lo que influye en el *peso total*.

La complejidad del problema se echa de ver en cuanto se trata de construir un aeroplano saliéndose de la fórmula rutinaria de construirlo geoméricamente semejante a otro de cualidades conocidas.

Un procedimiento de simplificación consiste en determinar preliminarmente las formas exteriores y los pesos del *planeador* (aeroplano sin el motor), según las necesidades constructivas y teniendo en cuenta como condiciones iniciales:

a) Reducir lo más posible las superficies exteriores de resistencias pasivas (fuselaje, montantes, tirantes), lo que determina el esquema general de la viga alar.

b) Elegir para las secciones de los elementos constitutivos, los que conduzcan al *mínimum de peso*.

Una vez establecido de esta manera el esqueleto del aeroplano, falta vestirlo aerodinámicamente y estudiar sus condiciones de vuelo.

En el anteproyecto se habrá deducido el peso por caballo que podrá elevar el aeroplano, como primera apreciación; ahora falta resolver los compromisos que resulten entre las condiciones aerodinámicas y constructivas para la elección de las secciones, perfiles y disposición de las diferentes partes del aeroplano, de modo que el rendimiento sea el máximo.

Veremos a continuación algunos ejemplos de estos problemas:

A) *Efecto de las resistencias perjudiciales*.—Las resistencias perjudiciales de un aeroplano (resistencia al avance de todas sus piezas excepto las superficies sustentadoras), están representados en kilos por la fórmula  $KS V^2$ , en la que  $S$ , es la superficie de las alas en metros cuadrados;  $V$ , la velocidad en metros por segundo, y  $K$ , un coeficiente que varía entre 0,0010 y 0,0030.

Calculemos el efecto que producirá en un aeroplano que haga 180 kilómetros por hora = 50 metros por segundo, un aumento de una diezmilésima en el coeficiente  $K$  debido a las resistencias perjudiciales, siendo  $S = 50$  metros cuadrados, el peso total 1.500 kilogramos y 300 H P la potencia.

El aumento de resistencia al avance sería:  $0,0001 \times 50 \times 50^2 = 12,5$  kilos.

Aumento de trabajo:  $12,5 \times 50 = 625$  kilográmetros =  $\frac{625}{75} = 8,3$  caballos en

la hélice =  $\frac{8,3}{0,75} = 11$  caballos en el motor, que, a 5 kilogramos por caballo, representan 55 kilogramos de peso útil perdidos.

Si el aumento de resistencia al avance introducido no origina un aligeramiento en el peso de las piezas del aeroplano superior a 55 kilogramos, habrá que desechar

esta solución y tantear la contraria, o sea disminuir las resistencias al avance, aunque sea recargando el peso del material empleado.

B) *Efecto de la profundidad de ala.*—Un estudio alemán, debido a Prandtl, permite calcular la resistencia al avance originada por la acción recíproca de cada ala sobre la otra y sobre sí misma por efecto de su profundidad: lo que podríamos llamar coeficientes aerodinámicos de inducción mutua y de autoinducción de las alas.

En este estudio se supone que la inducción del ala superior sobre la inferior es igual a la de ésta sobre aquélla, lo cual no está conforme con las experiencias de Eiffel, que han demostrado que el ala superior perjudica la sustentación del ala inferior más que ésta a aquélla.

Prandtl deduce una fórmula por la que calcula el valor del coeficiente de inducción en función de las envergaduras de las dos alas y del interplano (separación entre ellas), y obtiene los valores de estos elementos que hacen mínimo el coeficiente de inducción (*Technische Berichte*, libro III, cuaderno 7).

Calculando el aeroplano de modo que satisfaga a la condición del mínimo de Prandtl, se vería que el conseguir este mínimo de resistencia al avance debido a la inducción de las alas supone una disposición de materiales cuyo peso excesivo no compensa la ventaja aerodinámica, luego a partir de este mínimo habrá que efectuar tanteos en uno y otro sentido hasta que se consiga que la suma del peso de los materiales con la pérdida de sustentación originada por la inducción de las alas sea mínima, y la disposición alar así determinada nos dará la solución.

C) *Efecto del retrasado de las alas y de su interinclinación.*—Igual consideración se hace aplicando las fórmulas de Betz (*Technische Berichte*, libro II, cuaderno 2), que dan la influencia en la resistencia al avance que tiene el retrasado de las alas y su interinclinación. También en este caso hay que proceder por tanteos hasta encontrar la disposición que dé una menor suma de peso exigido por las condiciones constructivas y disminución de sustentación por la posición relativa de las alas. En este caso hay también que considerar la cuestión bajo el punto de vista de la estabilidad en vuelo.

D) *Espesor de las alas.*—¿Conviene emplear alas delgadas o alas gruesas?

También en este asunto hay un compromiso entre la aerodinámica y la mecánica de construcciones. Un ala delgada, a igualdad de resistencia al avance, sostiene mayor peso que una gruesa, pero no permite el empleo de largueros de gran momento resistente y por lo tanto exige una construcción más pesada.

La discusión, teniendo en cuenta los distintos ángulos de ataque, las diferentes altitudes de vuelo, las diferentes velocidades y las diferentes cargas por metro cuadrado, es sumamente compleja.

Para ello, los alemanes han hecho un cuadro en que se resumen todos los ensayos verificados en el Laboratorio Aerodinámico de Gottingen (*Technische Berichte II*, § pág. 456), suponen que la curva que representa los esfuerzos de sustentación de cada perfil de ala, en función de la resistencia al avance, es una parábola, establecen la ecuación parabólica con parámetros determinados en función del perfil y espesor del ala, y comparan la variación del esfuerzo de sustentación obtenido aumentando o disminuyendo el espesor del ala, con la disminución o aumento de peso de material a que esta variación de espesor da lugar, y así se determina la solución en que la diferencia entre la sustentación y el peso es máxima.

Fuera de esta solución, los demás espesores de ala conducen a una pérdida de carga útil, bien por disminución de sustentación o bien por aumento en el peso muerto del aeroplano.

## REVISTA MILITAR

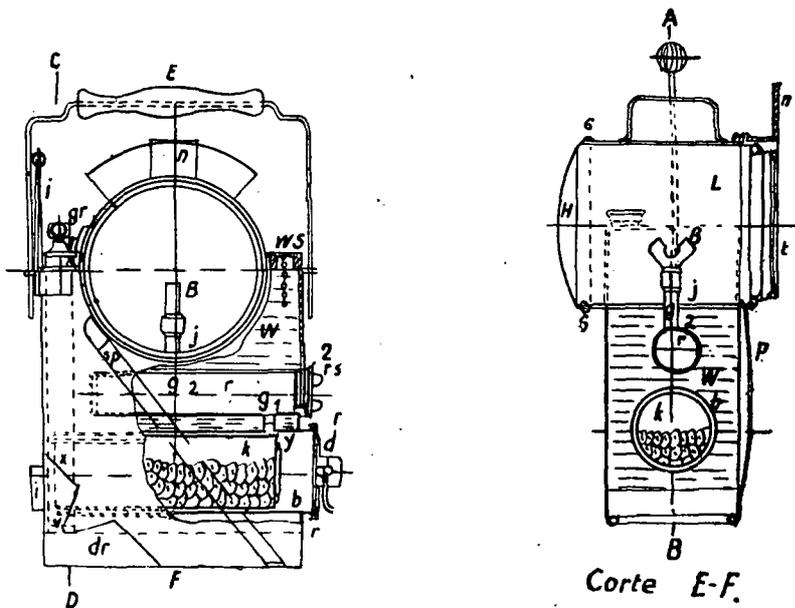
## Aparato de enlaces de acetileno, modelo austriaco.

La linterna de acetileno, austriaca, para señales, «M. 8», consta de una lámpara de acetileno, fija a la caja, un espejo cóncavo y un manipulador desmontable de pantalla. Cada linterna lleva, además, una funda y una caja completa de accesorios.

La lámpara de acetileno consta del generador, del mechero y del espejo.

El generador sirve para la producción de gas acetileno por carburo de calcio.

Para contener el carburo sirve la cestilla *k*, de palastro agujereado, la cual se mete lateralmente en el cilindro de plancha *b*, colocado en la parte baja del depósi-



to de agua. Esta cestilla se compone de dos partes que se enchufan, una de las cuales, se llena de carburo, y la otra, sirve para tapar la parte llena.

El tubo *b* está de tal manera dispuesto en el depósito de agua, que, cuando la lámpara se encuentra en actividad, queda mojado superficialmente.

La tapa lateral se cierra herméticamente, por medio de una junta de goma y un errojo de presión. A la envoltura del tubo está soldado en *x* el tubito *z* para la entrada del agua y en *g<sub>1</sub>* para la salida del gas.

El tubito *z* empalma con el tubo *f* de la válvula de agua *v*, y el *g<sub>1</sub>* con el depurador *r*, de cuya pared superior parte el tubo *g<sub>2</sub>* para el mechero *B*.

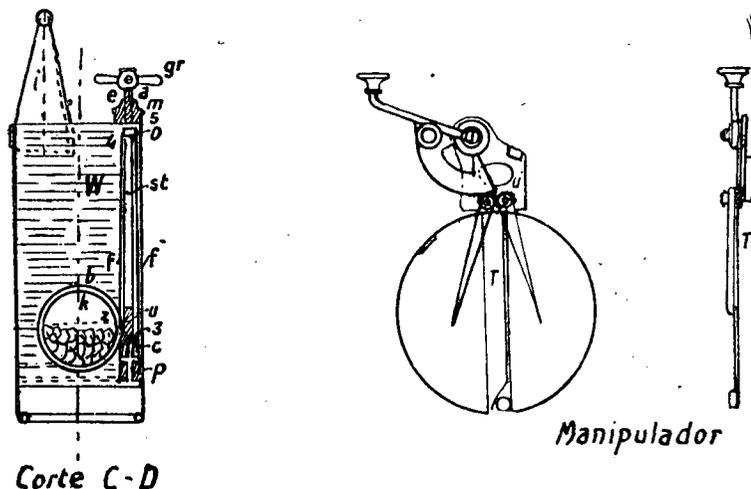
El depurador se llena con fieltro o con crín, y en caso de necesidad, también con algodón en rama. Después se cierra con la tuerca *rs* y el anillo de ajuste *2*.

La válvula del agua consta de la pieza de asiento *p*, del tubo guía *f*, unido invariablemente a ella y del vástago *st*, que termina por encima del apéndice *o* en la espiga roscada *a*. En el extremo inferior del vástago está atornillado el émbolo *c*, móvil en la pieza *p*, y entre dicho extremo y el émbolo se encuentra el apéndice inferior *u*, en el cual va montada una guarnición de fibra *3*.

Al extremo superior del tubo-guía *f* se sujeta a rosca, con una guarnición intermedia *5*, la tapa *m*, que tiene un agujero *e*, y el paso para la espiga roscada *a*. Por debajo de ésta, se encuentran, el apéndice *o* y la guarnición *4* y por encima, el mango *gr*, sujeto con una contratuerca.

El depósito de agua se llena por el agujero *ws*, cerrado a tornillo. La tapa tiene un agujero para la salida del acetileno sobrante.

En el costado derecho del depósito de agua hay un apéndice en forma de vaina



para montar la linterna sobre la bayoneta armada, a falta de soporte apropiado. En el costado anterior del mismo depósito, una abrazadera *sp* y un triángulo de plancha, forman el alojamiento para el transmisor.

*Funcionamiento del generador.*—Obsérvese si la válvula *v* está cerrada, lo cual sucede cuando el mango *gr* ha girado del todo en la dirección de las agujas de un reloj.

Levántese la tapa *ws* del filtro, renuévese la materia filtrante, si no está en buen estado, y ciérrase aquélla de modo que la unión resulte impermeable al gas.

Levántese la tapa *d*, retírese la cestilla del carburo, desmóntese, llénese una parte con trozos de carburo y enchúfese la otra parte. Cerciorarse de que no entra agua en el tubo *b* en caso contrario, ciérrase mejor la válvula y en último término, límpiese. Métase de nuevo la cestilla y ciérrase la tapa con ajuste impermeable al gas.

El generador está así dispuesto para trabajar.

Si se quiere producir gas, hágase girar el mango *gr* en sentido contrario a las

agujas de un reloj, hasta que la espiga *a* se detenga. Con este movimiento se levantan el vástago *s t*, el émbolo *c* y la guarnición *3*, separándose de su asiento sobre la pieza *p*; al mismo tiempo, la guarnición *4* se asienta contra la tapa *m*, obturando el agujero *e*. Entonces el agua puede pasar por los agujeros *l* que hay debajo del émbolo, por el tubo *z* y la abertura *x* al tubo *b*, cuya pared interior recorre, llegando al carburo por la parte inferior.

El gas producido sale por *g*<sub>1</sub>, atraviesa el filtro *r* y por el tubo *g*<sub>2</sub>, llega al mechero *B*.

La producción de gas se regula automáticamente, pues cuando su presión es mayor que la de la altura de agua del depósito *w*, retrocede ésta. Si la presión del gas aumenta, sale el exceso por el agujero de la tapa *w s*.

Para interrumpir el desarrollo de gas, hágase girar el mango hacia la derecha, hasta que se detenga. Con esto cesa el flujo de agua, a la vez que el orificio *e* de la tapa *m* queda libre y por él sale el residuo de gas que siga produciéndose en *b*, pasando antes por *z* y por el hueco *f*.

El mechero *B* es del tipo «Zwilling», para un consumo de 15 litros por hora. Se fija a rosca y se impermeabiliza la unión con minio.

Para concentrar la luz sirve el espejo esférico *H*, metálico, de nueva aleación, 90 milímetros de diámetro y 65 de distancia focal.

La caja de la linterna está fija al depósito de agua. Tiene por encima una abertura para la salida de los gases calientes. El aire entra por los orificios del marco de la puerta *t*. Lleva también encima, sujeta a tornillo, una escuadra *n* para colocar el transmisor.

Se compone el transmisor de una doble pantalla de hoja de lata y de un manipulador, el cual actúa, por medio de una transmisión de ruedas dentadas, sobre ambos obturadores, para la mayor rapidez de las señales. +

### Reorganización del 5.º Regimiento de Ingenieros (ferroviario) francés.

Según la reciente reorganización, el 5.º Regimiento de Ingenieros, de Francia, que es el de ferroviarios, se compondrá: de una plana mayor, una sección fuera de cuadro, 16 compañías de ferroviarios, dos de puentes pesados y una de tren, además de la unidad destacada en Marruecos.

Las compañías se agrupan en cuatro batallones de cuatro compañías de ferroviarios cada uno, y el 4.º tiene las dos de puentes pesados.

Las compañías del 1.º batallón están destacadas en la frontera, el 2.º, 3.º y dos compañías del 4.º, tienen la residencia en París y las otras dos compañías del 4.º forman parte del ejército de Oriente y de Levante.

Las compañías ferroviarias están mandadas por un capitán y constan de dos subalternos, un ayudante suboficial, un sargento mayor, un sargento furriel, 11 sargentos, 12 cabos, ocho capataces de operarios y 165 soldados. Las compañías destacadas son de un efectivo proporcional al de las tropas del cuerpo de ocupación.

La compañía de puentes pesados, mandada por un capitán, se compone de solo un subalterno, un ayudante suboficial, un sargento mayor, un sargento furriel, ocho sargentos, 12 cabos, ocho capataces de operarios y 119 soldados.

La compañía de tren estará formada por un comandante y un subalterno, un ayudante suboficial, un mariscal de alojamiento furriel, un mariscal de alojamiento cinco brigadas y 44 soldados, con dos caballos de oficial y 60 de tropa. +

## CRÓNICA CIENTÍFICA

### La tracción eléctrica en caminos ordinarios.

El director-gerente de los tranvías de Bradford presentó en una asamblea de la Asociación de Tranvías municipales, reunida recientemente en Birmingham, una Memoria acerca del «Desarrollo posible de la tracción eléctrica sin carriles», en la cual expone varios puntos de vista interesantes. Hasta el presente, dijo, los vehículos no encarrilados habían sido considerados como auxiliares del servicio ordinario de tranvías; pero ya actualmente aparece como muy probable un gran aumento de aquella clase de vehículos. En Inglaterra han estado tales carruajes en servicio durante más de nueve años; son, por consiguiente, bastante conocidos para que sus características y limitaciones puedan apreciarse exactamente.

Las restricciones legales impuestas con respecto al peso de los carruajes no encarrilados dieron lugar a que fueran construídos con materiales demasiado endebles para que pudieran resistir el ajetreo del servicio, con los resultados inevitables: aumento en los gastos de explotación y averías frecuentes. El Ministro de Transportes modificó hace meses dichas restricciones fijando para cada vehículo descargado el límite de cinco toneladas, que antes regía para el carruaje cargado; estas condiciones permiten la construcción de material más económico y seguro.

En Bradford los gastos de explotación son más altos de lo que serían con coches construídos con las debidas condiciones; no obstante, son más reducidos que los del tranvía ordinario en 2 y  $\frac{1}{2}$  peniques—0,25 pesetas—por kilómetro aproximadamente.

Aunque los coches no encarrilados son menos seguros que los de un tranvía ordinario, poseen sobre éstos varias ventajas. Una avería que ocurra en uno de ellos no pone impedimento a la circulación de los demás; no les causa ningún retraso; pueden aproximarse a las aceras para facilitar la subida y el descenso, la carga y descarga; son menos estrepitosos que los coches del tranvía y dan mayores facilidades para los cruces. Es también probable que esos carruajes resulten muy útiles para el transporte de paquetes y encargos.  $\Delta$

### El níquelado del aluminio.

Ante la Academia de Ciencias de París han descrito recientemente los señores Guillet y Gasnier algunos ensayos que han efectuado con el fin de determinar la posibilidad de obtener depósitos satisfactorios de níquel sobre el aluminio y sus aleaciones. El método que emplean requiere primeramente que se traten las superficies por chorro de arena, cuya presión sea de 500 gramos por centímetro cuadrado; la arena debe ser tamizada por un cedazo cuyas mallas sean de 0,2 milímetros; seguidamente se aplica galvánicamente la capa de níquel dándole un grueso de 0.06 milímetros; el tiempo preciso para esta operación es de media hora y la densidad media de corriente empleada es de 0,5 amperios por decímetro cuadrado de cátodo. La siguiente operación consiste en cubrir esa primera capa de níquel con otra de cobre de 0,02 milímetros de grueso; para lo que se requieren dos horas, empleando una densidad de corriente de un amperio por decímetro cuadrado; la superficie debe pulirse cuidadosamente. La superficie de cobre se recubre con otra de níquel de 0,05 milímetros; la operación dura una hora con corriente de 0,5 amperios por decímetro cuadrado. Finalmente se pule la superficie de níquel.

Con el procedimiento indicado se consiguen productos que resisten satisfactoriamente las pruebas mecánicas, que en este caso fueron las siguientes: punzonamiento, plegado a 120°, bruñido.

Los ensayos químicos consistieron en someter la superficie niquelada a la acción de una disolución de sosa cáustica al 15 por 100 a temperatura de 100° C; terminada la prueba (cuya duración no se menciona) se vió que la superficie de níquel no había tenido alteración.

El baño de cobre empleado para la aplicación galvánica de ese metal contenía 150 gramos de sulfato de cobre y 20 de ácido sulfúrico por litro de disolución acuosa. El baño de níquel contenía 150 gramos de sulfato doble de níquel y amoníaco por litro de disolución acuosa. △

### Los cojinetes de bolas en el material móvil de los ferrocarriles.

En los comienzos de 1915 los ferrocarriles del Estado sueco proveyeron de cojinetes de bolas 51 vagones, a fin de compararlos con los cojinetes ordinarios. Estos vagones de seis ruedas, pesaban 11,5 toneladas y tenían una capacidad de carga de 35 toneladas; el peso sobre cada eje, suponiendo la carga máxima, era, por consiguiente, de 15 y  $\frac{1}{2}$  toneladas. En los ensayos comparativos efectuados con unos y otros cojinetes se vió que con los ordinarios la resistencia a la rodadura dependía en gran parte del tiempo, de la presión y de la temperatura atmosférica; la resistencia de arranque o puesta en marcha dependía también de esos factores. Con los cojinetes de bolas se vió, sin embargo, que la resistencia a la rodadura era por completo independiente de aquellos factores y que su valor era inferior en 38 por 100 a la que presentan los cojinetes ordinarios. La resistencia a la arrancada con ejes provistos de cojinetes de bolas no es mayor que la de rodadura y muy inferior a la que oponen los otros cojinetes.

Una experiencia de más de cuatro años ha demostrado que la longitud de los trenes puede aumentarse en 15 a 38 por 100—en relación con la pendiente—cuando se emplean exclusivamente los cojinetes de bolas. No se dió nunca el caso, tan frecuente hasta ahora en los trenes de mineral, de un recalentamiento de los ejes. △

### Reparaciones por el hierro electrolítico.

En una Memoria leída ante la Asociación de Ingenieros Automovilistas de la Gran Bretaña ha descrito Mr. B. Thomas algunas reparaciones hechas en motores desgastados por el uso, valiéndose de aplicación de hierro depositado electrolíticamente. El baño que ha dado mejores resultados consistía en una disolución de sulfato ferroamónico en agua, con la proporción de 75 gramos por litro; la densidad de la corriente era de un amperio por 30 centímetros cuadrados de superficie catódica. La pieza en reparación se suspende de un pescante fijado en el borde del recipiente; el ánodo no es fijo, sino que con auxilio de un motor se le comunica un movimiento de rotación lenta alrededor del cátodo, a fin de asegurar la obtención de un depósito uniforme. Se probaron distintos hierros para ánodo y resultó que el mejor fué el alambre sueco del número 16 de la escala tipo (diámetro 1,5 milímetros), devanado en forma de cilindro y completamente recocido. La temperatura de la disolución debe mantenerse sobre 20° C. y se la debe decantar cada tres días o antes, a fin de eliminar los óxidos y otras materias extrañas que originan superficies rugosas en los depósitos. △