

PUERTO DE BILBAO ⁽¹⁾

(CONCLUSIÓN)

Se procede, entre tanto, á llenar de agua el cajón, mediante una bomba centrífuga suspendida en el extremo de la grúa *Titán*, y movida por el motor eléctrico de ésta, cuya operación se acelera, abriendo una pequeña compuerta que el cajón lleva, hasta que éste quede bien asentado sobre la base de escollera, que se enrasa previamente con una campana de buzo.

Como por bien que se sujete el cajón del modo antes indicado, siempre se mueve más ó menos, según el estado del mar, no es fácil que, en el momento de quedar asentado sobre la escollera, se encuentre exactamente alineado en su posición verdadera, así es que no pueden menos de resultar pequeñas imperfecciones en el asiento, que ya estaban previstas en el proyecto. Asentado el cajón sobre la escollera, urge macizarlo con rapidez, pues por más que está reforzado interiormente en toda su altura con una celosía longitudinal y dos transversales que dividen el cajón en seis compartimientos, la mar, si llegara á picarse, lo destruiría fácilmente estando vacío, así es que, no bien ha quedado asentado el cajón, se introducen en él 12 bloques de hormigón de 30 metros cúbicos cada uno, formando dos hiladas de á 6 bloques, cuya operación se efectúa por lo general durante el mismo período de la bajamar en la que se ha presentado el cajón.

Estos bloques tienen 4 metros de longitud, 3 metros de latitud y 2^m,50 de altura, siendo las dos primeras dimensiones algo menores que las correspondientes á los compartimientos de los cajones, para que puedan entrar en ellos con facilidad. Con las dos hiladas de bloques, se forma, por lo tanto, una altura de 5 metros, que en unión con el espesor de 1^m,50 de la tongada inferior de hormigón, hacen un total de 6^m,50, quedando así 0^m,50 para completar los 7 metros de altura que el cajón tiene.

Este espacio y los huecos comprendidos entre los bloques y entre éstos y las paredes del cajón, que forman un volumen total de 137^m,78 metros cúbicos, se rellenan con hormigón de cemento de Portland, elaborado en la misma proporción que el empleado en la tongada inferior, formando así el cajón un conjunto monolítico de $13 \times 7 \times 7 = 637$ metros cúbicos. El relleno de que tratamos se efectúa achicando antes, con la bomba centrífuga ya citada, el agua contenida en el interior del cajón, y suele hacerse á veces todo él en la bajamar siguiente á la en que el cajón se coloca, y de lo contrario se termina en la inmediata.

Sobre el monolito fabricado del modo que se ha descrito, se procede inmediatamente á construir la superestructura correspondiente, formada, en sus paramentos, de 8 bloques de á 30 metros cúbicos cada uno, y un relleno interior de hormigón de fraguado rápido, que contiene 127,50 metros cúbicos, y cuyas operaciones se realizan con facilidad en 8 horas consecutivas, toda vez que en la parte superior se puede trabajar en pleamar, así es que todas las operaciones necesarias para colocar en obra un cajón, macizarlo y construir encima la superestructura correspondiente, que sin contar el parapeto forma un volumen total de 1.004,50 metros cúbicos, se efectúa ahora, cuando la mar está bella, en un espacio de tiempo de 30 á 32 horas, contando las que se pierden durante dos pleamares, habiendo llegado el caso de efectuarse en 26 horas, aunque es de advertir que, á veces, se altera el mar y queda interrumpido el trabajo durante uno ó varios días. Hay que tener en cuenta también el tiempo que se necesita para enrasar la escollera con la campana de buzo, que varía mucho de un punto á otro, pues á veces se encuentran muchas desigualdades que allanar, y se tarda dos días, y otras, por el contrario, se efectúa en un solo día.

Por todas estas circunstancias es muy variable el número de cajones que durante un mes pueden colocarse, habiendo llegado varios meses al máximo de 9 cajones, mientras que en otros no

se ha podido colocar más de 6, y aun menos, cuando ocurren circunstancias extraordinarias, ya por el estado del mar, ó por alguna avería de la maquinaria ó aparatos empleados en la construcción de la obra.

En fin del año económico correspondiente, ó sea en 30 de Junio de 1893, quedó el rompeolas con una longitud de 610^m,60, comprendiendo el pequeño trozo que se apoya en el escarpe de la costa. En el mes de Julio de dicho año se colocaron 9 cajones, y 6 en Agosto, quedando suspendido con ellos la campaña de aquel verano, pues los contratistas emplearon el mes de Septiembre en la colocación de los bloques exteriores de defensa que se ponen con la grúa *Titán* al pie de los cajones, y en rellenar algunos de los huecos comprendidos entre los cajones colocados en la campaña del verano de 1897, y que habían tomado su posición de equilibrio.

Reanudados los trabajos el día 19 de Abril último, se colocaron 2 cajones en los restantes días de este mes, 7 en el mes de Mayo y sólo 5 en el mes de Junio, por haber estado movida la mar durante muchos días; de modo es que el número total de los colocados en el año económico se eleva á 29, que teniendo en cuenta las aberturas ó huecos comprendidos entre ellos, forman una total longitud de 211^m,70. De manera que, añadiendo éstos á los 610^m,60 antes expresados, forman un total general de 822^m,30 para la longitud que el rompeolas tenía en 30 de Junio de 1899, de la que, descontando los 25^m,80 construídos sobre las rocas contiguas á la costa, se reduce á 796^m,50.

Además de los trabajos de que se deja hecho mérito, se han ocupado los contratistas en completar la escollera del basamento donde han de asentarse los cajones en las próximas campañas, y en rellenar con bloques de 30 metros cúbicos los huecos que aún quedan en la parte superior de la defensa exterior, que sólo pueden ponerse en obra en pleamares vivas, y cuando la mar está muy tranquila. También se ha construído un trozo de 46 metros de longitud del parapeto superior, sobre una parte de la superestructura hecha en el verano de 1897, y se han asentado al pie del paramento interior de la superestructura, y en una longitud de 210 metros, los bloques artificiales que han de formar una banqueta que sirva para regularizar las imperfecciones inevitables que en la colocación de los cajones se originan, ya porque no es posible ponerlos en obra con exactitud matemática en la misma alineación y al mismo nivel, sino también porque después de colocados sobre la escollera, se asienta mucho ésta, ya por el peso de la superestructura y de la grúa *Titán*, como por la acción del mar durante el invierno siguiente, surgiendo de esta suerte algunas irregularidades que se corrigen con la banqueta expresada. Para formar esta banqueta se eleva, desde el pie del cajón hasta el nivel de bajamar viva, la escollera de la herma interior, encima de la cual se colocan los bloques que forman la banqueta, que tiene 2 metros de altura y un espesor que varía desde 1^m,90 que en la base tiene, hasta 1^m,00 en la coronación, de donde resulta un paramento en talud que contribuye á la estabilidad de los bloques y al mejor aspecto de la obra. Los pequeños intervalos comprendidos entre estos bloques y las paredes de los cajones, se rellenan con hormigón hidráulico, quedando así una banqueta, de ancho uniforme, al pie del paramento interior de la superestructura, que tiene además la ventaja de preservar la pared del cajón y de cubrir eficazmente los intervalos comprendidos entre los cajones.

Como el sistema de construcción que hemos descrito empezó á emplearse durante el verano de 1895 y han pasado cuatro inviernos sin que haya ocurrido la menor avería en la obra que se está ejecutando, es de esperar que no las haya tampoco en adelante, con lo cual se habrá acreditado el procedimiento para mares de la violencia del golfo de Vizcaya. Una de sus principales ventajas estriba en la independencia en que se hallan los trozos de superestructura construídos sobre cada cajón, para efectuar sus asientos correspondientes, pues como no quedan enlazados unos con otros, pueden descender con entera libertad á medida que se construyen, según la mayor ó menor cohesión que la escollera inferior tiene. Cuando en lugar de proceder de este modo

(1) Véase el número anterior.

se construye á mayor ó menor profundidad debajo de bajamar con bloques aparejados, puestos en seco debajo del agua y con mortero encima de ella, se corre el riesgo, cuando los bloques inferiores descansan sobre escollera ó fondo que no sea de roca, no sólo de que se abra ó rompa la superestructura, dislocándose toda ella á causa de los asientos, sino también de que la parte de la misma, construida encima de bajamar con mortero, no pueda seguir los movimientos de la parte inferior, y quede apoyada á largas distancias sobre la misma, dejando intervalos donde la parte inferior no recibe el peso de la superior, lo cual facilita el que la acción del mar saque de su sitio á muchos bloques asentados debajo de bajamar, y produzca averías de consideración, como en bastantes rompeolas ha sucedido.

Desde que se coloca un cajón sobre su base de escollera hasta que se concluye la superestructura que sobre él descansa, desciende, como término medio, 0^m,20 próximamente; pero después, con el peso y maniobras de la grúa *Tithin* y con la acción de los temporales durante el siguiente invierno, llega á bajar 0^m,40 próximamente, pudiendo estimarse en un total de 0^m,60 lo que cada trozo desciende como término medio, de donde puede inferirse lo que resultaría en otro género de construcción que no tuviera la facilidad de asentarse que nuestro sistema tiene.

Pasado un invierno, apenas se nota en ellos movimiento alguno, de modo es que puede procederse entonces á rellenar las juntas con hormigón hidráulico y á construir el parapeto, aunque para mayor seguridad siempre se deja transcurrir más tiempo antes de efectuar estos trabajos.

Durante el pasado invierno se han refugiado muchos buques al abrigo del trozo ya construido del rompeolas, y como á la terminación de la campaña de este verano tendrá próximamente una longitud de 940 metros, se podrán utilizar como fondeadero unos 800 metros, no teniendo en cuenta la parte contigua á la costa; y como quiera que, colocando en él boyas de amarra, podrán efectuar allí sus operaciones de carga y descarga, con auxilio de gabarras, algunos trasatlánticos de carrera fija, á los que no convenga entrar en la ría, estamos estudiando el proyecto del establecimiento de dichas boyas, para someterlo pronto á la aprobación superior.

ESTABILIDAD

de las construcciones de hormigón de cemento armado. (1)

(Continuación).

Así, por ejemplo, los cuadros de los párrafos 24, 26 y 27 dan para la viga *K*

	24	26	27
$\alpha =$	10	1	2
$r =$	134.000	733.000	410.000
$x =$	0,254	0,210	0,450
$u =$	0,885	0,885	0,885

y se deduce

	24	26	27
$3u - x = 2,655 - x =$	2,401	2,134	2,205
$\alpha r x (3u - x) =$	817.200	815.000	813.700
$\frac{\alpha r x (3u - x)}{6} =$	136.200	135.800	135.600

(1) Véase el núm. 1285.

Estos tres valores de la relación $\frac{\alpha r x (3u - x)}{6}$ no presentan más que pequeñas diferencias, que resultan, sin duda, de la necesidad de despreciar algunas cifras decimales al efectuar los laboriosos cálculos numéricos de los párrafos 24, 26 y 27. Por otra parte, cada uno de estos tres valores es sensiblemente igual al cociente $\frac{M}{b h^2}$, como debe suceder.

Efectivamente, para la viga *K* tenemos

$$\frac{M}{b h^2} = \frac{11.000}{0,30 \times 0,52^2} = 135.800.$$

Se ve que es posible obtener el valor exacto de $\frac{\alpha r x (3u - x)}{6}$, aun cuando se determinen los factores *r* y *x* haciendo respecto á la magnitud α una hipótesis cualquiera, justificada ó no.

Del mismo modo, si se determinase experimentalmente el valor medio aproximado r_n , x_n de cada uno de los factores *r* y *x* atribuyendo á α un cierto valor α_n , se podría obtener la razón $\frac{\alpha r x}{3}$ con exactitud suficiente admitiendo que

$$\frac{\alpha r x}{3} = \frac{\alpha_n r_n x_n}{3} \quad (136).$$

Así, haciendo $\alpha_1 = 1$, hemos encontrado en el párrafo 26: $x_1 = 0,52$ y $r_1 = 692.000$ kgs.; en este caso la expresión (136) da

$$\frac{\alpha r x}{3} = \frac{\alpha_1 r_1 x_1}{3} = 119.947.$$

Por otra parte, en el párrafo (27), la hipótesis $\alpha_2 = 2$, nos ha dado $r_2 = 387.500$ y $x_2 = 0,45$. En este caso la expresión (136) conduce á

$$\frac{\alpha r x}{3} = \frac{\alpha_2 r_2 x_2}{3} = 116.250.$$

Como la diferencia entre estos dos valores numéricos de $\frac{\alpha r x}{3}$ es pequeña, podría considerarse este punto como suficientemente probado. Pero nos ha parecido necesario comprobarlo mediante otra tercera hipótesis respecto al valor de α , y hemos supuesto $\alpha_3 = 5$, de donde se saca $\alpha = 5 b$. En este caso, las fórmulas (117) y (123) dan respectivamente

$$x h = \frac{2 b h^2 + 9 \omega b + 8 b e^2}{4 b h + 9 \omega + 16 b e} \quad (136 \text{ bis})$$

$$r = \frac{6 M}{5 b h x (3 \delta - x h)} \quad (137).$$

Aplicando estas dos fórmulas á las vigas *F*, *F'*, *F''*, *G* y *K*, hemos obtenido el cuadro siguiente, en el cual se consignan además los valores de ρ calculados por medio de la fórmula (125).

En la hipótesis $\alpha = 5$, se obtiene, según esto, $r_5 = 199.000$ kilogramos y $x = 0,333$; la expresión (136) da entonces

$$\frac{\alpha r x}{3} = \frac{\alpha_5 r_5 x_5}{3} = 110.445.$$

Los valores obtenidos para $\frac{\alpha r x}{3}$ á saber: 119.947, 116.250 y 110.445 no son idénticos, pero difieren poco. Sus diferencias provienen de que, por razón de la constitución de las vigas experimentadas en 1898, hemos tenido que calcular los valores numéricos de *r*, no con la fórmula $r = \frac{3 M}{\alpha x b h^2}$ que corresponde á la del número 112, $M = \frac{\alpha r x}{3} b h^2$, sino con la relación (123) que equivale á

$$r = \frac{6 M}{\alpha x b h^2 (3 u - x)}$$