

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 30 DE ABRIL DE 1887.

4.^a Serie.

Tomo 5.^o

Número 8.^o

AÑO XXXV DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Puerto de Barcelona. Estudio teórico y práctico de los bloques huecos propuestos para la construcción de los nuevos muelles, por D. Julio Valdés, Ingeniero de Caminos.—Condiciones que deben reunir las viviendas para que sean salubres, por D. E. Estada, Ingeniero de Caminos.—Puerto de Lisboa, por D. Fernando García Arenal, Ingeniero de Caminos.

PUERTO DE BARCELONA

ESTUDIO TEÓRICO Y PRÁCTICO DE LOS BLOQUES HUECOS PROPUESTOS PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS MUELLES.

A poco de encargarme de la sub-Dirección de las obras del puerto de Barcelona, que desempeño hace ya más de cuatro años, pude observar que el sistema generalmente adoptado para las fundaciones bajo el nivel del mar de los muelles interiores, adolecía, en mi concepto, de algunos pequeños defectos, no bajo el punto de vista técnico, que es completamente satisfactorio, sino bajo el económico, por cuanto los bloques de hormigón empleados en dichas cimentaciones, daban una resistencia algo exagerada á la construcción, que podía disminuirse sin menoscabo de la estabilidad de las obras con el ahorro consiguiente en el coste.

Dediqué, pues, mi atención al estudio de este interesante problema, tratando de encontrar una solución, mediante la cual, sin disminuir sensiblemente el espesor de los muros en su base, se lograra aligerar su peso en condiciones convenientes para su resistencia, y de aquí la idea lógicamente deducida de la sustitución de los bloques macizos por los huecos. Al efecto aproveché la primera ocasión que se me presentaba en el proyecto de uno de los muelles divisorios de las dársenas y el antepuerto, en cuyo estudio propuse á la superioridad la adopción del nuevo sistema, con el que, á mi juicio, se conseguirían dos ventajas importantes: la primera, una gran economía de material, y la segunda, otra no menor en la mano de obra para su colocación, por cuanto el menor peso de los bloques permitía aumentar su altura y volumen aparente, disminuyendo en consecuencia el número de hiladas necesarias para las fundaciones, que quedaban reducidas á *cuatro* en vez de las *seis* generalmente adoptadas, y sin necesidad de

reformular en lo más mínimo el material disponible para su remoción y manejo.

La Superioridad, empero, sin desechar la idea, se sirvió disponer que para el muelle proyectado, que en el plan general de distribución del fondeadero se denomina *Muelle de Cataluña*, se siguiera adoptando el empleo de los bloques macizos y que, «para poder juzgar de la conveniencia de adoptar el empleo de los bloques huecos en la construcción de otros muelles, deberá hacerse un *estudio teórico detallado* referente á las condiciones de economía de los muros que con ellos se formen, en comparación con los construídos en iguales condiciones de resistencia con bloques macizos, teniendo en cuenta los espesores y el peso de los materiales.»

Claro es, aunque esta deducción no se contenga de un modo expícito en el dictamen de que se ha hecho mención, que á dicho estudio comparativo deberá preceder el de comprobación de la perfecta estabilidad de los muros de *bloques huecos* en todas las hipótesis admisibles en la práctica de estas construcciones; por cuanto, de lo contrario, resultarían estériles los cálculos para la determinación de esta igualdad en el equilibrio estático de ambos muros, si unos y otros careciesen de las condiciones precisas para su resistencia.

Tal es, por lo tanto, el objeto de esta Memoria, en la que no sólo se plantean y desarrollan las cuestiones antes indicadas, sino la no menos interesante, en mi concepto, de la estabilidad propia de los modelos de bloques huecos que se proponen, y de la que se desprenden algunas curiosas deducciones, que debidamente ampliadas por personas de más aptitud y competencia en el asunto, podrán servir quizás de alguna utilidad en la práctica.

PRIMERA PARTE

ESTUDIO TEÓRICO DE LOS MUROS.

Descripción.—Los muros de bloques, bien se destinen á la formación de muelles llamados de *costa* ó á la de los transversales que avanzan en el mar para el cerramiento de las dársenas, tienen una altura común de **8,00** metros, igual á la profundidad ó cota líquida de aquéllos en la baja mar, desde cuyo punto se gana la rasante definitiva de la esplanación por un segundo muro de fábrica de sillería y mampostería hidráulica, que constituye el muelle propiamente dicho, y cuya altura media entre su plano de fundación sobre la última hilada de bloques hasta el llamado de coronación, puede graduarse en 2,^m60.

La colocación, unas sobre otras, de las diversas hiladas de bloques, no

se efectúa en prolongación de los planos verticales de las inferiores, sino dejando pequeños retallos, cuyas dimensiones varían, naturalmente, con el número de bloques empleados; y claro es que siendo aquéllos de igual longitud, ambos paramentos del muro resultarán inclinados paralelamente del lado interior ó de las tierras, disposición aconsejada de antiguo por la ya mencionada Junta en su dictamen relativo al proyecto del Ingeniero señor Rafo, y acertadísima, á mi juicio, por cuanto todos sabemos que el perfil de ella resultante es teóricamente el más económico para una resistencia determinada. Como la estabilidad del conjunto será tanto mayor para un mismo peso ó volumen de material empleado, cuanto mayor sea la inclinación del muro sobre el terraplén, no habrá otras limitaciones para fijar este talud, y por consecuencia, la amplitud del retallo en cada una de las diversas combinaciones de bloques que la necesidad de que la vertical del centro de gravedad del sistema pase por el plano de asiento inferior, y la conveniencia de que el punto de intersección no se aparte mucho del centro de aquél, y á una distancia menor de $\frac{1}{6}$ de anchura, condición precisa para que todos sus puntos trabajen por compresión.

El talud medio más conveniente, teniendo en cuenta estas circunstancias, y la posición del muro ó muelle superior, resulta de $\frac{1}{10}$, mediante el cual, y para el caso que ahora se considera de *cuatro* bloques huecos de 2,™00 de altura y 3,™75 de longitud, la dimensión ó amplitud de los retallos queda fijada en *veinte* centímetros.

Las hiladas de bloques se colocan asimismo á juntas alternadas en sentido vertical, como los muros ordinarios formados por sillares. Esta disposición es muy conveniente, teniendo en cuenta sus condiciones teóricas, por cuanto contribuye á repartir las presiones normales ó que se produzcan accidentalmente en las hiladas superiores, sobre una base mucho mayor de sustentación; pero en la práctica no deja de ofrecer algunos inconvenientes, de los que me limitaré á citar como el más grave la dificultad de obtener en la primera hilada un plano horizontal continuo; bastando un ligero desnivel entre dos bloques inmediatos, de *uno á dos* centímetros, para que todos los bloques superiores se apoyen por sus aristas de contorno, que forzosamente habrán de aplastarse bajo la enorme carga á que resultan sometidas.

Debo, por consiguiente, hacer constar que, siendo independientes estos defectos del sistema definitivo elegido, bien sean macizos ó huecos los bloques empleados, he partido en mis cálculos del supuesto teórico de un asiento perfecto, ó sea de una horizontalidad completa de las hiladas y del contacto íntimo y absoluto de sus diversos elementos.

La disposición general descrita, aplicada al caso actual, de *cuatro* bloques huecos de 2,™00 de altura, es la representada en la figura adjunta,

cuya simple inspección bastará para dar una idea clara y definitiva del conjunto.

Datos del problema.—Para proceder al cálculo de la resistencia de este sistema, sometido á la acción, ya continua, ya intermitente, de ciertos esfuerzos: unos, que pueden definirse y prefijarse con exactitud; otros, cuya intensidad puede variar en virtud de las hipótesis más ó menos racionales que se establezcan para su medición, hay que proceder, si se quiere obtener un resultado satisfactorio, y prescindiendo por ahora del método de cálculo elegido, á una clasificación perfectamente clara y racional de los diversos datos del problema, comenzando por fijar aquellos que deben juzgarse invariables y que somos dueños de apreciar con toda exactitud, y establecer para los restantes, por medio de apreciaciones prudenciales, una serie gradual de valores, que se irán combinando de un modo sucesivo con los primeros, desde las hipótesis más ventajosas á las más desfavorables en la práctica.

Entre aquéllos, además de las dimensiones generales ya apuntadas; referentes á las alturas y espesores de cada parte ó detalle de la construcción, deberán incluirse los pesos específicos de los materiales que han de formar el muro, como elemento resistente; los empujes de las columnas líquidas que gravitan sobre el paramento exterior; los coeficientes del deslizamiento entre los diversos elementos de la fábrica y de ésta con el suelo ó base de fundación, y finalmente, los coeficientes ó límites prácticos de resistencia al aplastamiento ó compresión, de los materiales empleados.

Entre los segundos deben incluirse la diversa naturaleza de los productos que han de verterse en los terraplenes interiores y los pesos específicos medios resultantes de su combinación, la cohesión de las tierras y de éstas con la fábrica del muro, los ángulos con la horizontal del llamado *talud natural de las tierras*, y del que depende naturalmente la determinación de los prismas de máximo empuje, y finalmente, el límite máximo de las sobrecargas que pueden actuar sobre los terraplenes de los muelles, graduadas por su repartición uniforme en la unidad de superficie.

Nuevos muelles de Amberes.—Antes de proceder á la evaluación, ya exacta, ya aproximada, de estos datos, no creo inoportuna la consignación en este lugar de los que han servido de fundamento al cálculo de los muros que forman los nuevos muelles de Amberes, cuyas grandiosas obras, en las que se ha invertido en pocos años la enorme suma de cuarenta y cuatro millones de francos, son reputadas universalmente como un verdadero modelo de construcción.

Dichos datos, fijados de común acuerdo entre los constructores señores Couvreux y Hersent y la Comisión de Ingenieros nombrada para redactar las bases generales del concurso, son las siguientes:

Altura media de los muros desde el cimiento á la coronación..	15, ^m 00
Cota líquida bajo el nivel de baja mar equinoccial.	8, ^m 00
Peso específico de las mamposterías.	1.800 kilogramos.
Idem de las tierras.	1.500 »
Sobrecarga sobre el muro y el terraplén (por metro superficial)..	6.000 »
Angulo de deslizamiento de las tierras..	45° »
Coeficiente de cohesión de las tierras y de éstas con el muro.	0,00
Empuje de las cargas líquidas.	0,00

No entra en mi ánimo, pues tendría ciertamente visos de ridícula jactancia, hacer la crítica de estos fundamentos de cálculo, que no dudo habrán sido seriamente meditados y con exacto conocimiento de los materiales y circunstancias de localidad, toda vez que han intervenido en su fijación buen número de Ingenieros de excelente y merecida reputación científica. Pero si considero que su aplicación á los muelles de nuestro puerto, no obstante la notable semejanza en la mayor parte de sus condiciones de construcción, nos conduciría á resultados poco favorables para garantizar su perfecta estabilidad en todos los casos, ó por el contrario, podría parecer ésta exagerada en ciertas circunstancias.

El peso, fijado, en efecto, como término medio al metro cúbico de las diversas fábricas, será sin duda exacto en aquella localidad por la combinación de materiales excesivamente ligeros; pero es inadmisibles en su aplicación á la nuestra, como más adelante veremos, toda vez que este dato es de aquellos que pueden prefijarse con certeza, y que si bien la adopción de un peso menor como elemento de resistencia puede influir ventajosamente en las condiciones de estabilidad, creo más lógico conseguir este objeto, exagerando por exceso la intensidad de los elementos desfavorables, en cuya determinación existe alguna vaguedad, que no debilitando los resistentes susceptibles de ser previstos con toda exactitud.

En cambio el peso del metro cúbico de terraplen deberá aumentarse para el cálculo definitivo de la resistencia, disminuyendo, por el contrario, el ángulo con la horizontal, designado para el talud natural de las tierras, so pena de obtener un empuje harto débil en relación con las verdaderas condiciones de los elementos que lo producen.

Los terraplenes en aquellos muelles se han formado, en efecto, de un modo análogo al de los nuestros, vertiendo en la parte inferior de los mismos la arena procedente del dragado en el lecho del Escalda, hasta una altura dependiente del nivel de la masa líquida disponible, y por lo tanto,

mucho mayor en aquel punto, en que la marea tiene una considerable amplitud, y completando la explanación con el vertimiento de las tierras y escombros producidos por los desmontes y demoliciones. Y como quiera que la densidad de la primera, considerándola humedecida, puede llegar á 1,9 y la de las tierras y escombros puede variar de 1,5 á 1,7, de aquí que el peso medio del metro cúbico de terraplen deba considerarse superior á 1.500 kilogramos y el talud natural inferior á 45°, límite aplicable tan solo á la parte más elevada y de menor cota de la explanación.

La sobrecarga máxima de 6.000 kilogramos por metro superficial, no peca tampoco de excesiva; pues si bien en la generalidad de los casos no alcanzará ciertamente esta cifra, puedo citar otros muchos, al menos en las condiciones de tráfico de nuestro puerto, en que dicho límite puede llegar á más de *siete* y aun muy cerca de *nueve* toneladas por metro cuadrado, bastándome citar los enormes depósitos de carbón, de adoquines y de lingotes ó barras de hierro y plomo. No hay que olvidar tampoco que esta sobrecarga se ha supuesto aplicada á la vez sobre el terraplén y sobre el muro; y esta última hipótesis no debe tenerse en cuenta para obtener el máximo de resistencia, toda vez que puede suceder con frecuencia en la práctica que el muro ó la explanación se encuentran cargados aisladamente; y en el segundo caso, el esfuerzo de empuje ha de resultar mucho mayor que en el que se considera la gravitación simultánea sobre el macizo resistente.

Nada diré de la nulidad atribuida á los coeficientes de cohesión de las tierras y de éstas con las fábricas, por cuanto esta hipótesis generalmente adoptada, sobre simplificar extraordinariamente los cálculos, contribuye al aumento de estabilidad sin error apreciable en los resultados, dado el pequeñísimo valor de estos elementos de resistencia.

Por el contrario, la omisión hecha en los cálculos de los muelles de Amberes de la contrapresión ejercida por la carga líquida exterior, no puede adoptarse para los muelles de nuestro puerto, y la razón es bien sencilla. Calculando, en efecto, para las alturas de fábrica antes indicadas los empujes producidos en ambos paramentos, resulta, aun en las favorables hipótesis establecidas, 44.348 kilogramos para el de las tierras y 32.000 kilogramos para la contrapresión del fluido; y como quiera que sus brazos de palanca ó distancias entre sus puntos de aplicación y la base del muro miden respectivamente 5,^m00 y 2,^m67, los momentos contrarios de ambas fuerzas tendrán por valores correspondientes 221.740 y 85.440 kilogramos; es decir, el primero será próximamente *tres* veces mayor que el segundo, y de aquí que pueda despreciarse el último sin riesgo de llegar á espesores exagerados, y la justificación de los demás elementos del cálculo, al parecer poco adecuados á una gran estabilidad.

En nuestros muelles, las condiciones son completamente distintas. La altura de la carga líquida es casi constante y poco menor que la total del terraplén. De aquí que las contrapresiones de aquélla sean, no sólo un elemento importantísimo para el equilibrio estático de la construcción, sino que en muchos casos, y á poco que descienda el límite de las sobrecargas, superará su correspondiente momento al del empuje de las tierras, haciendo variar el punto de intersección con la base del muro de la llamada *curva de presiones* al lado opuesto de la vertical que pasa por su centro.

Los coeficientes de estabilidad obtenidos para las diversas secciones de los muelles de Amberes resultan en sus límites mínimos de 3,66 para el de resistencia al giro y de 1,26 para el de deslizamiento. Algo escaso parecería el último si no se tuviera en cuenta la omisión hecha de la contrapresión exterior y lo esmerado de estas notables construcciones.

Muelles de Barcelona.—Para la determinación de los datos fundamentales en el cálculo de estos muros, conviene distinguir separadamente los dos casos principales que pueden presentarse en la ejecución de estas obras, según que los muelles á que pertenezcan se hayan de construir y explotar con los servicios complementarios de grúas, embarcaderos y tinglados, como en los muelles de costa, y en general en los que tienen sus paramentos del lado de las dársenas, ó bien carezcan de aparatos fijos y móviles para el descenso ó elevación de las cargas y de los espacios determinados y prescritos para depósito provisional de las mercancías, como en los muelles situados del lado del antepuerto. Claro es que las condiciones en que debe calcularse la resistencia de unos y otros han de ser muy variables, y para demostrarlo basta fijarse en la diferente entidad y naturaleza de los servicios que en ellos han de desarrollarse.

(Se continuará)

JULIO VALDÉS,
Ingeniero de Caminos.

CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LAS VIVIENDAS PARA QUE SEAN SALUBRES

Al estudiar las condiciones que deben reunir las viviendas para que sean salubres, ha de atenderse:

- 1.º A la situación y orientación de los edificios.
- 2.º A su construcción.
- 3.º A su ventilación y saneamiento.
- 4.º A su uso y aprovechamiento.