



AÑO LXXXIX

MADRID. = JULIO 1934

NÚM. VII

## Cimentaciones con ensanchamiento de la base

**Condiciones que aconsejan el ensanchamiento de la base de los cimientos y procedimientos para conseguirlo.**

Cuando se tiene que cimentar una construcción muy pesada y el terreno incompresible se encuentra a gran profundidad, resulta en muchos casos más económico apoyar el cimiento sobre un terreno relativamente plástico, que se encuentre más cerca de la superficie, aun cuando en este caso será necesario dar a la base del cimiento una extensión superficial mucho mayor que cuando se profundiza hasta llegar al terreno incompresible o completamente firme.

También puede suceder que un estrato de relativa dureza esté situado sobre otro mucho menos resistente, pero de tanto espesor que la excavación resulte antieconómica y hasta sea imposible recurrir a la hincada de pilotes. En este caso será necesario disminuir las presiones sobre el estrato duro para evitar que pueda romperse si, como sucede con frecuencia, su espesor es relativamente pequeño.

En los edificios de mucha altura formados por entramados metálicos o de hormigón armado, se concentran grandes cargas sobre

unos cuantos puntos del terreno, por lo que, cuando éste es plástico y no se encuentra otro incompresible y resistente a una profundidad accesible, el problema de la cimentación se complica y resulta de resolución difícil. En un edificio de este tipo que no sea muy pesado, los cimientos de los apoyos pueden ser de mampostería, fábrica de ladrillo u hormigón en masa; pero si las cargas transmitidas por los pies derechos son grandes, las dimensiones de los cimientos de fábrica, tanto en planta como en profundidad, tienen también que ser muy grandes, porque bien se sabe que la transmisión de las presiones en el interior de una masa de fábrica se hace según una dirección que forma un ángulo, relativamente pequeño, con la vertical, comprendido entre unos 20 y 30 grados, según sea el material y la clase de fábrica. Estas dimensiones de los cimientos llevan consigo la necesidad de ejecutar grandes excavaciones y un gran consumo de materiales, por lo que su coste resulta muy elevado. Además, un cimiento de esta clase resulta muy pesado, con lo que aumenta la carga, ya grande, que se transmite al terreno.

En el caso de que la capa dura del terreno no tenga un espesor superior a tres o cuatro metros y debajo de ella haya otra más blanda y de mucho espesor, no es posible hacer una excavación muy profunda, porque con ello se debilitaría la capa resistente y es necesario aprovechar todo su espesor, con lo que el cimiento de fábrica tiene que ocupar una gran parte del espacio destinado a sótanos, espacio que podría dedicarse a fines útiles y remunerativos, como a salas de máquinas y de calderas de calefacción, almacenes, tiendas, cafés, bares, etc.

Vemos, por tanto, que las condiciones más comunes que aconsejan la adopción de cimientos con su base ensanchada son:

1.<sup>a</sup> Las condiciones especiales del terreno hacen que sea imposible llevar la cimentación a un terreno resistente e incompresible o efectuar un pilotaje para el sostenimiento de las cargas.

2.<sup>a</sup> La cimentación tiene que tener poca altura para que no penetre demasiado en el estrato de terreno firme de poca potencia y no debilita su resistencia si está situado sobre otro estrato menos resistente y de mucho espesor.

3.<sup>a</sup> Los pilares de cimentación de gran volumen no deben ocupar el espacio correspondiente a la planta de sótanos, que ha de dedicarse a usos comerciales.

4.<sup>a</sup> El peso de la cimentación no ha de ser más que un tanto por ciento pequeño de la carga total que transmite al subcimiento

para evitar que una gran parte de la superficie de la base esté dedicada a sostener el peso propio del cimiento.

5.<sup>a</sup> La separación entre los apoyos del edificio es tal que debajo de cada uno de ellos puede disponerse de la extensión de terreno suficiente para la construcción de un cimiento aislado.

En cuanto a los procedimientos que pueden seguirse para ensanchar la base de los cimientos, los más comunmente empleados son: por medio de un macizo de arena, con entablonados y emparrillados de madera, con emparrillados de viguetas de acero envueltos en hormigón en masa y con losas de hormigón armado.

Los dos primeros procedimientos tienen aplicaciones limitadas. El del macizo de arena no puede aplicarse más que a terrenos secos y estar dispuesto de manera que las aguas pluviales no pueden arrastrar las partículas de arena. El de los entablonados y emparrillados de madera no puede aplicarse cuando las cargas son muy grandes, y es esencial que la madera no esté expuesta a alternativas de sequía y humedad, siendo siempre preferible que dicho material esté sumergido permanentemente, aun cuando se le proteja con un macizo de hormigón.

No nos ocuparemos, por tanto, de estos dos procedimientos para cimentar y estudiaremos solamente las cimentaciones formadas con emparrillados de viguetas de acero y con losas de hormigón armado.

#### **Cimientos con emparrillados de viguetas de acero.**

La principal aplicación de las viguetas de acero en las cimentaciones es para la formación de emparrillados envueltos en hormigón para sostener los apoyos aislados de un edificio cuando están sometidos a grandes cargas. En un principio se emplearon con este objeto carriles viejos, que podían obtenerse a bajo precio, pero en cuanto se fabricaron económicamente barras de otros perfiles se dió la preferencia a éstas, y principalmente a las de sección I, porque, a igualdad de peso, el módulo de esta sección respecto al eje horizontal que pasa por su centro de gravedad es mayor que el correspondiente a la sección de los carriles respecto al mismo eje.

Un cimiento de esta clase está constituido generalmente por una losa de hormigón de unos 30 centímetros de espesor, sobre la que se dispone un emparrillado formado por dos o más capas de viguetas cruzadas, rellenándose los huecos que quedan entre las viguetas con hormigón bien apisonado y recubriéndose el conjunto con una capa

de hormigón, a la que suele dársele un espesor de 10 centímetros. La losa que forma la base del cimiento puede sobresalir del emparrillado la mitad de su espesor, es decir, unos 15 centímetros. La separación máxima entre los bordes de las alas de dos viguetas contiguas de una misma hilada no debe exceder de tres veces el ancho del ala de la vigueta empleada, habiendo algunos ingenieros que opinan que dicha separación debe ser inferior a vez y media el ancho del ala, o sea la mitad del anterior. La separación mínima debe ser tal que permita el apisonado perfecto del hormigón entre las viguetas, por lo que no debe ser inferior a 6,5 centímetros.

Para que no se produzcan deformaciones perjudiciales a la resistencia del conjunto, es necesario que el trabajo en todas las viguetas de una hilada sea el mismo, lo que es muy difícil de conseguir si se colocan las viguetas aisladas y sin ninguna conexión entre sí, porque el hormigón carece de la rigidez necesaria para transmitir horizontalmente las presiones. Este inconveniente se salva con el empleo de separadores, que pueden estar formados por tubos de acero o por piezas especiales de fundición, de las que existen muchos tipos diferentes. Los separadores, además de distribuir las presiones uniformemente por las viguetas de una hilada, las mantienen con la separación debida y evitan que se deformen durante el hormigonado. Los de fundición, especialmente aquellos que tienen igual altura que el alma de las viguetas, tienen el inconveniente de interrumpir la continuidad de la masa de hormigón, por lo que hay muchos que prefieren los separadores formados con tubos de acero.

En un cimiento con emparrillado de viguetas, el hormigón no tiene más objeto que distribuir las presiones sobre la extensión superficial conveniente a la clase de terreno y proteger las viguetas contra la oxidación, por lo que no se tiene en cuenta su resistencia en los cálculos y se da, tanto a la losa de la base como al recubrimiento de las viguetas, el espesor que la práctica ha sancionado.

Las viguetas que hayan de emplearse en una cimentación de este tipo tienen que limpiarse bien, quitándolas todo el óxido, pero no deben pintarse, aunque sí se pueden recubrir con lechada de cemento.

Por lo general, los cimientos con emparrillados de viguetas de acero se emplean en combinación con pies derechos formados con perfiles laminados, pero también pueden emplearse para sostener pilares de mampostería o de fábrica de ladrillo y hasta de hormigón armado, si se quiere.

Cuando el pie derecho que hay que cimentar está formado por perfiles laminados, hay que interponer entre su base y el cimiento una placa de asiento, que puede ser de fundición o de chapa de acero, siendo este último material el más comúnmente empleado. Las dimensiones horizontales de la chapa dependen de las que tenga la base del pie derecho y de las presiones que tenga que transmitir al cimiento. Su espesor se puede calcular por el momento flector máximo que se desarrolla en su centro. Sean  $P$  la carga total aplicada a la base del pie derecho;  $A$  y  $B$  el ancho y el largo de la chapa, respectivamente;  $e$ , su espesor;  $a$  y  $b$  las dimensiones exteriores del cuerpo del pie derecho; y  $R$  el coeficiente de trabajo por flexión del material de la chapa. El momento flector máximo en el centro de la chapa tiene por expresión

$$M_o = \frac{P(A-a)}{8} \quad \text{o} \quad M_o = \frac{P(B-b)}{8}$$

Para un coeficiente de trabajo  $R$  en las fibras más alejadas, el espesor de la chapa debe ser

$$e = \sqrt{\frac{3P(A-a)}{4BR}} \quad \text{o} \quad e = \sqrt{\frac{3P(B-b)}{4AR}}$$

tomándose el mayor de estos dos valores.

#### Cimiento con emparrillado de viguetas para un solo apoyo.

Sean  $P$  la carga total aplicada al pie derecho;  $a$ , la longitud cargada en el centro de una hilada de viguetas;  $s$ , el saliente o voladizo de la misma;  $l$ , la longitud total de una hilada, que es igual a  $a + 2s$ ;  $h$ , la altura de la vigueta elegida para la hilada;  $e$ , el espesor de su alma;  $b$ , el ancho total de las alas;  $n$ , el número de viguetas en la hilada;  $A$ , el ancho total de ésta;  $R$ , el coeficiente de trabajo por flexión del acero;  $R_a$ , el coeficiente de trabajo por alabeo en el alma de las viguetas;  $R_c$ , el coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante; y  $C$ , la fuerza cortante máxima que se desarrolla en una vigueta.

La longitud  $a$  de la parte cargada de la hilada superior (fig. 1), es igual a la dimensión correspondiente de la chapa que sirve de base al pie derecho, y el ancho  $A$  de dicha hilada es igual a la otra dimensión de la misma chapa. En la segunda hilada, la longitud

de la parte cargada es igual al ancho total de la primera hilada, y su ancho es igual a la longitud  $l$  de las viguetas de dicha primera hilada, pudiendo decirse lo mismo de las hiladas sucesivas.

Para calcular el momento flector máximo a que están sometidas las viguetas de la hilada es muy corriente considerar ésta como un voladizo sometido a una carga uniformemente repartida, con

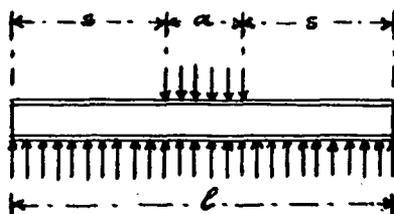


Fig. 1

lo que, siendo  $P$  la carga total y  $l$  la longitud de las viguetas, la carga por unidad lineal será  $P : l$ ; y, como hemos designado por  $s$  el saliente que forma el voladizo, el momento flector máximo será

$$M = \frac{P s^2}{2 l}$$

En lo anterior se supone que la presión sobre la parte cargada se equilibra con la subpresión en la misma parte y no se considera, por tanto, como cargada más que la longitud  $s$  correspondiente al voladizo, es decir, no se tiene en cuenta nada más que una parte de la viga.

Si consideramos que la parte  $a$  está sometida a la carga  $P$  y que toda la longitud de la viga está sometida a una carga igual que la anterior, pero de sentido contrario, que representa la reacción de la hilada que está debajo, o de la losa de hormigón, entonces el momento flector se desarrolla en el centro de la viga y tiene por valor

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{l}{4} - \frac{P}{2} \times \frac{a}{4} = \frac{P s}{4} = \frac{P(l-a)}{8}$$

En este último caso se ha considerado toda la longitud de la viga, lo que parece más racional, y como se obtiene para el momento flector un valor mayor que con la primera hipótesis, lo que es fácil de comprobar, será el que se considere para el cálculo.

Conocido el valor del momento flector máximo en la hilada, se supone un cierto número  $n$  de viguetas para formarla; se determina el momento flector de cada una de ellas y el módulo de la sección, y en un catálogo se busca el perfil conveniente. Elegida la vigueta, lo primero que hay que hacer es comprobar si la distancia libre que queda entre las alas de dos viguetas consecutivas está comprendida entre los límites fijados, para lo que se calculará la separación entre las alas, que es igual a  $(A - nb) : (n - 1)$ . Si la separación que se obtiene con el perfil elegido no es la conveniente, habrá que elegir otro.

Después de hecha la comprobación de la separación de las alas, hay que ver si el alma de la vigueta puede resistir los esfuerzos de alabeo y cortante que se desarrollan en ella por efecto de la carga.

Por medio de numerosos experimentos se ha determinado que el coeficiente de trabajo que puede admitirse para el alabeo en las almas de las viguetas laminadas, es

$$R_a = R - 0,14 \frac{h}{e}$$

en kilogramos por milímetro cuadrado. En las viguetas que tienen cargada una sección  $a$  de su longitud total, el esfuerzo máximo de alabeo, según los experimentos hechos, se desarrolla en una longitud  $a + \frac{h}{2}$ , y tiene por valor

$$\frac{P}{n e \left( a + \frac{h}{2} \right)}$$

pero, generalmente, se le considera igual a  $\frac{P}{n e a}$ , que da un valor algo mayor que el verdadero. Este esfuerzo máximo de alabeo ha de ser menor que el coeficiente de trabajo  $R_a$ .

La fuerza cortante máxima está aplicada a la distancia  $s$  de cada uno de los extremos de la vigueta, y su valor es  $C = \frac{P s}{n l}$ .

El coeficiente de trabajo debido a esta fuerza es  $R_c = \frac{C}{e h}$ , que debe ser inferior a 7 kilogramos por milímetro cuadrado. Si resul-

ta mayor habrá que elegir otra vigueta de mayor altura o de alma más gruesa, o aumentar el número de viguetas en la hilada, si esto es posible.

El número de hiladas que ha de tener el emparrillado depende de la carga y del perfil de las viguetas de que pueda disponerse. Una vez determinadas las dimensiones de la losa de base del cimiento se disminuyen dichas dimensiones en una cantidad igual al espesor de losa, con lo que se tendrán las dimensiones del emparrillado en planta. Si la losa es de planta rectangular se toma la menor dimensión horizontal para longitud de las viguetas de la primera hilada. Se calcula el momento flector y el módulo de la sección para esta hilada, y, suponiéndola formada por un cierto número de viguetas, se elige en un catálogo la vigueta que tenga un módulo mayor que el que se ha hallado, y se hacen las comprobaciones de separación entre las alas y de resistencia que se acaban de indicar. Lo más probable es que se encuentren diferentes combinaciones de viguetas que reúnan las condiciones necesarias, en cuyo caso se elegirá la combinación que pese menos. Si no se encuentra en el catálogo ningún perfil que tenga la resistencia necesaria, no habrá más remedio que emplear vigas compuestas para la primera hilada o disminuir la longitud de ésta. Si se disminuye la longitud de la primera hilada, el emparrillado tendrá que formarse con más de dos hiladas, pero es muy raro que en un cimiento corriente haya necesidad de emplear más de tres.

Para determinar la longitud máxima que pueden tener las viguetas de la hilada superior se elige en el catálogo la vigueta de mayor sección que para el ancho que ha de tener la hilada deje entre las alas el espacio mínimo admisible, y se multiplica el módulo de su sección por el número de viguetas que han de formar la hilada y por el coeficiente de trabajo por flexión del acero, con lo que se tendrá el momento resistente de la sección total. Para que la solución sea económica, este momento resistente tiene que ser igual al momento flector máximo, y como en la expresión de éste figurará como incógnita la longitud de la hilada, no habrá que hacer más que despejar el valor de esta longitud. Se comprueba si la vigueta elegida tiene la resistencia necesaria para combatir los esfuerzos de alabeo y cortante, y, en el caso de no tenerla, habrá que hacer un nuevo tanteo con otra vigueta de perfil diferente.

Para facilitar el cálculo de las cimentaciones con emparrillados de viguetas de acero hemos calculado la adjunta tabla, en la que

figuran las cargas en toneladas uniformemente repartidas que pueden aplicarse para un coeficiente de trabajo de 10 kilogramos por milímetro cuadrado y diferentes valores de  $l - a$ , en metros, a las viguetas que figuran en los catálogos de Altos Hornos de Vizcaya y Duro Felguera. Si se admite un coeficiente de trabajo diferente del que ha servido para calcular la tabla no hay más que multiplicar los valores que aparecen en ésta por  $R : 10$ .

Unos ejemplos nos servirán para aclarar el procedimiento de cálculo.

**Ejemplo de cálculo de un cimiento emparrillado de dos hiladas para un solo apoyo.**

Supongamos que se tiene que calcular el cimiento para un pie derecho cargado con 120 toneladas sobre un terreno que puede someterse a una presión de 22 toneladas por metro cuadrado.

Como desconocemos el peso del cimiento, supondremos que la carga que puede aplicarse al terreno es de 20 en vez de 22 toneladas, con lo que la base del cimiento deberá tener  $120 : 20 = 6$  metros cuadrados de superficie y, por tanto, puede hacerse cuadrada de 2,45 metros de lado. A la losa se le dará un espesor de 30 centímetros.

La chapa de la base de la columna tiene 65 centímetros de lado. El espesor de esta chapa se determina de la manera que se ha explicado.

Como la base tiene 2,45 metros de lado, las viguetas de la hilada inferior tendrán  $2,45 - 2 \times 0,15 = 2,15$  metros de largo, y este mismo será el ancho de dicha hilada. Las viguetas de la primera hilada tendrán también 2,15 metros de largo, pero el ancho de la hilada será solamente de 0,65 metros, que es el ancho de la placa de base del pie derecho, y la longitud de la parte cargada, a la que hemos llamado  $a$ , será también igual a 0,65 metros por ser dicha chapa de forma cuadrada. El valor de  $l - a$  para la primera hilada es  $2,15 - 0,65 = 1,50$  metros, y el momento flector máximo  $M = 120.000 \times 1,5 : 8 = 22.500$  kilogramos-metros. Para un coeficiente de trabajo por flexión de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, el módulo de la sección total deberá ser igual a 2.250 centímetros cúbicos, y suponiendo que vamos a emplear tres viguetas par formar la hilada, el módulo de cada una de ellas deberá ser 750 centímetros cúbicos.

Cargas que pueden aplicarse a viguetas de diferentes alturas

Altura de la vigueta. — Mms.	Ancho de las alas. — Mms.	Espesor del alma. — Mms.	Peso por metro. — Kgs.	Módulo de la sección. — Cms. <sup>3</sup>	Cargas uniformemente repartidas, en toneladas, que pueden aplicarse para un coeficiente de trabajo de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, y diferentes valores de $l - a$ , en metros.																	
					0,75 t.	1,00 t.	1,25 t.	1,50 t.	1,75 t.	2,00 t.	2,25 t.	2,50 t.	2,75 t.	3,00 t.	3,25 t.	3,50 t.	3,75 t.	4,00 t.	4,25 t.	4,50 t.	4,75 t.	5,00 t.
80	42	3,9	5,95	19,5	2,1	1,6	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3		
80	47	8,9	9,05	24,8	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4		
100	50	4,5	8,30	34,2	3,6	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5		
100	55	9,5	12,20	42,5	4,5	3,4	2,7	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7		
120	58	5,1	11,15	54,7	5,8	4,4	3,5	3,0	2,5	2,2	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0	0,9	0,9		
120	63	10,1	15,80	66,5	7,1	5,3	4,3	3,5	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1		
140	66	6,6	14,37	81,9	8,7	6,6	5,2	4,4	3,7	3,3	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3		
140	71	10,7	19,70	98,1	10,5	7,8	6,3	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	1,7	1,7	1,6		
160	74	6,3	17,90	117	12,5	9,4	7,5	6,2	5,3	4,7	4,2	3,7	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5	2,1	2,0	1,9		
160	79	11,3	24,10	138	14,8	11,1	8,9	7,4	6,3	5,5	4,9	4,4	4,0	3,7	3,4	3,2	2,8	2,5	2,3	2,2		
175	80	10,0	28,40	176	18,8	14,1	11,3	9,4	8,0	7,0	6,3	5,6	5,1	4,7	4,3	4,0	3,8	3,1	3,0	2,8		
180	82	6,9	21,90	161	17,2	12,9	10,3	8,6	7,4	6,4	5,7	5,2	4,7	4,3	4,0	3,7	3,4	2,9	2,7	2,6		
180	87	11,9	28,76	188	20,1	15,0	12,0	10,0	8,6	7,5	6,7	6,0	5,5	5,0	4,6	4,3	4,0	3,3	3,2	3,0		
200	90	7,5	26,30	214	22,8	17,1	13,7	11,4	9,8	8,6	7,6	6,8	6,2	5,7	5,3	4,9	4,6	4,0	3,8	3,6		
200	95	12,5	33,95	243	26,0	19,5	15,6	13,0	11,1	9,7	8,6	7,8	7,1	6,5	6,0	5,6	5,2	4,6	4,3	4,1		
220	98	8,1	31,09	278	29,7	22,2	17,8	14,8	12,7	11,1	9,9	8,9	8,1	7,4	6,8	6,4	5,9	5,2	4,9	4,7		
220	103	13,1	39,44	318	33,9	25,4	20,4	17,0	14,5	12,7	11,3	10,2	9,3	8,5	7,8	7,3	6,8	6,4	5,7	5,4		
240	106	8,7	36,19	354	37,8	28,3	22,7	18,9	16,2	14,2	12,6	11,3	10,3	9,4	8,7	8,1	7,6	7,1	6,3	6,0		
240	111	13,7	45,30	401	42,8	32,1	25,7	21,4	18,3	16,0	14,3	12,8	11,7	10,7	9,9	9,2	8,6	8,0	7,1	6,8		
250	110	10,0	38,80	374	39,9	29,9	23,9	19,9	17,1	15,0	13,3	12,0	10,9	10,0	9,2	8,5	8,0	7,5	7,0	6,6		
250	122	10,0	46,55	472	50,3	37,8	30,2	25,2	21,6	18,9	16,8	15,1	13,7	12,6	11,6	10,8	10,1	9,4	8,9	8,4		
250	115	14,0	46,50	448	47,8	35,8	28,7	23,9	20,5	17,9	15,9	14,3	12,9	11,8	11,0	10,2	9,6	9,0	8,4	7,7		
260	113	9,4	41,92	442	47,1	35,4	28,3	22,7	18,9	16,2	14,7	13,1	11,9	10,8	10,0	9,4	8,8	8,3	7,9	7,4		
260	118	14,4	51,80	497	53,1	39,8	31,8	26,5	22,7	19,9	17,7	15,9	14,5	13,3	12,2	11,4	10,6	9,9	9,4	8,9		
280	119	10,1	47,96	542	57,8	43,4	34,7	28,9	24,8	21,7	19,3	17,3	15,7	14,5	13,3	12,4	11,6	10,8	10,2	9,6		
280	124	15,1	58,60	606	64,7	48,5	38,8	32,3	27,7	24,3	21,6	19,4	17,6	16,2	14,3	13,9	12,2	12,1	11,4	10,7		
300	125	10,8	54,24	653	69,7	52,2	41,8	34,8	29,9	26,1	23,2	20,9	18,9	17,4	16,1	14,9	13,9	13,1	12,3	11,6		
300	130	15,8	65,60	727	75,5	58,2	46,5	37,8	33,2	29,1	25,8	23,3	21,1	18,9	17,9	16,6	15,5	14,5	13,7	12,9		
320	131	11,5	61,07	782	83,4	62,6	50,0	41,7	35,7	31,3	27,8	25,0	22,7	20,9	19,2	17,9	16,7	15,6	14,7	13,9		
320	136	16,5	73,20	866	92,4	69,3	55,5	46,2	39,6	34,7	30,8	27,7	25,2	23,1	21,3	19,8	18,5	17,3	16,3	15,4		
					0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00

$l - a$

La vigüeta de 320 milímetros de altura y 61,07 kilogramos por metro tiene por módulo 782 centímetros cúbicos, y como el ancho de su ala es  $b = 131$  milímetros, el espaciado entre las alas resulta  $(650 - 3 \times 131) : 2 = 128,5$  milímetros, que es menor que  $1,5 \times 131 = 196,5$  milímetros. El peso de esta combinación de vigüetas es  $3 \times 61,07 = 183,21$  kilogramos por metro.

Podría haberse elegido la vigüeta con el auxilio de la tabla. Como son tres las vigüetas que se van a emplear y la carga total que tienen que sostener igual a 120 toneladas, a cada una de ellas le corresponden 40 toneladas. En la tabla se ve que la vigüeta que puede sostener esta carga, para  $l - a = 1,50$  metros, es la de 320 milímetros de altura y 61,07 kilogramos por metro.

Como el coeficiente de trabajo por flexión que se ha aceptado es el de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, el coeficiente de trabajo por alabeo en el alma de las vigüetas podrá ser

$$R_a = 10 \cdot 0,14 \times \frac{320}{11,5} = 6 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

El trabajo por alabeo que se desarrolla en el alma de la vigüeta es igual a

$$\frac{120.000}{3 \times 11,5 \times 650} = 5,3 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

menor que el admisible.

La fuerza cortante máxima en una vigüeta es

$$\frac{120.000 \times 1,5}{2 \times 3 \times 2,15} = 13.953 \text{ kilogramos}$$

y el coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante es

$$R_c = \frac{13.953}{11,5 \times 320} = 3,8 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

menor que el admisible.

La hilada superior podrá, por tanto, formarse con tres vigüetas de 320 milímetros de altura y 61,07 kilogramos por metro.

Para la hilada inferior, los valores del momento flector máximo y del módulo de la sección total son los mismos que se han hallado

para la primera hilada, pero como el ancho es mucho mayor que el de ésta, hay que emplear un número mayor de viguetas, las que es evidente tendrán menor sección. El módulo total es 750 centímetros cúbicos y puede obtenerse con las siguientes combinaciones de viguetas:

7 de 240 milímetros y 36,19 kilogramos por metro; 10 de 220 milímetros y 31,09 kilogramos por metro; 13 de 200 milímetros y 26,30 kilogramos por metro. Con la primera combinación el peso por metro lineal de cemento resulta igual a 253,33 kilogramos; con la segunda, 310,90 kilogramos; y con la tercera, 341,90 kilogramos. De esto resulta que la combinación de las siete viguetas de 240 milí-

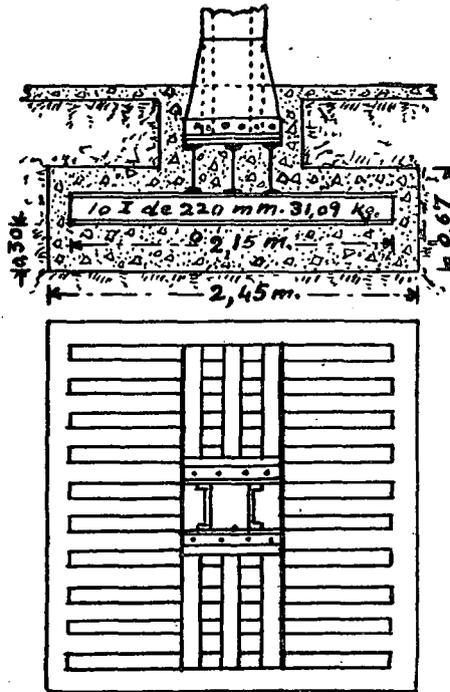


Fig. 2

metros es la más económica, pero como el ala de esta vigueta tiene 106 milímetros de ancho, el espaciado resulta ser  $(2.150 - 7 \times 106) : 6 = 234$  milímetros, que es mayor que  $1,5 \times 106 = 159$  milímetros, por lo que hay que desechar esta combinación.

Después de la anterior, la combinación de viguetas de menor peso es la de diez viguetas de 220 milímetros. El espaciado de las

alas con esta combinación resulta ser  $(2.150 - 10 \times 98) : 9 = 130$  milímetros, que es menor que  $1,5 \times 98 = 147$  milímetros, así que ésta será la combinación que se empleará, siempre que pueda resistir en buenas condiciones los esfuerzos de alabeo y cortante.

El esfuerzo de alabeo que se desarrolla en una vigueta es de 2,28 kilogramos por milímetro cuadrado, y el esfuerzo cortante máximo 2,4 kilogramos por milímetro cuadrado, menores que los que pueden admitirse en cada caso; así que la combinación de viguetas es aceptable y el cimientó puede organizarse como se indica en la figura 2.

Calculado el peso de este cimientó resulta ser igual a 11.340 kilogramos, por lo que la carga sobre el subcimientó será de 131,34 toneladas y la presión por unidad superficial  $131,34 : 2,45^2 = 21,88$  toneladas por metro cuadrado, que es algo menor que la que puede aplicarse al terreno, según las condiciones del problema.

#### **Ejemplo de cálculo de un cimientó emparrillado de tres hiladas para un solo apoyo.**

Supongamos que se trata de calcular el cimientó emparrillado para un pie derecho que sostiene una carga de 300 toneladas y que la presión que puede aplicarse al terreno es de 28 toneladas por metro cuadrado.

Para tener en cuenta el peso desconocido del cimientó supondremos que la resistencia del terreno no es más que de 25 toneladas por metro cuadrado, con lo que la superficie de la base de la losa deberá tener un área de  $300 : 25 = 12,00$  metros cuadrados. Se podrá hacer la losa cuadrada de 3,50 metros de lado, con lo que el área de la base será igual a 12,25 metros cuadrados. Disminuyendo en 30 centímetros las dimensiones de la base, suponiendo que el espesor de la losa va a ser de 30 centímetros, la planta de la base del emparrillado será cuadrada de 3,20 metros de lado.

La chapa de la base del pie derecho tendrá en este caso 1,00 metro de lado, y ésta será la longitud de la parte cargada de las viguetas de la primera hilada. Considerando la longitud total de 3,20 metros, el momento flector en la primera hilada será  $M = 300.000 \times 2,2 : 8 = 82.500$  kilogramos-metros, y el módulo de la sección total para un coeficiente de trabajo de 11 kilogramos por milímetro cuadrado tendrá que ser, por lo menos, igual a 7.500 centímetros cúbicos. La vigueta laminada de mayor tamaño que figura en la

tabla es la de 320 milímetros de altura y 73,2 kilogramos, cuyo módulo es 866 centímetros cúbicos. Para resistir el momento flector hallado se necesitarán  $7.500 : 866 = 8,6$ , ó sea, nueve viguetas de este perfil; pero como el ala tiene 136 milímetros de ancho, las nueve viguetas ocuparán 1.224 milímetros, sin dejar huecos entre las alas, por lo que se ve que hay que desechar esta solución y que no puede emplearse esta vigueta si ha de tener 3,20 metros de largo. Podría buscarse un perfil mayor en un catálogo extranjero o emplear vigas compuestas, pero vamos a procurar resolver el problema haciendo el emparrillado con más de dos hiladas y, utilizando las viguetas que figuran en los catálogos de las fábricas nacionales.

El mayor número de viguetas de 320 milímetros que puede colocarse debajo de la base del pie derecho, con un espaciado mayor que 65 milímetros, es cinco, con lo que el espaciado resulta igual a 80 milímetros. El módulo de la sección de las cinco viguetas reunidas es  $5 \times 866 = 4.330$  centímetros cúbicos, y el momento resistente será  $4.300 \times 1.100 = 4.763.000$  kilogramos-centímetros, o 47.630 kilogramos-metros. El momento flector debe ser igual a este momento resistente, luego podemos establecer

$$\frac{300.000 \times (l - 1,00)}{8} = 47.630.$$

Despejando el valor de la longitud de las viguetas se obtiene  $l = 2,27$  metros, en vista de lo cual haremos la primera hilada de 2,30 metros de largo.

La vigueta elegida tiene 320 milímetros de altura y su alma 16,5 milímetros de espesor; así que el coeficiente de trabajo por alabeo que puede admitirse es

$$R_a = 11 - 0,14 \times \frac{320}{16,5} = 10,7 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

y como el esfuerzo de alabeo que se desarrolla en el alma de la vigueta es

$$\frac{300.000}{5 \times 16,5 \times 1.000} = 3,6 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

la vigueta puede resistirlo con exceso.

La fuerza cortante máxima es

$$C = \frac{300.000 \times (2,3 - 1)}{2 \times 5 \times 2,3} = 16.956 \text{ kilogramos}$$

y el coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante será

$$R_c = \frac{16.956}{16,5 \times 320} = 5,17 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado,}$$

inferior al admisible.

Vemos, por tanto, que la primera hilada puede formarse con cinco viguetas de 320 milímetros de altura y 2,30 metros de largo. El peso total de las viguetas de esta hilada será  $5 \times 2,3 \times 73,2 = 841,8$  kilogramos.

El ancho de la segunda hilada de viguetas es igual al largo de la primera, 2,30 metros, y su longitud será igual a 3,20 metros, que estará cargada en 1,00 metro de su parte central. El momento flector máximo en esta hilada resulta  $M = 82.500$  kilogramos-metros, y el módulo de la sección total debe ser igual o mayor que 7.500 centímetros cúbicos. La vigueta de 320 milímetros de altura y 61,07 kilogramos por metro tiene por módulo 782 centímetros cúbicos, así que podrán emplearse diez viguetas de este perfil. Como el ancho del ala de la vigueta elegida es 131 milímetros, la separación entre los cantos de las alas de dos viguetas consecutivas resulta igual a 110 milímetros.

El esfuerzo de alabeo producido en el alma de la vigueta es de 2,7 kilogramos por milímetro cuadrado y el esfuerzo cortante 2,8 kilogramos por milímetro cuadrado, ambos inferiores a los admisibles. La segunda hilada se formará, por tanto, con diez viguetas de 320 milímetros de altura y 61,07 kilogramos por metro, con lo que el peso total del acero en esta hilada será  $10 \times 3,2 \times 61,07 = 1.954,24$  kilogramos.

La tercera hilada tiene 3,20 metros de largo y está cargada en una longitud de 2,30 metros en su parte central. El momento flector máximo es  $M = 33.750$  kilogramos-metros, y el módulo de la sección deberá ser 3.068 centímetros cúbicos, por lo menos. Este módulo puede obtenerse con varias combinaciones de viguetas, pero el espaciado más conveniente se obtiene con catorce viguetas de 220 milímetros de altura y 31,09 kilogramos por metro, o con quince de

200 milímetros de altura y 26,3 kilogramos por metro. La primera combinación pesa 435,26 kilogramos por metro, mientras que la segunda no pesa más que 394,5 kilogramos por metro, así que ésta será la que se adopte.

Si se hacen las comprobaciones del trabajo por alabeo y por esfuerzo cortante se verá que resultan unos coeficientes de trabajo

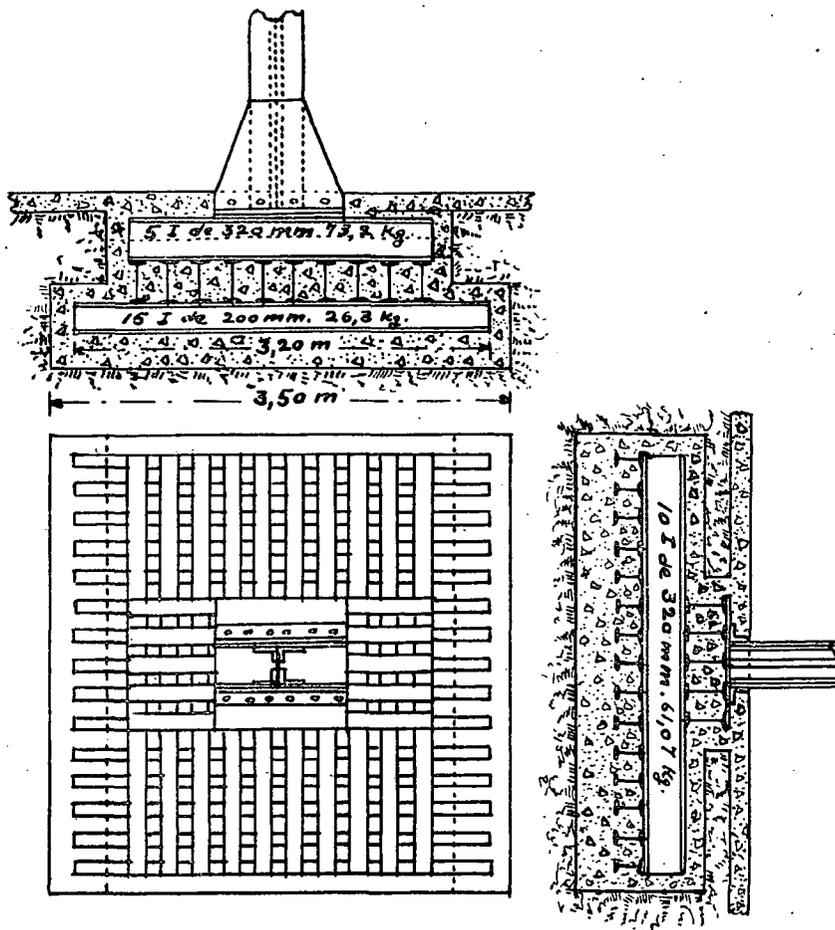


Fig. 3

muy pequeños por estos conceptos, por lo que la hilada inferior se formará con quince viguetas de 200 milímetros y 26,3 kilogramos por metro, con lo que el peso total de la hilada será de 1.262,4 kilogramos.

Para el cálculo de las diferentes hiladas no se ha tenido en cuenta más que la carga transmitida por el pie derecho, aunque en realidad debería haberse tenido en cuenta el peso de las hiladas anteriores en combinación con la carga; pero como el peso de las viguetas es pequeño con relación a la carga y, además, en todas las hiladas hay un exceso de resistencia, los resultados obtenidos son aceptables.

Organizando este cimiento como se indica en la figura 3, su peso resulta ser de unas 29,6 toneladas, así que la carga total aplicada al terreno será de 329,6 toneladas y la presión  $329,6 : 12,25 = 26,9$  toneladas por metro cuadrado, menor que la que puede resistir, según las condiciones del problema.

Tanto en este ejemplo como en el del cimiento con emparrillado de dos hiladas se ha supuesto la base de la losa de cimentación cuadrada, pero el procedimiento hubiera sido el mismo si la planta hubiera sido rectangular. Lo único que hay que tener presente en este caso es que las viguetas de la hilada inferior, lo mismo cuando hay dos que cuando hay tres hiladas, deben colocarse en la dirección del lado mayor del rectángulo.

El que la losa tenga la base rectangular o cuadrada depende de la forma de la sección del pie derecho y, más aún, de la forma de la placa de base del mismo, pero, siempre que sea posible, es preferible hacer la losa de planta cuadrada.

ARÍSTIDES FERNÁNDEZ.

---

## De re bibliográfica

### El libro de Layna Serrano «Castillos de Guadalajara»

Sugestiva materia es la de ese libro para los Ingenieros militares. Objetivamente nos interesa por tratar de fortificación, y subjetivamente también porque, ¿quién no recuerda haber visto en los años mozos surgir entre la arboleda los restos maltrechos del imponente castillo de Torija, o la masa del de Pioz que, como atalaya, indicaba el sitio donde descansaríamos después de penosa marcha por la pedregosa Alcarria? Sólo por esos motivos merecería ese libro un comentario; pero, además, su mérito intrínseco lo hace digno de una reseña algo detenida.

Entre los estudios de arqueología no han sido muy frecuentes los dedicados a esa peculiar y abundantísima rama de los castillos. Modernamente han aparecido algunas monografías aisladas, propaganda las más de las veces de la munificencia de un señor que arregla su mansión y cuyo arquitecto halaga al dueño, elogiando al propio tiempo la obra de reconstrucción, en la que de ordinario ha quedado malparada lo poco que restaba de la vieja fortaleza. Pero obras de conjunto hay pocas, siendo esta de Layna la primera quizás que estudia con el mismo criterio un gran número de castillos.

Nada de extraño tiene el abandono del estudio de esa rama monumental, en que tan rica es España. En general, los castillos que aún no han desaparecido del todo son los que están lejos de vías de comunicación y aun de poblado, lo cual hace difícil y costoso llegar a ellos; situados muchos en lugares inaccesibles, reducidos casi todos al estado de ruinas de difícil estudio y que no parecen ofrecer especial interés, sólo quedan los que tienen tal masa que no ha podido con ellos el tiempo, como el de la Mota, de Medina del Campo, o el de Coca, o los que han seguido teniendo utilización, castrense de ordinario, aunque no guerrera. De todo esto se deduce gran dificultad para el estudio. Por eso mismo es más digno de encomio el libro del que a continuación me ocupo.

\* \* \*

El origen de los castillos en Europa parece hay que buscarlo en las larisas griegas, que eran fortificaciones aisladas donde era posible encerrarse con vituallas y pertrechos para resistir un asedio; estas larisas es probable fueran lo que hoy llamaríamos concejiles. Al surgir en Europa el señor feudal, cuando se paró la marea de la invasión de los bárbaros, surgió en cada agrupación de pobladores el jefe de la tribu que, en cuanto pudo, se fortificó para defender lo suyo y los suyos, apareciendo así el castillo, en general roquero, que en terreno llano se reducía a una torre que luego se llamó entre nosotros albarrana o del homenaje, nombre este último debido a que como era el lugar más noble del castillo donde se guardaban los pertrechos de guerra y las vituallas, era donde se hacía la entrega de mando, que diríamos hoy, y se prestaba homenaje al señor. Esa torre era el último refugio y, precisamente por serlo, no podía ser muy grande, agrupándose alrededor los locales necesarios para la guarnición, cuadras, etc., lo que dió lugar al castillo.

La génesis del castillo español es bastante distinta que en el resto de Europa.

En ésta, la existencia del feudalismo y la riqueza del señor de una comarca, hizo que esas fortalezas fueran a la vez mansiones de una extensión e importancia muy rara en la península, pues cada magnate constituía su pequeña corte, con exigencias suntuarias y de alojamiento que obligaban a construir verdaderos barrios, protegidos por muros circundados de fosos. La persistencia del feudalismo hasta bien entrada la edad moderna y el fraccionamiento político que llevaba consigo, sobre todo en Alemania occidental, hizo que esas construcciones siguieran teniendo utilidad guerrera hasta tiempo bien reciente (final de la guerra de los cien años), y la nobleza siguió viviendo en sus tierras hasta mediado el siglo XVII, resultando de tal estado de cosas político-social que esos castillos no se han abandonado. También contribuyó mucho a que no cundiera el absentismo, la feracidad del suelo que hace amable la vida campesina, y todo ello explica la abundancia de castillos habitados por sus dueños o familiares que hay en casi toda Europa y que, como ocurre en Francia, que sigue llamando castillo a los palacios que sin tener ni haber tenido nunca nada militar están situados fuera de los núcleos urbanos y rodeados de un predio que toma el nombre de dominio, apelativo que mantiene la tradición feudal.

Muy distinto es el desarrollo del castillo español. En la Edad Media tuvieron una razón de ser netamente militar de tipo nacional y no sólo social; eran fuertes destacados que jalonaban las líneas que se iban alcanzando en las luchas con los árabes, donde se establecían los Adelantados de la frontera, amparando al mismo tiempo los escasos pobladores que se arriesgaban a establecerse en la línea avanzada. Este origen explica su gran número y la pequeña superficie que ocupa cada uno. En los pueblos que por rara casualidad no habían desaparecido del todo durante la reconquista, y en las ciudades, el Concejo, con ayuda de la Corona, construía las cercas, que así se llamaban las murallas, cuya guardia quedaba encomendada a la milicia concejil; pero en este caso no existe el castillo, reservándose la función de arsenal, que a este incumbe, a una puerta de la villa. Tal ocurre, por ejemplo, en Madrigal de las Altas Torres (Ávila). En las grandes ciudades, residencia algo prolongada de aquellas Cortes trashumantes de la Edad Media, hay los dos tipos de fortificación: cerca y castillo, pero éste se llama Alcázar, y su estudio no puede ni esbozarse en este trabajo.



y en el Guadalquivir ofrecería líneas casi continuas, de cuyo análisis se sacarían interesantes consecuencias, y respecto al número, basta simplemente ojear un nomenclátor, para ver cuántos pueblos empiezan su nombre por la palabra Castro, prueba palpable de que allí hubo castillo.

Al avanzar la reconquista, los castillos perdían su razón de ser netamente militar, pero las luchas internas a que estuvo sometida la Península del siglo XIII hasta la mitad del XV, les dieron nueva importancia, viéndose obligados los reyes a fortificar algunos puntos, y los magnates a construir nuevos castillos o reparar los viejos, llegando algunos como el Infante D. Juan Manuel a construir o reparar los necesarios para ir de Peñafiel, que era su guarida, a Cifuentes, 160 kilómetros, sin pernoctar ni una noche fuera de castillo propio.

Los Reyes Católicos, para unificar la legislación del Reino acabando con los privilegios y demasías de la nobleza, hubieron de destruir numerosos castillos; la guerra de las comunidades arruinó otros, y el empobrecimiento campesino, juntamente con la atracción de la Corte de los Austrias, dió al traste con los pocos que quedaban, que no teniendo ya objeto alguno fueron abandonándose poco a poco, utilizándose la madera, que era lo único utilizable en aquellos tiempos, y en los modernos la piedra para la grava de carreteras, final éste que ha sido mucho más frecuente de lo que parece. Por todo esto puede decirse que, en Castilla al menos, la historia de los castillos acabó a mediados del siglo XVI. Ese abandono no es sólo de los castillos, también alcanza a los palacios que no estaban en los centros de población. Limitándonos a la zona de Guadalajara, debe nombrarse el magnífico de Cogolludo, abandonado desde que se construyó; al de Medinaceli, jamás habitado por los Duques; y aun el maravilloso del Infantado, de Guadalajara, donde parece que desde mediados del siglo XVII sólo habitaba el portero.

Ese abandono de los castillos es tal que, el autor, viajero empedernido, recordará siempre el asombro que le causó hace ya muchos años encontrar habitable y habitado por su dueño el castillo de Guadamur, en Toledo; pero en todos los demás que había visto era tal el abandono y desolación que les rodeaba, que parecía habían nacido ya arruinados.

Todo lo que hemos dicho se refiere tan sólo a las Castillas, Aragón y sur de España. En la montaña, Asturias y Galicia, las necesidades son otras, distintos el espíritu local y el clima, y como

la Geografía manda en la Historia, surgió allí la casa fuerte, con un desarrollo que no tiene en el resto de España. Y quizás por atavismo, el cariño al terruño se ha conservado más que en otras comarcas, no siendo raro todavía encontrar alguna vieja casona habitada por los dueños que aún tienen a gala hablar del derecho a usar el mismo blasón del fundador de su torre fortificada.

\* \* \*

La casi totalidad de los castillos estudiados por Layna pertenecen a la misma época histórica, siglos XIV y XV, siendo insignificantes los restos árabes que se conservan y muy escasos los elementos con trazas del Renacimiento. Ello justifica no haya intentado el autor una clasificación objetiva y los ordene en forma geográfica, apareciendo tan sólo la indicación de que unos pertenecen al tipo roquero, otros al montano y alguno al palacial. En los primeros, el trazado está subordinado por completo al terreno; en el segundo, el trazadista tiene libertad para proyectar y adopta la planta cuadrada con reducido espacio central para disminuir la obra; en el tercero, la necesidad de tener amplios salones, cuadras y dependencias, obliga a tomar el tipo de gran patio con galerías circundantes, y surge la planta cuadrada, grande o alargada, pero de mucha anchura, tal como ocurre en Jadraque.

El castillo aislado, albergue del señor y su familia, no basta para defender una villa, que requiere cerca para protegerla, enlazada con el castillo. Cuando estas dos clases de fortificación tan distintas por su objeto se presentan unidas, bien puede afirmarse que se trata de una villa de señorío, pues las de realengo y las libres sólo tenían de ordinario la cerca. Con la evolución de los tiempos, al disminuir las prerrogativas del señor fué frecuente el caso de que éste abandonara su castillo principal, retirándose a otro de las inmediaciones y manteniendo en el primero tan sólo algún alcaide.

Cuando el castillo está unido a la muralla del pueblo, es interesante notar la posición de la torre del homenaje en relación con el poblado, pues en Castilla la Vieja, a lo menos, es frecuente que esté en el lado del pueblo y no hacia el campo, como si más bien quisiera dominar aquél que defenderse del enemigo exterior. Es curioso notar que en los castillos que estudia Layna, profundizando en su historia todo lo posible, son muy escasos los recuerdos de acciones bélicas; en casi todos parece que la vida se ha deslizado, si no tranquila, por lo menos pacífica, cosa natural, pues la fortificación ha tenido siempre como objeto aumentar la fuerza del que



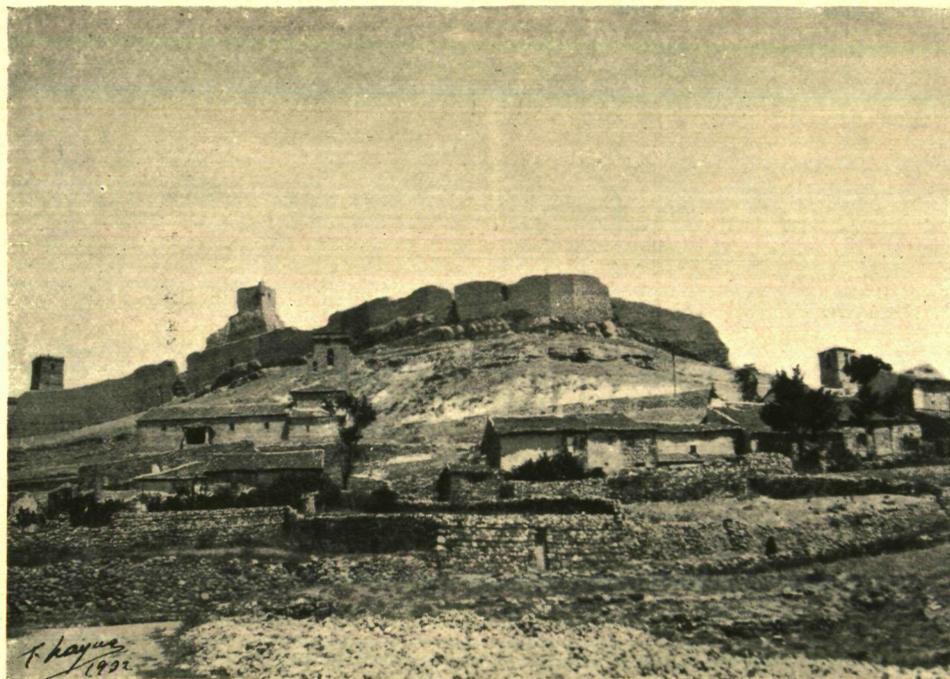
Castillo de Zorita de los Canes



Castillo de Zafra

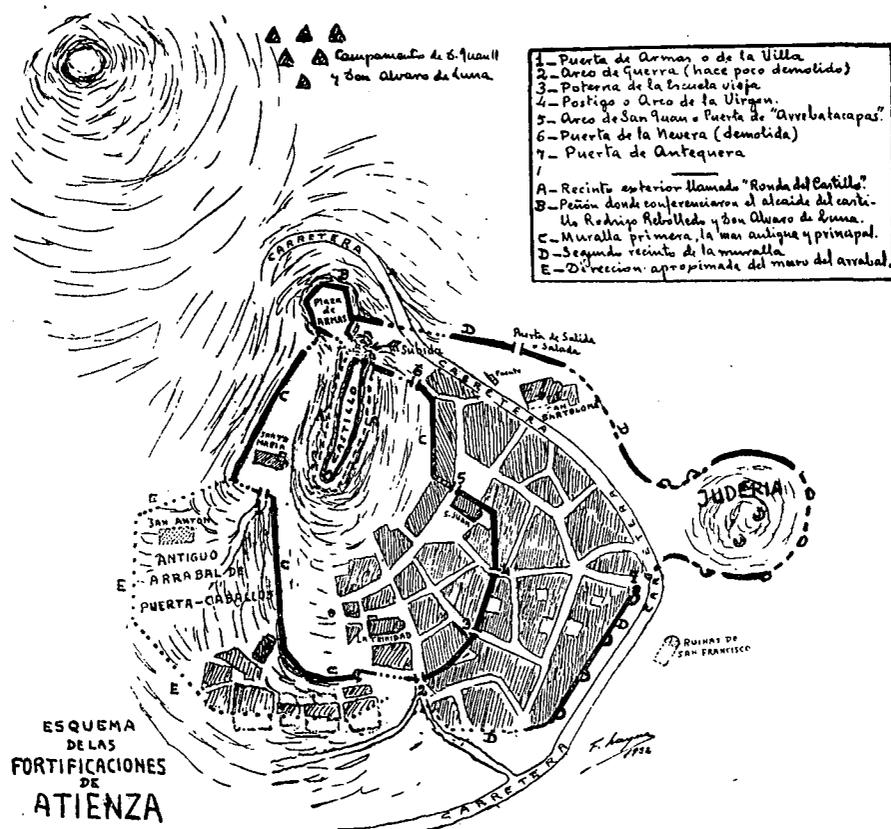


Castillo de Molina de Aragón



Castillo de Atienza

tras ella se ampara, lo cual quita ánimo al contrario, que procuraría no entrar en liza abierta contra señor o alcaide que levantado el puente quedaba bien defendido. Además, expugnar un castillo requería un conjunto de elementos que era muy difícil reunir en la Edad Media, cosa que demuestra el libro que nos ocupa con la relación del asedio al de Torija, que afirmó una vez más lo exacto del proverbio de que un castillo no se gana por fuerza de armas, sino por traición, dinero o sorpresa.



Entre los castillos estudiados por Layna merecen mención muy especial los capítulos dedicados a Atienza y Molina. En el primero estudia y dibuja los dos recintos que rodearon a la villa; analiza minuciosamente el castillo, relata el asedio dado por las tropas del Condestable, indicando el sitio del campamento de los asaltantes, con indicaciones topográficas muy interesantes y con observaciones históricas y sociales sobre el desarrollo de la villa, su evolución a tra-

vés de los tiempos, y hasta de sus festividades, que tienen un origen guerrero. También es muy interesante el segundo, profundizando mucho en el estudio histórico, en cuyo aspecto la obra de Layna es completísima, constituyendo una verdadera historia de la comarca de Guadalajara a fines de la Edad Media. El juicioso espurgo que ha hecho, no ya sólo de libros impresos, sino de viejos cronicones, manuscritos y romances, le han permitido exponer de un modo claro la época turbulenta del reinado de Juan II, con las intromisiones de los Infantes de Aragón y de tantos otros personajes, en forma tan clara, que hace entender episodios históricos difíciles de desentrañar. Y tan complejos sucesos los narra con una galanura de estilo y claridad de exposición muy singulares, hasta conseguir que la profusión de citas vengan hilvanadas de tal suerte que ni la lectura es monótona, ni padece la claridad de exposición.

Es de esperar que algún día amplíe el mismo señor sus estudios a las cercas de núcleos de población, que seguramente la han tenido como Sigüenza, Brihuega, Hita, Vivel y Cifuentes. Ese estudio no ofrecerá para él nuevas dificultades específicas, pues sólo será ampliación de lo ya estudiado, pero será más difícil por la necesidad de bucear entre las casas para encontrar un cubo de la muralla, levantar croquis de calles para estudiar el trazado, labores penosas, pero a las que sabrá dar cima su laboriosidad bien probada.

El interesantísimo libro que nos ocupa sólo esboza en algunos casos el estudio militar de los castillos, porque no analiza las condiciones de flanqueo de cortinas y fosos, ni las características de las aspilleras o troneras lineales o cruciformes, de cuya forma podría deducirse la clase de armas usadas en aquél momento, y de aquí fecha aproximada de la construcción. Es también de lamentar que la profusión de planos levantados por el autor con una laboriosidad y exactitud dignas del mayor encomio, sólo tengan escala un par de casos, porque con esa falta es difícil apreciar la importancia de las fortalezas; cierto que las fotografías dan idea del tamaño, pero más en la elevación que en la planta, y la ausencia de dato numérico desorienta bastante.

Es digna de loa la precisión con que emplea el léxico de fortificación antigua, que es casi desconocido, incluso para los profesionales, pues hay muchas voces tales como barbacana, coracha y albacar, que no se conocen y parecen desusadas, pero no lo son tanto, ya que el albacar, por ejemplo, sigue teniendo aplicación en

la campaña de Marruecos, y el mismo que esto escribe tuvo que construir alguno en el territorio de Ceuta, en cuya ciudad ha existido, hasta hace no muchos años, en las fortificaciones del frente de tierra la plaza del Albarcar, que era un verdadero albarcar, y empleado como tal a principios de este siglo. En cuanto a la coracha (1), no hay ninguna indicación de ella en los castillos estudiados por Layna, salvo en Molina, cosa algo extraña, pues en los situados cerca de los ríos, como el de Zorita, debían tenerla.

El desinterés económico y el interés cultural que ha demostrado Layna al publicar su obra, son dignos de la mayor estimación. Grosero es, sin duda alguna, tratar de valorar en dinero un esfuerzo espiritual del calibre del desarrollado para estudiar y componer ese libro; pero no fuera ocioso, aunque sea imposible, calcular lo que hubiera podido darle a ganar, empleando ese trabajo en profesión lucrativa. Además, el desprendimiento financiero ha tenido que ser considerable, pues su obra es un libro en folio, de 525 páginas, con 119 fotograbados, y editado con verdadero lujo. Este esfuerzo en una materia que no puede tener éxito de librería, es bien poco frecuente,

Por todo ello merece el señor Layna felicitaciones muy entusiasmadas; es digno del agradecimiento de la historia patria, a la que ha ofrendado contribución muy singular, y su libro debe ser adquirido por todas las Bibliotecas y leído por todos los aficionados a la historia y todos los arqueólogos.

La reseña del libro debía acabar con estas palabras; pero el autor de estas líneas espera no serán las últimas que dedique a tan excelente historiador; la preparación que supone lo ya publicado no debe dar como único fruto la obra sobre los castillos de Guadalajara; es de esperar que tenga papeletas guardadas; el estudio de éstas arrastrará el de otras, y todas ellas espero darán lugar a otra publicación en que siga estudiando los castillos de la cuenca del Tajo, pues si empezó por los orígenes, no le será tan difícil completar la línea hasta Portugal, con lo cual la contribución al estudio de la Edad Media, en la interesantísima época que culminó en la toma de Toledo, será muy valiosa.

SALVADOR GARCÍA DE PRUNEDA.

NOTA.—Las fotografías que acompañan este artículo son reproducidas de la obra de Layna.

(1) Véase el artículo del autor publicado en el MEMORIAL DE INGENIEROS en 1911.

## Notas sobre el Curso de Especialización Sanitaria

El día 30 del mes de junio próximo pasado terminó el Curso de Especialización Sanitaria para Ingenieros y Arquitectos Municipales, organizado por la Escuela Nacional de Sanidad por iniciativa de la Asociación de Ingenieros Sanitarios, y atendiendo a los requerimiento de ésta y de la de Ingenieros Municipales.

Al curso han asistido veintiún arquitectos y diecinueve ingenieros, y entre éstos figuraron los militares en activo comandantes Ardid, Gallego; capitanes Maroto, San Martín y teniente Cervera, y en situación de retirados, comandantes Jiménez Montero, Camaña, Gimeno y Azofra y capitán Martínez Franco.

El programa que se ha desarrollado era de ochenta y seis lecciones, actuando como conferenciantes o profesores los ingenieros de Caminos Lázaro Urra, Escario y Paz Maroto; los ingenieros militares Gallego (Eduardo), Casuso y Sabio; los Industriales Martínez Roca, Bastos, Carvajal y Serrano y Agrónomos Soroa y Faura; los arquitectos Anasagasti, Gimeno, Cort, Cárdenas, Sánchez Arcas, García-Morales, Blein, Marsá, Ferrero, Gutiérrez Soto y los señores Sanz Egaña (Director del Matadero de Madrid) y Wynthuisen.

Y es de justicia consignar la desinteresada y continuada gestión, coronada por el éxito, de la Directiva de la Asociación de Ingenieros sanitarios y, además, el agradecimiento que se debe a su ilustre presidente, general Gallego, que tanto afán pone en facilitar y ayudar a los ingenieros militares en la admisión a estos cursos.

El significado de todos los cursos similares dados en la Escuela Nacional de Sanidad, dentro de los límites modestos de su alcance científico y didáctico, es el siguiente:

Acercar la doble tendencia moderna de la Ingeniería por un lado y de la higiene pública por otro.

La Ingeniería penetra íntimamente en la vida social con toda clase de construcciones de edificios, comunicaciones, utilización de energías, etc.; se percató bien pronto de las enormes ventajas económicas y técnicas que, aun midiéndolas exclusivamente desde el punto de vista del rendimiento material del trabajo, la reportaría

la aplicación de adecuadas medidas higiénicas al ritmo vital de los trabajadores.

Y Francia y América nos ofrecen en los primeros lustros del siglo el florecimiento de una ingeniería sanitaria aceptando y aplicando todas las indicaciones de la higiene.

Inversamente, la higiene ha variado de rumbo en lo que atañe a sus bases científicas. Dió un espléndido avance en la prevención eficaz contra las enfermedades infecciosas al cimentarse sobre los descubrimientos de la Bacteriología y Parasitología, pero hoy se conocen sus fallas y se sabe que el rendimiento de la lucha contra las enfermedades infecciosas no alcanza su plenitud si no se apoya al propio tiempo sobre una consolidación de la resistencia individual y colectiva, que depende, en suma, de las condiciones de la alimentación y de la vivienda, en cuya higiene es inexcusable la intervención del ingeniero, pues los de absolutamente todas las especialidades contribuyen al enorme y paulatino esfuerzo para aumentar la producción, asegurar y mejorar la alimentación y el abastecimiento y abaratar e higienizar la vivienda rural y urbana.

En resumen: Se han creado orientaciones técnicas y necesidades pedagógicas nuevas a consecuencia de la convergencia de las sendas científicas y prácticas de la higiene e ingeniería.

Y a tender a satisfacerlas, empujándonos a adoptar las modalidades nuevas, preñadas de posibilidades y eficacia, se consagra la Escuela Nacional de Sanidad.

Estos cursos aún no han adquirido una organización por completo satisfactoria. Requieren mayor solidez y extensión, impedida ahora por insuficiencia de medios, pobreza de locales de la Escuela, sobrecarga de trabajo que pesa sobre el personal docente, etcétera. Sin embargo, como dijo en el discurso de inauguración el eminente doctor Pittaluga, se va ajustando el ideal a las realidades poco a poco, y los vínculos que de este modo se establecen entre los ingenieros de todas las Escuelas especiales, los arquitectos y la Escuela Nacional de Sanidad permiten esperar que den lugar en el porvenir a una colaboración estrecha, nada platónica, sino encaminada concretamente al afianzamiento y a la aplicación de las nociones fundamentales de la higiene pública en todos los medios ciudadanos, en todas las empresas y en todas las actividades populares, por encima de intereses y codicias.

Hay que confesar, no obstante, y así se deduce de un folleto editado por la Dirección General de Sanidad sobre la fecunda la-

bor realizada por ésta, que en el bienio 1932 y 1933 se ha prescindido por completo de esa colaboración indispensable para combatir la excesiva lentitud y poca eficacia en el progreso de las condiciones sanitarias de nuestras urbes y poblaciones rurales.

Hay treinta y dos centros secundarios de higiene rural, Inspecciones provinciales de Sanidad, Institutos provinciales de Higiene. Y no tienen ingeniero ni arquitecto ninguno; ni los hay tampoco que informen, vigilen ni inspeccionen las obras que en los municipios puedan ejecutarse (sobre todo en los de pequeña importancia), para instalar abastecimientos de aguas, alcantarillado, etc.

En algunas de las comunicaciones (veinte trabajos hubo) presentadas por la Asociación de Ingenieros y Arquitectos Sanitarios al Primer Congreso Nacional de Sanidad se solicita ya que se reconozca a la técnica sanitaria (Ingeniería y Arquitectura) el carácter de rama de la Sanidad oficial con iguales honores, derechos e intervención que las otras ramas existentes hoy día. Se pide la aprobación de un plan de saneamiento rural redactado por los técnicos para remediar el atraso sanitario, sobre todo, de la casi totalidad de los pequeños Municipios. Se advierte la necesidad que existe de agregar a las Inspecciones provinciales de Sanidad y organismos de ella dependientes ingenieros o arquitectos encargados de la inspección técnica de las obras sanitarias provinciales o de la ayuda técnica a los pueblos y entidades de la provincia.

Asimismo, se requiere la efectiva organización, dotándola del personal técnico preciso y de los medios materiales necesarios, de la Inspección General de Ingeniería y Arquitectura Sanitarias, de la Dirección General de Sanidad. Y otras medidas se señalan como precisas para eficacia de la Inspección Sanitaria, tal como la unificación de lo legislado hoy y en vigor sobre esta materia, denuncia de locales que no reúnan condiciones de salubridad, determinación de obras precisas, etc., etc. Hasta el próximo año 1935 no habrá otro curso de esta especialización, que parece lo reglamentará la Escuela Nacional de Sanidad en forma que se ajuste a un único programa y plan de trabajo que, con carácter obligatorio, se exigirá a todas las ramas profesionales, no como hasta aquí por separado, sino organizándolo con intervención conjunta de todas ellas.

No dudamos que a esos futuros cursos irán en creciente proporción un gran número de Ingenieros militares, que mostrarán así su interés por recordar, ampliando, conocimientos de tanta importancia para la Sanidad nacional.

J. S. M.

## Dos donativos, uno para material de Ingenieros y otro para premiar a soldados

Con una atenta y anónima carta recibió el excelentísimo señor general de División, Jefe del Estado Mayor Central, D. Carlos Masquelet y Lacacy, cuatro títulos de la Deuda Amortizable al 5 por 100, emisión de 1929, importantes en junto 2.000 pesetas nominales, con la indicación de que con el producto de su venta se adquiriera para el Arma de Ingenieros material telegráfico, radiotelegráfico o de Zapadores, como mejor pudiera ser invertido, por ser esos los servicios del Cuerpo por que siente más simpatía el remitente.

Los títulos han sido negociados por el Banco de España, habiéndose obtenido como producto líquido de la venta la cantidad de 2.013,81 pesetas, y se ha ordenado al Centro de Transmisiones que proponga el material que con dicho importe se puede adquirir. El deseo de no demorar más la publicación de esta nota, que puede servir al donante de acuse de recibo, nos impide determinar por el momento cuál será el material que se adquiera.

\* \* \*

El teniente coronel de Ingenieros D. Luis García Ruiz ha pedido autorización para entregar al Grupo Mixto de Ingenieros número 1, de guarnición en Palma de Mallorca, cuatro títulos de la Deuda Perpetua Interior, serie A, para que con los intereses que producen dos de ellos se premie al cabo o soldado que más se distinga anualmente como telegrafista, y con los devengados por los otros dos se recompense al soldado de Zapadores de aquel Grupo que más se distinga en las clases técnicas, siempre que ambos tengan inmejorable conducta y subordinación intachable.

\* \* \*

El MEMORIAL expresa a los generosos donantes, en nombre del Cuerpo, su profunda gratitud por los donativos.



## NECROLOGIA

### El General de Brigada D. Juan Montero Esteban.

El 19 de mayo del año actual falleció en Madrid el General Montero, quien hubo de tener que desempeñar mando en circunstancias difíciles por los cambios políticos del país.

Tenía dotes extraordinarias de trabajador, como lo atestigua el hecho de que hiciese compatible su actividad oficial con su actuación en la esfera particular, también muy intensa.

Reciba su distinguida familia y, en especial su sobrino, el comandante retirado del Cuerpo, Aceytuno, nuestro más sentido pésame.

#### DATOS BIOGRAFICOS EXTRACTADOS DE SU HOJA DE SERVICIOS

Nació el 20 de abril de 1863. Ascendió a teniente del Cuerpo el 18 de julio de 1882 y a General de Brigada en 13 de septiembre de 1922.

Sus servicios fueron prestados en la guarnición de Madrid, habiéndolo sido principalmente en las tropas de Telégrafos y como ayudante de órdenes de varios Generales, entre ellos Ministros de la Guerra; de General en las Comandancias Generales de la 8.ª, de la 7.ª y de la 1.ª Región.

Desempeñó numerosas comisiones del servicio, entre otras, la de auxiliar del General D. Manuel Benítez en París y Lyon en el estudio de la movilización y reserva del Ejército francés; la de formar parte de la Junta Calificadora de las obras presentadas para el tema de Ingenieros en el concurso de 1920; la de vocal de la Junta de Urbanización y obras afecta al Ministerio de la Gobernación; de la Junta Central para abastecimiento de aguas en la Bases navales afecta al Ministerio de Marina; la de interventor en las obras del nuevo Palacio de Justicia al ser reconstruido después de su incendio, así como presidente de la Junta para adquirir el mobiliario del mismo; finalmente, dirigir el curso de conjunto de Ingenieros, que tuvo lugar en Torrejón del Rey en el mes de junio de 1926.

Era autor de un *Algebra* publicada en 1891.

Poseía las siguientes condecoraciones:

Cruz blanca de primera clase del Mérito Militar.

Cruz de segunda clase de igual Orden y distintivo.

Cruz de Isabel la Católica.

Cruz de la Orden noruega de San Olaf.

Cruz de la Orden portuguesa de San Benito de Avis.

Gran oficial de la Corona de Italia.  
Cruz, Placa y Gran Cruz de San Hermenegildo.  
Gran Cruz del Mérito Militar.  
Medalla de Marruecos.

C.

---

## SECCIÓN DE AERONÁUTICA

### METEOROLOGIA Y AEROSTÁTICA

La catástrofe del globo estratosférico "Sirio Osoaviachim I".

#### I

Después de una ascensión estratosférica con resultado feliz, realizada el 24 de septiembre del año anterior, la Aeronáutica militar rusa ha realizado otra ascensión, que terminó con una catástrofe, el 30 de enero del año actual.

El globo, al parecer de 25.000 metros cúbicos de capacidad, fué construído en Leningrado por la Sociedad Osoaviachim de Aviación y Guerra Química, diciéndose, al parecer, porque no se tiene certeza del dato citado, aunque todos los datos conocidos concuerdan con ese volumen; recordando la Sociedad constructora, el globo fué designado con el nombre que figura en cabeza.

La tripulación estaba constituída por los aeronautas Fedosechenko, Vasenko y Usyskine, saliendo el globo del campo de Matilovo, cerca de Moscú, a las nueve horas y cuatro minutos y tomando tierra a las dieciséis horas y veintitrés minutos violentamente, con muerte de sus tripulantes, en la aldea de Potijsky-Ostrog, a unos 470 kilómetros al SE. de Moscú, siguiendo, en altura, la marcha que indica el esquema que se acompaña (fig. 1), con arreglo a los informes de origen ruso que se van a comentar ahora.

El caso ha sido objeto, como es natural, de apasionadas discusiones entre los interesados en la materia y aún más por las dificultades inherentes a la falta de relaciones con Rusia, que determina la carencia de datos exactos.

Recientemente, en revistas profesionales francesas, alemanas e inglesas, hemos tenido ocasión de ver un extracto tomado, a su vez, de la revista rusa *La Pravda*, del informe que, ante la Academia de Aeronáutica Militar, ha presentado el profesor G. Procofiyev, precisamente piloto de la ascensión estratosférica del 24 de septiembre, sobre la ascensión desgraciada del 30 de enero.

Este informe trata de establecer las causas de la catástrofe, encontrando explicaciones que, a nuestro juicio, no son del todo exactas, siendo recogidas, sin embargo, sin comentario, por las revistas citadas; el deseo de que la revista española que representa la colec-

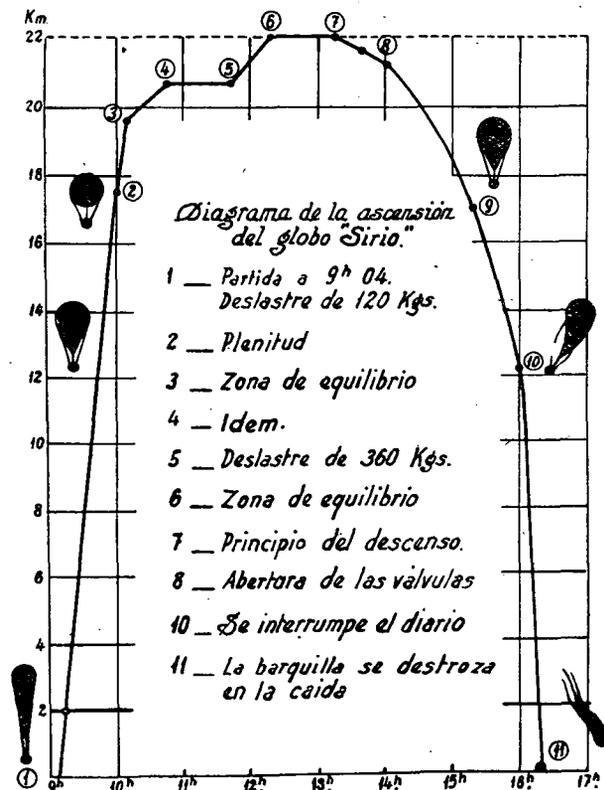


Fig. 1

tividad que inició la Aerostación en España recoja todo lo más saliente en esta actividad aérea, nos lleva a comentar esta ascensión, tanto más cuanto que, estando próxima a realizar la ascensión estratosférica española, el asunto ofrece palpitante interés.

Se verá, con este motivo, cómo, en realidad, la *vieja* Aerostación pudiera llamarse *Tropostática* para distinguirse de la *Estratostática* o ciencia del pilotaje vertical de un globo aerostático en la estratosfera que aparece en la actualidad.

*Cálculo de la altitud alcanzada por un globo.*—Empezaremos por recordar que el cálculo de la altitud alcanzada por un globo o, de otro modo, la nivelación barométrica, es sumamente complicado, laborioso e inexacto, a pesar de las grandes modificaciones introducidas en estos últimos tiempos por la meteorología noruega y el empleo de tablas adecuadas calculadas por Bjerknes; pero, además de estas circunstancias, está el hecho principal de que, según sea el criterio para dividir la atmósfera en capas con arreglo a los datos de temperatura y después, el modo de llevar el cálculo, o sea por el método riguroso de Bjerknes, sea con las modificaciones introducidas, en vista de simplificar, tales como el método holandés, etcétera, así se obtiene una u otra altura y, aunque es claro que las diferencias son pequeñas, sin embargo, *no pueden ser comparables* los resultados si se quiere establecer “una marca”.

Por ello, la F. A. I. ha establecido el criterio de admitir una *atmósfera tipo*, que fué calculada por M. Soreau, figura destacada en la ciencia aeronáutica francesa, en cuya atmósfera, a cada altura, corresponde una presión y una temperatura determinadas por los promedios de los sondeos de los principales observatorios de Europa y, las marcas de altura, se atestiguan por medio de un barógrafo, precintado, de tipo recomendado por sus características, que lleva la aeronave que quiere establecerla.

La marca, pues, es simplemente *de presión* y, por el criterio convencional, aunque razonado, que se ha expuesto, se convierte en marca de altura para tener de ella una idea más vulgar y asequible, sin que pueda atribuirse a este criterio otra clase de valor.

En resumen, para determinar la altitud de un aerostato existen tres procedimientos:

- a) El convencional admitido por la F. A. I.
- b) El basado en las curvas simultáneas de un meteorógrafo registrador de presión, temperatura y humedad.
- c) El que se deduce de las fórmulas aerostáticas.

Los dos primeros son métodos, como se comprende, únicamente *a posteriori*.

El último puede ser empleado *a priori*, siendo, por consiguiente, el método que ha de seguirse en un proyecto.

Como no se dispone de los datos completos de la ascensión rusa, hemos de emplear necesariamente el último método, pero empezando por advertir que, aunque sea el menos exacto, no es tampoco de tal orden la magnitud del error que no puedan tomarse en consideración sus resultados, como lo demuestra, entre otras cosas, el que pueden realizarse los proyectos calculados por su medio.

Empezaremos, pues, por seguir el método de la vieja Aerostación, que pudiéramos llamar tropostático, para hacer después el cálculo con la modalidad estratostática.

La fórmula completa de "deslastre", teniendo en cuenta las variaciones de temperatura del gas y del aire, es:

$$z = \ln \frac{\Delta F}{F} + \ln \frac{\delta}{1-\delta} \cdot \frac{\Delta T_h}{T} - \ln \frac{1}{1-\delta} \cdot \frac{\Delta T_a}{T} (*)$$

en la que representan:

- $z$  — altura alcanzada.
- $\Delta F$  — deslastre.
- $F$  — fuerza ascensional total.
- $\Delta T_h$  — variación de temperatura del gas.
- $\Delta T_a$  — variación de temperatura del aire.
- $T$  — temperatura absoluta inicial común de aire y gas.
- $\delta$  — densidad del gas.
- $l$  — altura de la atmósfera homogénea.
- $n$  — coeficiente del estado politrópico de un gas en la ecuación  
 $p v^n = \text{constante}$ .

$n$  está relacionado con el gradiente térmico por la expresión:

$$n = \frac{3,4}{3,4 - \Delta}$$

siendo  $\Delta$  el gradiente térmico atmosférico o variación de temperatura por 100 metros y 3,6 el gradiente límite en la atmósfera de densidad constante.

Para el gas del globo vale  $n = 1,4$ , si es hidrógeno y,  $n = 1,35$ , si es gas del alumbrado.

(\*) Véase *Hydro-und Aeromechanik*, por Prandtl Tietjens. Tomo I, páginas 45 a 57.

En la fórmula anterior hay que tomar para  $n$  un valor entre el del gas del globo y el que corresponda a la atmósfera, tanto más próximo al de ésta cuanto mayor sea la velocidad del movimiento del globo, o bien el deslastre, por el efecto de la ventilación de que se hablará más lejos.

El primer término de la fórmula citada representa el efecto del deslastre adiabático, es decir, sin tener en cuenta los cambios de calor entre el globo y el exterior.

Si se hace  $n = 1$  ( $p v = \text{constante}$ ) resulta

$$z = I \frac{\Delta F}{F}$$

conocida fórmula de deslastre, pero inexacta, pues supone *isotermos* la transformación del gas y el estado de la atmósfera.

De ella se deduce que si

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{1}{100}$$

se tiene

$$\Delta z = \frac{I}{100} = 80 \text{ metros;}$$

pero este resultado no es rigurosamente exacto.

Los otros dos términos representan el efecto de los cambios de calor y, precisamente, el segundo el de la variación de temperatura del gas y el tercero el de la del aire, suponiendo ambas iniciales las mismas.

Esta fórmula nos permite ver en seguida las diferencias entre diversas *calidades* de ascensión.

El primer término es función del volumen del globo, pues cada globo permite un deslastre máximo; es también función del gas que llene el globo y del *estado atmosférico*; con masa fría, en donde el gradiente térmico es grande, el valor de  $n$  es mayor y, por tanto, *mayor* el efecto del mismo deslastre;  $n$  es, pues, muy variable en las ascensiones troposféricas; en cambio, en las estratosféricas el valor que puede admitirse para  $n$  es casi independiente de la estación.

El segundo término es independiente, hasta cierto punto, de la

clase de ascensión y casi lo es, de hecho, con cielo despejado, pues el *calentamiento* del gas puede suponerse de  $60^\circ$  sobre el ambiente, si el tiempo de permanencia, en una misma altura, es suficiente; en la troposfera puede haber calentamientos mayores, pero no exceden generalmente al citado.

Es a las variaciones de este término a la que son debidas las principales variaciones de altura de un globo: en tiempo nuboso la ocultación del Sol determina en seguida la pérdida consiguiente de altura; si por causa dinámica se inicia un movimiento del globo, entra en juego la pérdida de calor por contacto y disminuye la temperatura del gas.

El tercer término, como se ve, es de signo contrario a la variación de temperatura del aire, lo que hace que, en las ascensiones

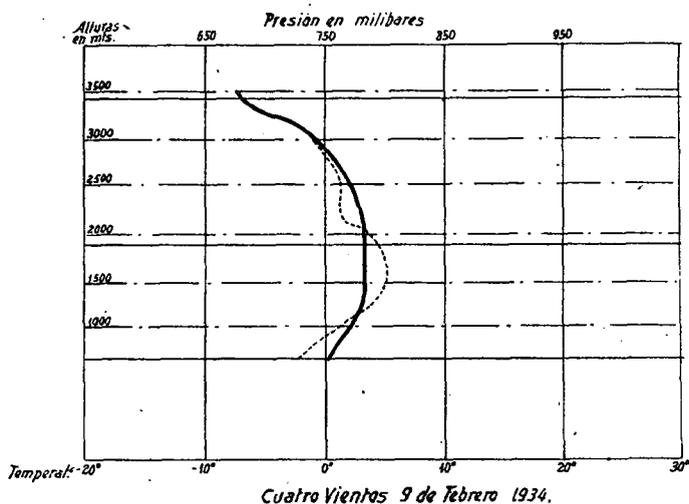


Fig. 2

troposféricas, sea muy distinta su influencia que en las estratosféricas, viéndose aquí una diferencia bien marcada entre ellas.

En las primeras, no pasando la altura corriente de tres kilómetros, está muy influenciada la temperatura superior por las condiciones meteorológicas del momento: existen sondeos de situaciones anticiclónicas de invierno, en los que se ve que la atmósfera está casi isoterma hasta 3.000 metros con una inversión en las primeras capas (fig. 2); hay localidades, en la costa sur de España (Los Alcázares), en donde ésta es casi la situación *normal* de la at-



la "zona de plenitud": si el globo parte *flácido*, entonces hay que determinar previamente dicha zona.

Su determinación puede hacerse hallando, por la fórmula de los gases, la presión a la que el gas ocupará todo el volumen.

*Aplicación al globo Sirio.*—Apliquemos ahora lo expuesto al globo *Sirio*. Según los datos que han llegado a nuestro poder, la fuerza ascensional total era de 2.600 kilogramos y, siendo el peso que insistía sobre el globo, de 2.480 kilogramos, el deslastre inicial suponía 120 kilogramos, muy inferior al de la primera ascensión de Piccard.

Atribuyendo al gas 1,14 kilogramos de fuerza ascensional, lo que

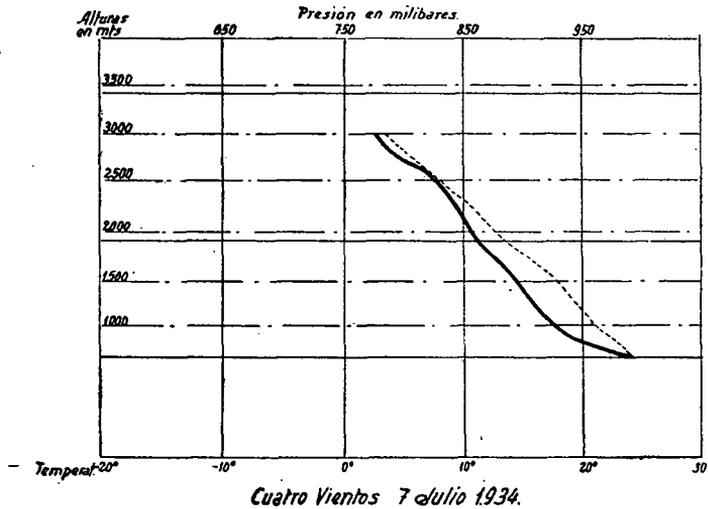


Fig. 4

puede hacerse por las condiciones atmosféricas del día; presión superior a la normal, temperatura baja, altitud pequeña (Moscú 164 metros) y porque, además, se emplearía hidrógeno de buena calidad, resulta un volumen inicial de 2.280 metros cúbicos.

Como del libro de a bordo de la ascensión se deduce que la temperatura del gas era de +4° en la zona de plenitud (el globo iba provisto de termómetro interior con indicación a la vista de los aeronautas), suponiendo de 0° la inicial, la fórmula

$$\frac{p v}{1 + \alpha t} = \text{constante}$$

produce

$$\frac{p'}{p} = 0,0921,$$

y, según la atmósfera tipo, corresponde a una altitud de 16.600 metros.

Aquí se tiene ya una diferencia esencial con las ascensiones troposféricas, pues las fórmulas y métodos aproximados de la baja troposfera hubieran dado errores de gran importancia: la fórmula de Halley, por ejemplo, da 18.950 metros; lo que se comprende por no tenerse en cuenta la disminución de temperatura. En cambio, la fórmula simplificada de Babinet, con la temperatura media, daría 12.500 metros, tampoco conveniente y, sin embargo, esta fórmula da valores bastante exactos para diferencias de altitud que no pasen de 1.000 metros.

Aplicando ahora la fórmula de deslastre citada con  $\delta = 0,11$  e  $I = 6.000$ ,  $n = 1,1$ ,  $T = 273^\circ$ , resulta:

$$z = 303,6 + 1.300 + 158,4 = 1.762$$

de donde la altura de equilibrio

$$z_e = 16.600 + 1.762 = 18.360 \text{ metros.}$$

Nótese que la altura de plenitud hallada no tiene en cuenta el aumento de fuerza ascensional, que equivale a modificación del volumen inicial, resultante de las variaciones de temperatura del aire y del gas; si al llegar a la zona de plenitud ocurre, como en la ascensión rusa, que el aire ambiente estaba a  $-50^\circ$  y el gas a  $+4^\circ$ , la altura de plenitud sería

$$16.600 + 1.300 + 158 = 18.050 \text{ metros}$$

es decir, con el incremento de los dos últimos términos de la fórmula de deslastre.

La Memoria de Procofev señala, como dato tomado con el altímetro de a bordo, una altura de plenitud de 17.700 metros.

Antes de seguir adelante digamos que el término

$$I n \frac{1}{1 - \delta} \cdot \frac{\Delta T_a}{T}$$

vale en la estratosfera  $26 \Delta T_a$  que indica que, por cada grado de diferencia de temperatura en el aire, el globo varía 26 metros de altitud y, con ello, se ve la importancia del hecho registrado por M. Jau-motte, director del observatorio belga de Uccle, de que, a veces, la *tropopausa* tiene temperaturas de  $-20^\circ$  solamente; cuya circunstancia, equivaliendo a  $30^\circ$  de calentamiento, haría perder a un globo una altitud de 780 metros, que es de suficiente importancia en el establecimiento de una marca.

*Método estratostático de cálculo.*—Veamos ahora otro método de cálculo, de modalidad de estratostática, que es el seguido por el teniente coronel Herrera en el cálculo de su ascensión.

Consiste en establecer la fórmula de la fuerza ascensional del metro cúbico de gas bajo la forma

$$f = k p$$

y como el valor de  $f$  se puede deducir a globo lleno con toda exactitud del peso soportado, conocido  $k$  se puede hallar  $p$  y de aquí la altura.

La fuerza ascensional unitaria es de la forma

$$f = a (1 - \delta)$$

y recordando que, al variar la presión y temperatura, el peso específico de un gas tiene por expresión

$$a = a_0 \frac{p}{p_0} (1 - \alpha t)$$

como el gas y el aire estarán a diferentes temperaturas, será:

$$\delta = \delta_0 \frac{1 - \alpha t_h}{1 - \alpha t_a}$$

y, por tanto,

$$f = a \left( 1 - \delta_0 \frac{1 - \alpha t_h}{1 - \alpha t_a} \right) = a_0 (1 - \alpha t_a) \left( 1 - \delta_0 \frac{1 - \alpha t_h}{1 - \alpha t_a} \right) p = k p$$

siendo  $k$  un número que sólo depende de las condiciones iniciales y finales que se supongan.

En el proyecto del teniente coronel Herrera, tomando las de la atmósfera tipo hasta los 20 kilómetros, resulta:

$$k = 1,5 \text{ y } f = 1,5 p$$

En la ascensión rusa;  $a_o = 1,293$ ,  $\delta_o = 0,11$ ,  $t_a = -50^\circ$  ..  
 $t_h = 4^\circ$ , resulta:

$$f = 1,4 p ..$$

Según esto, la altura de plenitud, supuesto que al llegar a ella, el gas tiene ya el calentamiento total, se podrá calcular, por esta fórmula, del modo siguiente:

En esta altura era todavía 2.600 kilogramos la fuerza ascensional total; por tanto, la del metro cúbico sería

$$f = \frac{2.600}{25.000} = 0,104 k p$$

de donde

$$p = \frac{0,104}{1,4} = 0,074$$

que corresponde, en la atmósfera tipo, a una altitud de

$$z = 18.000 \text{ metros.}$$

Nótese, sin embargo, que la premisa establecida de ser 2.600 kilogramos la fuerza ascensional total *no es cierta* más que admitiendo que el gas y el aire siguen siempre a igual temperatura, pues al variar las condiciones varía también la fuerza ascensional total; pero esa variación, en este método, se tiene en cuenta en el valor de  $k$ , según se ha visto.

La altitud de equilibrio, en cambio, se determina exactamente, puesto que en ella no hay duda de que el peso es el que en realidad insiste (claro es que también habría que modificarle por la variación de  $g$  con la altitud) y entonces será:

$$f = \frac{2.480}{25.000} = 0,099$$

con lo que

$$p = 0,0706 \text{ y } z = 18.300$$

Ambos métodos dan, como se ve, resultados concordantes: quedaremos con la altitud de 18.300, que es notablemente inferior a los 19.500 que afirma la Memoria rusa alcanzados por el globo, para conseguir los cuales hubiese sido preciso, con las condiciones de peso señaladas, un globo de más de 30.000 metros cúbicos, pues con este volumen y las temperaturas dadas por la Memoria rusa sólo podría llegarse a los 19.400 metros de altitud.

Aún todavía es mayor la discrepancia en la altitud final.

Dice la referida Memoria que, arrojados nuevos 360 kilogramos de lastre, el globo alcanzó 22.000 metros y esto ya sí que no puede admitirse puesto que, en tanto por ciento, ese deslastre supone el 14,5 por 100, con lo que la nueva altitud sería, independientemente del volumen,

$$66 \times 14,5 = 957 \text{ metros}$$

pero de ningún modo 2.500 metros más, pues ello requeriría o un deslastre triple o un calentamiento quince veces mayor, a todas luces inconcebible y además no señalado; la altitud máxima fué, pues, de 19.317 metros.

Determinada por la fórmula  $f = k p$  se obtiene 19.300 metros.

*Otra expresión de la fórmula de deslastre.*—Para, de otro modo, ver la exactitud de nuestras afirmaciones, indiquemos, por fin, la fórmula del deslastre con la modalidad estratosférica, aplicable *exactamente* en la zona isoterma o subestratosfera.

Para una fuerza ascensional  $F$  a la presión  $p$  será:

$$F = f V = k V p ..$$

de donde  $\Delta F = k V \Delta p$  y siendo  $\Delta F = l$ , resultará:

$$\Delta p = \frac{l}{k V}$$

si se supone el deslastre de *un centésimo*,

$$l = \frac{F}{100} = \frac{k V p}{100}$$

resulta, por fin:

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{1}{100}$$

es decir, la derivada logarítmica de  $p$  deberá ser igual a un centésimo y siendo la fórmula que relaciona  $p$  con  $z$  en la estratosfera,

$$p = \text{antilog.} \frac{1.500 - z}{14.600}$$

tomando derivadas logarítmicas resulta:

$$\frac{\Delta p}{p} = - \frac{L \cdot 10}{14.600} \Delta z_0$$

de donde sustituyendo finalmente

$$\Delta z_0 = \frac{146}{L \cdot 10} = 63,4 \text{ metros,}$$

que coincide sensiblemente con el valor dado por la fórmula,

$$\Delta z_0 = \frac{In}{100} = 66 \text{ metros.}$$

En la troposfera será

$$\Delta z_0 = \frac{In}{100} = 88 \text{ metros,}$$

si la atmósfera se supone isoterma y el gas hidrógeno; si el gradiente es mayor y llega al adiabático, entonces es

$$\Delta z_0 = 120 \text{ metros.}$$

Ese valor de  $\Delta z_0$  se llama "coeficiente de movilidad al centésimo", que se ve que, contra lo que era corriente admitir en Aerostación, de ser siempre 80 metros, es variable con la calidad del gas y con el estado atmosférico, siendo tanto mayor cuanto más elevado sea el gradiente.

El coeficiente de "movilidad propia" de un globo, que es el que corresponde a un deslastre de un kilogramo, vale:

$$\Delta z = \frac{100 \Delta z_0}{F} = \frac{I n}{F}$$

Se deduce, de lo expuesto, que la Memoria rusa no se comprende en muchas de sus afirmaciones y ha sido recogida, sin objeción, por otras revistas, teniendo, como se ha hecho ver, muchas cuestiones dudosas, que aún lo son más en las apreciaciones sobre el descenso, como se verá en el próximo número.

C.

---

## REVISTA MILITAR

**Nuevos materiales para puentes de material reglamentario en experiencia en el Ejército de los Estados Unidos.** (Teniente coronel Hardino. "The Military Engineer". Enero-febrero 1934.)

*Puente de 7,5 toneladas.*—Los apoyos flotantes son pontones metálicos que constan de un esqueleto de aluminio revestido con palastro del mismo metal. El casco está dividido por tres tabiques que tienen por objeto limitar los efectos de hundimiento en caso de ser perforado el casco.

Bajo el casco se han fijado cuatro patines de encina para proteger el fondo cuando el pontón roza con el terreno. A proa y a popa se han fijado dos arganeos para fijar y arrollar los cabos de ancla. Se ha estudiado un sistema especial de unión de las viguetas de puente con las bordas del pontón, con objeto de asegurar una cierta continuidad de resistencia de los tramos con ventaja de la estabilidad de conjunto. En esencia este sistema está formado por un trozo de cuerda metálica fijo al extremo de la vigueta y terminado en una cabeza roscada. A lo largo de la borda del pontón, y además de ella, se coloca un tubo metálico provisto en la parte superior de orificios pasantes y en la inferior de 28 orificios roscados.

Dispuesta la vigueta en el punto de apoyo se pasa la cuerda a través del orificio pasante correspondiente y se fija la cabeza fileteada en uno de los orificios roscados. El avance de la cabeza fileteada en el orificio roscado permite tensar la cuerda y hacer, por tanto, completa la unión de la vigueta al tramo.

Sin embargo, parece ser que esta disposición no es muy práctica en su funcionamiento y se piensa sustituirla por otra accionada por una leva.

El pontón desplaza de 5.670 a 8.170 kilogramos, sobresaliendo las bordas sobre la línea de flotación de 32 centímetros a 0. El pontón pesa 635 kilogramos, tiene una longitud de 8,05 metros y una anchura de 1,5 metros.

Los apoyos fijos están constituidos por caballetes con pies tubulares de acero y cumbreira de duraluminio; el peso del caballete es de 521 kilogramos.

Las viguetas de piso son de abeto, con una sección de 10 por 15 centímetros; para cada tramo se dispone de siete viguetas y dos más para la trinca.

Los tablones son de abeto, con un grueso de 54 milímetros.

La anchura del puente entre las viguetas de trinca es de 3,04 metros.

En total un tramo comprende 9 viguetas y 16 tablones. El transporte del material se efectúa con carros de cuatro ruedas que pueden ser arrastrados por caballos o por tractores. Las ruedas son de dos tipos: con neumáticos o de goma maciza. El peso de un carro vacío es de 1.406 a 1.678 kilogramos, y cargado llega a 3.402 kilogramos en el carro que transporta un pontón.

Cada carro transporta el material completo de un tramo más un pontón o un caballete, más los cuatro elementos para los dos cuerpos muertos.

El tren de puentes empleado en las experiencias comprende el material de 18 tramos con apoyos flotantes, dos con caballetes (cinco caballetes) y dos tramos de cabeza, lo que dan una longitud total de puente de 100,53 metros.

*Puente de 23 toneladas.*—El material es semejante al del puente anterior.

El pontón es de madera, con las siguientes características: longitud, 9,63 metros; anchura, 1,82 metros; profundidad en el centro, 0,99 metros. El pontón completamente seco pesa 1.406 kilogramos; desplaza unas 12,5 toneladas, aproximadamente, sobresaliendo las bordas 22,8 centímetros y unas 16,5 toneladas en inmersión completa. Después de un cierto tiempo en uso, a causa de la absorción de la madera, el pontón llega a pesar 1.800 kilogramos.

Otro tipo de pontón experimentado es metálico, con armadura y revestimiento de acero, con un peso de 1.634 kilogramos.

El caballete tiene un peso de 771 kilogramos. La anchura del puente utilizable es de 3,42 metros. El puente en cada tramo lleva nueve viguetas (15,2 por 20,3 centímetros) y dos viguetas para guía y trincadura. La longitud del tramo varía según se empleen apoyos fijos o flotantes. Los tablones tienen un espesor de 7,03 centímetros y pesan de 41 a 46 kilogramos.

Este puente lleva también unas viguetas transversales que tienen por objeto distribuir uniformemente la carga a todas las viguetas, hasta las de guía y trincadura. Estas traviesas son de madera.

El tren de puentes dispone también de un pontón con motor fuera de borda (motores de 20 y de 16 CV.) y de un tractor con motor de 20 CV. El transporte se hace con medios mecánicos.

*Experiencias.*—Las realizadas tienen por objeto establecer el grado de adaptabilidad del material estudiado a la maniobra en montaña y al lanzamiento del puente; comprobar su resistencia y probar el sistema de carga y arrastre con una larga marcha en carretera ordinaria (diez días de marcha con tracción mecánica).

El río elegido presentaba características poco favorables para la maniobra: anchura variable, de 80 a 162 metros; velocidad de la corriente, de 0,50 a 2 metros por segundo.

Las orillas eran escarpadas llenas de vegetación; los accesos, fangosos y pocos.

En la construcción del puente, los mejores resultados se obtuvieron por el método de pontones sucesivos, con el cual se emplearon cinco minutos para la construcción de un tramo en el puente de 7,5 toneladas y casi el doble para el puente de 23 toneladas. El montaje del caballete presentó dificultades en su montaje a causa del peso de sus elementos; tanto es así que se prefirió colo-

car primeramente el caballete y sucesivamente centrar sobre él el eje del apoyo precedente.

El pontón para el puente de 7,5 toneladas requiere cuatro expertos remeros en velocidades de corriente de un metro por segundo. Los remos son ineficaces en velocidades superiores a tres metros por segundo.

El pontón para el tipo de puente pesado requiere seis a ocho remeros hasta las velocidades de un metro por segundo; para velocidades superiores se adaptó el motor fuera de bordas.

Las pruebas de resistencia llevadas a cabo creando en el puente un tráfico continuo con cargas de varias clases dieron como resultado el que ambos puentes resistieran las cargas máximas para que habían sido calculados.

Se hicieron algunas pruebas de paso. En ellas, la maniobra de la compuerta resultó algo difícil; se notó que pudiera ser facilitada con pontones de motor.

Una compuerta de cinco pontones formada con material de puente de 23 toneladas permite el paso de un carro de combate de 43 toneladas.

En las experiencias de carga y transporte de los pontones se notó gran dificultad para el transporte a brazo, dado el gran peso de aquéllos; se ha pensado transportar el pontón sobre un carretón que durante la marcha se lleva en el carro. Se notó, además, que los pontones de duraluminio se deterioran poco con el uso, mientras que, por el contrario, los de madera quedan pronto fuera de servicio. Se ha decidido, pues, a abandonar el tipo de pontón de madera y adoptar, aun para el puente de 23 toneladas, el pontón metálico.

U.

---

## CRONICA CIENTIFICA

### La celulosa transparente y la conservación de documentos.

La celulosa transparente de tipo acético es muy apropiada para formar cubiertas protectoras destinadas a la conservación de manuscritos o impresos de gran valor histórico, económico o artístico. Su gran transparencia, resistencia a la tracción y suavidad de superficie son características que la señalan especialmente para el objeto arriba indicado.

Las hojas de acetato de celulosa son las más convenientes porque poseen gran estabilidad cuando la celulosa que les sirve de base es de buena calidad y puede aplicarse bajo calor y presión combinados.

El papel que se desea conservar se coloca entre dos hojas de celulosa de tamaño ligeramente mayor, y el conjunto se coloca entre los platillos calientes de una prensa hidráulica; resulta así un todo suave y fuertemente unido con bordes formados por el solape de las hojas de celulosa que, doblados y comprimidos, quedan fuertemente pegados. Esto tiene gran importancia porque los paquetes resultan así completamente impermeables al aire y a la penetración de polvo.

△

## El nuevo hidrógeno.

En una disertación reciente sobre el tema enunciado en el epígrafe ha hecho lord Rutherford algunas manifestaciones sorprendentes y que, indudablemente, son de trascendencia.

Durante más de un siglo hemos creído que el agua era una materia definida químicamente por la fórmula  $H_2O$  con cualidades fijas y reproducibles; pero en el año anterior se descubrió que el hidrógeno es una sustancia compleja, así como poco antes que en el oxígeno existen siempre isotopos, de los cuales unos tienen un peso atómico de 17 y otros, en mayor número, de 18. La molécula ordinaria de hidrógeno se suponía de masa 1, pero también se vió que existía un isotopo de masa 2. Esto conduce a que podamos producir agua pura en la cual el peso de hidrógeno será doble del contenido en agua ordinaria. Este agua tiene el mismo aspecto que la ordinaria, pero sus propiedades son muy diferentes. La densidad del agua pura *pesada* es de un 10 por 100 mayor que la del agua ordinaria, de modo que una persona flotaría en ella; su punto de congelación es  $1,4^{\circ} C.$ , y el de ebullición  $3,8^{\circ} C.$  más elevado. Las demás propiedades, tales como presión de vapor, calor latente, tensión superficial, etcétera, todas difieren de las observadas en el agua ordinaria.

Varios investigadores trataron de ver si podían descubrir el isotopo de masa 2 del hidrógeno; la dificultad consistía en su identificación, y ésta se consiguió con ayuda del espectro del hidrógeno: si el isotopo pesado estaba presente, debería encontrarse un tenue satélite próximo a cada una de las rayas principales del hidrógeno y a una distancia de 1,78 Angstrom de la raya  $H\alpha$ ; los satélites resultaron débiles, pero, mediante la destilación fraccionada del hidrógeno líquido, se consiguió reforzarlos.

Rutherford presentó unos 30 c. c. de agua pura pesada, en la cual el hidrógeno ordinario había sido reemplazado totalmente por el hidrógeno de masa 2; esta muestra había sido obtenida por electrólisis sucesivas de aguas más y más pesadas, hasta llegar a la pureza.

La conductividad térmica del hidrógeno pesado es inferior a la del ordinario; uno y otro pueden separarse por un procedimiento de difusión debido al profesor Hertz, y por este medio se había obtenido el pesado absolutamente puro. Los espectros son muy semejantes, aunque con ligeras diferencias que están siendo estudiadas. La descarga eléctrica se verifica del mismo modo en uno y otro.

El conferenciante cree que el nuevo hidrógeno dará origen a descubrimientos importantes, no sólo en la química, sino también en los procesos biológicos.

Con respecto al nombre que debe darse al isotopo del hidrógeno, opina Rutherford que debe ser *diplógeno*, y su núcleo, *diplón*, conservando los nombres del hidrógeno ordinario y de su núcleo.

En cuanto a la estructura, se debe tener en cuenta que su masa no es exactamente doble de la del hidrógeno ordinario, puesto que el primero se cifra en 2,0136 y el segundo en 1,0078. Es natural suponer que el diplón está formado por un protón y un neutrón combinados, y que si se bombardea el hidrógeno pesado con partículas  $\alpha$  se le podrá romper en dos partes. Los esfuerzos para conseguirlo han sido hasta ahora infructuosos. La dificultad de establecer la estructura se puede apreciar teniendo en cuenta que el núcleo

puede estar compuesto de electrones positivos y negativos, neutrones y protones combinados de distintas maneras. En resumen, puede afirmarse que el nuevo hidrógeno es sumamente interesante, no sólo desde el punto de vista teórico, sino para los físicos prácticos por lo que puede influir en la transmutación de la materia. Los resultados obtenidos hasta ahora difieren de los que se observan con las partículas  $\alpha$  y los protones, y es de esperar que alcancen progresos de consideración en ese aspecto.  $\Delta$

#### **Aleación "Corrix" contra corrosiones.**

En Alemania se ha obtenido una nueva aleación metálica que resiste a la corrosión mejor que las conocidas. Se le ha dado el nombre de "Corrix", y contiene 86 por 100 de cobre, 10 por 100 de aluminio y 4 por 100 de hierro. Según los inventores, en muchos casos alcanza la resistencia a corrosión de los aceros austeníticos cromo-níquel, tan empleados actualmente para pequeñas piezas sometidas a agentes corrosivos. Probadas con ácido clorhídrico, ácido acético, thiosulfatos y cloruro amónico, se vió que los ataques disminuían después de un período de influencia, alcanzando entonces un estado de equilibrio. Esto significa, naturalmente, que la inmunidad no es completa.  $\Delta$

---

## BIBLIOGRAFIA

**Un siglo de progreso en la medición de distancias celestes. — Folleto de 26 páginas del P. LUIS RODÉS, S. J.—1933.**

Es la reproducción de los artículos publicados por el autor en un periódico diario y contiene, como corresponde al lugar en el que vió la primera luz, en forma asequible a todas las inteligencias y con magistral sencillez y sublimidad emparejadas, la exposición de los métodos de los que se ha ido valiendo la inteligencia humana para llegar al conocimiento de las distancias que nos separan de las estrellas, siguiendo para ello un método tan justo y claro que sólo puede ser seguido por quien tiene las ideas aposentadas en su intelecto con la misma claridad y precisión.

Con un breve apuntamiento de la marcha general seguida para encontrar las distancias de los astros, empieza a descubrir el método trigonométrico de investigación para las distancias más pequeñas con la medida de la paralaje, que permite la exploración hasta la distancia de trescientos treinta años-luz; sigue luego con el método del brillo que amplía el sondeo cósmico hasta los trescientos mil años de luz; continúa la exposición de los procedimientos basados en la periodicidad del brillo y el llamado de las estrellas nuevas, que alarga la penetración en el cosmos hasta los novecientos mil años de luz, terminando con breve cita sobre el fenómeno del corrimiento de las rayas del espectro que lleva a mediciones que alcanzan la distancia inconcebible de ciento setenta millones años-luz; todo ello avalorado, como al principio se dice, con la sencillez y elevado lenguaje apropiados a la grandeza del tema.

Corresponde bien a la autoridad científica de su autor.

C.