

OBRAS DE PUERTOS.

En los núms. 4, 5 y 6 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS hemos leído dos artículos que tratan de la cuestión de construcción de puertos; el primero anónimo, y el segundo suscrito por el Ingeniero D. P. P. de la Sala.

Dedicados á esta clase de construcciones desde hace algunos años, y deseando aprender cuanto á ellas se refiera, así como emitir nuestra opinión, aunque poco autorizada, sobre lo que la experiencia nos ha enseñado de esta clase de trabajos, diremos cuatro palabras acerca de la cuestión de que se trata.

Esta se reduce á saber: qué sistema de construcción es preferible en las obras de puertos, entre el de las escolleras de piedra perdida ó el de paramentos rectos ó con pequeña inclinación, no escalonados, ejecutados desde el fondo del mar; pero regularmente paramentados, ó en otros términos, escolleras de piedra perdida ó escolleras concertadas, con bloques naturales ó artificiales de hormigón hidráulico, entendiéndose que esta preferencia debe resultar considerando la cuestión facultativa y económicamente en tiempo y dinero.

El primero de estos artículos, ó sea el anónimo, después de pasar en revista los diferentes modos de construcción que hoy se conocen; las obras ejecutadas en muchos puntos del extranjero, y los buenos y malos resultados que estas obras han producido; observa los inconvenientes con que se ha tropezado, y sin decirse abiertamente á dar su opinión sobre ninguno de los sistemas, se inclina sin embargo, algún tanto en favor de las escolleras de piedra perdida.

El Sr. Perez de la Sala en sus artículos apoya francamente el sistema de escolleras concertadas, en paramento recto ó con pequeña inclinación, revestidas con bloques artificiales, como superior á las escolleras de piedra perdida, y promete escribir otro artículo.

Estamos de acuerdo con el parecer del Sr. Perez de la Sala, ó sea con el sistema de muros paramentados desde el fondo del mar con bloques artificiales de hormigón hidráulico, y sólo diferimos, en que en nuestro concepto los paramentos escalonados tienen hoy ventajas sobre los rectos ó de pequeña inclinación, y deben adoptarse con preferencia á estos (1).

(1) Nunca se ha dicho que el paramento sea liso; las palabras iguales del primer artículo son las siguientes: «Un talud de $\frac{1}{10}$ procura retallos de suficiente anchura para corregir las irregularidades del asiento. Si no fuese para obtener estos retallos, era inútil el talud que se le da: suponiendo las hiladas de 1 me-

Más adelante daremos las razones en que nos fundamos.

El sistema de escolleras de piedra perdida, ó sea el antiguo, considerado facultativamente, es insostenible en mares abiertos y bravos como los de la costa de España, pero particularmente en la Cantábrica, allí donde el fondo en que debe construirse un puerto de refugio no sea menor de 12 metros. Porque ¿quién se atreverá á fijar el volumen que deberá darse á los bloques naturales que deben revestir el interior del muro de refugio ó rompe-olas, teniendo en cuenta las canteras todas de la costa explotadas y por explotar? Y dado el tamaño que se creyese suficiente para ese fondo, y en mar completamente abierto á las olas del noroeste, ó mar de leva, ¿se podrían extraer esos bloques de las canteras á precios regulares y aceptables? Supongamos un volumen para concretar la cuestión; se trata de hacer un puerto de refugio en la costa cantábrica, en mar abierto y en un fondo de 12 metros, en baja mar equinoccial. Queremos suponer que los bloques naturales del revestimiento exterior del muelle sean de 10 metros cúbicos cada uno, y creemos que es bastante pedir, preguntamos ahora, ¿quién se atreverá á sostener que en algún punto de la costa cantábrica puede una cantera dar el número suficiente de estos bloques para el revestimiento exterior de un muelle de refugio? Y dado caso de que hubiese empeño en conseguir esto, ¿á qué precio se obtendría el metro cúbico?

La experiencia de esta clase de trabajos nos ha demostrado que ni es posible, ni sería emprender tarea semejante, ni de extraerse esas grandes masas, podrían ponerse en obra con los precios á que se obtiene la sillería que hoy empleamos, perfectamente labrada y asentada.

Pero supongamos que aunque á precio de la sillería se obtienen esas masas, ¿quién responde ahora de la estabilidad de esa escollera arrojada en desorden á costa de tanto gasto? Nosotros no; y si alguno se atreviera á responder de que estos bloques no los moverá el mar estando sueltos, le diremos: se conoce que no teneis noticia de que en un puerto nuevo de la costa cantábrica existe un bloque que podeis ver cuando gustéis, y mide 10 metros cúbicos de volumen, que habiendo sido arrojado con otros en desorden al lado exterior de un muro ó muelle, para

tro de altura, los retallos son de 0,10 metros, que nos parece dan suficiente base para atender á las imperfecciones de asiento; si así no fuese, se aumentará el talud, pero lo suficiente tan sólo para llenar aquel objeto. En Dover, cuyo dique citamos tantas veces, las hiladas están dispuestas por escalones, es, pues, excusado cuanto en el artículo se dice para demostrar que el paramento no ha de ser liso sino escalonado.

Madrid 15 de Junio de 1865.

revestimiento de una escollera, se encuentra hoy del lado interior del mismo muelle, lanzado por una ola por encima del muro, que tiene seis ó siete metros de altura con otro tanto de espesor (1).

De manera que se ve bien por la muestra, que no sólo el mar remueve un bloque suelto de 10 metros cúbicos, sino que arrancado del fondo es capaz de lanzarlo por encima de algunos metros de su superficie. Ahora bien, ¿qué volumen deberán tener los bloques naturales de revestimiento exterior de un escollera para un puerto de refugio, en la seguridad de que no sólo no los lanzará el mar por lo alto, sino que no serán removidos de su sitio? ¿Y de dónde se sacarán y á qué precio? Creemos haber dicho lo bastante, aunque mucho pudiéramos extendernos todavía sobre esta cuestión.

El otro sistema, ó sea el de los muelles paramentados desde el fondo con bloques artificiales ó sillares de gran tamaño, presenta varios inconvenientes para su ejecución en nuestro modo de ver. Indudablemente que este sistema es el verdadero, y la tendencia y el sentido común dicen que á esto se debe aspirar, hacer dentro del agua lo que se hace fuera: muros sólidos y bien contruidos, empleando en ellos el menor material, tiempo y dinero posibles.

Uno de estos inconvenientes es la enorme dificultad que para nosotros hay en colocar todo lo bien que se coloca fuera del mar la sillería, ó bloques que deben formar los paramentos del muro, desde el fondo hasta la línea del nivel de baja mar. La precisión que el cantero emplea para asentar bien los sillares de un muro fuera del agua, ayudado del nivel y la plomada, es imposible que la pueda emplear metido en una escollera, trabajando dentro del mar, y si el muelle ha de construirse bien, es preciso que así sea, porque de otro modo el macizo presentará pocas garantías de estabilidad, muchos agujeros de ataque para el mar y mal aspecto para el resto del muro, de no venir desde abajo perfectamente alineado y en plomo, ó con la pequeña inclinación que lleva este fuera de aguas. Únicamente á fuerza de muchísimo tiempo, trabajo y gran gasto, podría hoy obtenerse con los medios auxiliares de que disponemos, un paramento medianamente construido, y no creemos que este gasto, trabajo y tiempo corresponda á las ventajas que proporciona (2).

Hay un sistema que en nuestro concepto es hoy más aceptable que ninguno de estos dos, que si bien no tiene todas las ventajas que presentaría el de paramento recto desde el fondo, tampoco es tan difícil ni costoso, que tiene las ventajas de los escolleros de piedra perdida y ninguno de sus inconvenientes; este sistema es el que representa el dibujo de la lámina 59 de la Revista, con algún menor talud en el cuerpo constantemente sumergido (sistema propuesto por el Ingeniero D. S. G. Regueral en su proyecto de puerto de refugio del Musel, en la concha de Gijón). Consiste este, como

se ve en la citada lámina, en un escollera de piedra perdida, revestida por ambos lados de bloques artificiales de hormigón hidráulico, colocados por escalones desde el fondo hasta la línea de baja mar.

La colocación de los bloques artificiales en escalones tiene por objeto revestir el escollera de piedra perdida, con el entramado que del asiento de estos bloques resulta, é impedir que la acción de las fuertes marejadas mueva el escollera, que sin este revestimiento estaría sin enlace, sin unidad.

Con este revestimiento, por el contrario, presenta un todo homogéneo, capaz de resistir todo el empuje de las marejadas, sin ningún temor de que se mueva un solo bloque, por el enlace que estos forman entre sí, en razón de su trabazón á juntas encontradas.

La colocación de estas hiladas de bloques artificiales es muchísimo más sencilla que en paramento recto; no necesitan asentarse con aquella precisión; la plomada y el nivel no son indispensables para su buen asiento, así como tampoco se hace preciso el que las juntas verticales estén tan bien ajustadas como en aquel, porque como ya se ha dicho, estos bloques sólo sirven de revestimiento al escollera, no de paramento y soporte al muelle que debe llevar encima; sólo les basta estar entrelazados á juntas encontradas para que el mar no los mueva, y colocados regularmente horizontales, que es bastante más sencillo, que como deberían estarlo en un muro recto.

Habiendo tenido ocasión de ver el trabajo que los buzos pueden hacer á diez ó doce metros de profundidad, no dudamos un solo instante que podrán guiar fácilmente el asiento de estos bloques en escalones con pequeño gasto, siempre que desde encima se disponga bien todo lo necesario para la fácil inmersión y transporte al sitio de empleo en obra de estas masas.

Estamos también persuadidos de que el tamaño de estos bloques (que se fija á voluntad) debe ser bastante grande, aunque no demasiado; pero siempre que no pase de un volumen de 10 metros cúbicos es preferible que sea cuanto mayor, por razón de economía, pues tanto cuesta la colocación de uno de 4 como de 10 metros cúbicos, y el resultado de la obra ejecutada es más que el doble, así como es mayor también la garantía que presentan para que el mar no los pueda arrancar tan fácilmente. No insistiremos más sobre esto, y concluiremos diciendo que la colocación de este revestimiento ni es difícil ni costosa tampoco.

Veamos ahora de decir algo sobre la cuestión económica.

Supongamos que debe construirse un muelle en las condiciones de espesor y altura que representa la lámina 59. Vamos á ver lo que costará el primer cuerpo, ó sea la parte constantemente sumergida, haciéndola con escollera de piedra perdida.

Dejando á un lado el sacar los grandes bloques naturales del revestimiento exterior y su enorme costo, vamos á suponer que la escollera se hace con piedras de regulares tamaños. Teniendo el muelle sobre el enrasamiento del escollera un espesor de 22,80 metros, y siendo la altura del es-

(1) Este caso se ha citado también en la Revista.

(2) No creemos en estas dificultades de asiento llevadas tan al extremo; los ejemplos de Argel y Carril, que citamos, demuestran que los canteros pueden trabajar debajo del agua sin grandes dificultades. En Dover tramos de 50 metros daban una diferencia de solo 1 centímetro en los planos de las hiladas.

collerado de 15,40, el retallo mínimo del banco del hormigon sobre el escollero, ó sea en la coronacion, debe ser, si ha de ofrecer garantias, de cuatro metros al exterior y dos al interior del muro.

Para que quede bien resguardado y sin temor de la accion de las olas, por debajo de este enrasamiento debe revestirse su lado exterior con otros cuatro metros más de escollero y dos metros el del interior, pues de otra manera ni aun sería posible hacer ese retallo, porque el hormigon se colocaría al fondo por las irregularidades de la arista del escollero, ni es posible que esta arista se haga como en un terraplén, por el tamaño é irregularidad de las grandes piezas de que se compone.

Tendremos por consiguiente que el espesor total del escollero arriba, ó sea en la coronacion, medirá 54,80 metros y con un talud de 5 por 1, tendremos que para 15,40 de profundidad medirá en la base 115,20 metros.

La superficie de este escollero será de 1.005,00 metros cuadrados, ó sean cúbicos por cada metro lineal de muelle en estas condiciones.

Asignándole el precio medio de 48 rs. vn. al metro cúbico, precio bastante admitido, tendremos que costará el metro lineal de escollero á 48.240,00 rs. vn.

En este coste no se incluye el del banco de enrasamiento de hormigon hidráulico, necesario para el asiento del muro en uno y otro sistema de construccion.

Veamos ahora lo que costará el escollero revestido con bloques artificiales escalonados.

Siendo el espesor del muelle de 22,80 metros, como se ha dicho, el retallo exterior del escollero con bloques artificiales deberá tener 2,00 metros, para que estos queden colocados mitad dentro y mitad fuera del muro, y lo mismo el del interior, tendremos que el ancho de la coronacion del escollero será de 26,80. Dando á cada bloque 1,50 metros de altura, y suponiendo que cada escalon sea de 0,60, tendremos que para 15,40 de altura, el espesor de la base del escollero será de 57,60.

Suponiendo que el tizon medio de los bloques artificiales sea de 5 metros, la superficie de estos será de 80,40 y la del escollero de 551,80. Suponiendo al metro cúbico de bloques artificiales el precio de 200 rs. vn. tendremos que para cada metro lineal de escollero costará el revestimiento de estos 16.080 rs. vn. y para cada uno de escollero interior de bloques naturales al precio de 48 reales vn., 16.886,40. De ser tres los enrasamientos de hormigon en el interior del escollero, como representa la figura 59, de medio metro de espesor, tendremos un volumen aproximado de 50 metros cúbicos por metro lineal de escollero, que á razon de 200 rs. que queremos suponer tambien, ascenderá á rs. vn. 10.000, y sumadas las tres partidas darán un total de 42.966,40.

Ahora comparándolo con el precio de 48.240,00 reales vn., á que asciende el metro corriente del escollero arrojado por el método ordinario, resulta una diferencia en favor del sistema concertado, con bloques artificiales de hormigon hidráulico, colocados en escalones, de rs. vn. 5.273,60

por cada metro corriente de muelle en estas condiciones.

Queremos, sin embargo, suponer que se reduzca algo el volumen del escollero (cosa que nosotros no propondríamos nunca en un obra de esta importancia), y que se reduzca hasta igualar el coste á los 42.966,40 rs. á que sale de más el precio del metro corriente en el sistema antiguo; en lugar de esto, decimos, sucede lo contrario: que en el sistema concertado, por dar un retallo mayor á la coronacion del escollero, como por ejemplo 5,60 metros al exterior y 2,60 al interior; ó porque el precio del metro cúbico de bloques artificiales cueste á 500 en lugar de 200 rs., y resulte 5.273,60 rs. vn., más caro que el otro por metro corriente; ¿deberá por esta diferencia de precio aceptarse el escollero de piedra perdida? ¿Qué comparacion puede nunca establecerse entre las infinitas ventajas que ofrece el sistema concertado, para que los buques atraquen sin peligro, con el del escollero de piedra perdida, al que no podrán arrimarse nunca sin peligro de ser barridos por las puntas de las piedras que forman en desorden el cimientó del muelle? ¿Ni cómo soportará tampoco la comparacion de seguridad de las obras, reparacion y belleza?

Por nuestra parte no compararemos nunca la utilidad de ventajas del sistema concertado, mirado bajo todos aspectos, con la del escollero de piedra perdida, sistema primitivo, bueno para el tizon, pero inadmisibile hoy, contando con los elementos que el progreso nos ha legado.

Tenemos que tocar otro punto, al cual se da cierto misterio, como para indicar la sensatez con que se procede, y que para nosotros no debería encerrar tanto misterio, debe tratarse tal cual se le entiende, y no revestido en la forma con que hoy todavía se le reviste.

Este punto tan delicado, tan misterioso, es el del cemento hidráulico natural. El celebre Vicat y otros con él, han hablado y nos han enseñado la manera de tratar y fabricar este precioso material.

Después de grandes polémicas, muy útiles por cierto, sobre los buenos ó malos resultados obtenidos y por obtener del empleo de este mortero hidráulico, se han dividido las opiniones, y unos creen que todos los cementos hidráulicos al cabo de más ó menos tiempo son atacados y descompuestos por la accion química de las aguas del mar; mientras otros afirman con iguales razones que á algunos de estos cementos nunca llegan á descomponerlos la accion química de las aguas del mar, á juzgar por los resultados hoy conocidos, y que por el contrario llegan á tal grado de dureza, que sólo se descompondrán cuando se descompongan los sillares que hoy nos sirven para todas nuestras obras.

No podemos terciar en esta cuestion tratada por tan altas autoridades, ni tenemos datos positivos para probar lo uno ni lo otro. Pero temiendo en cuenta que por uno y otro lado las personas que tratan esta cuestion están á mucha altura, nos colocamos en uno de los lados, en el de los que creen que el agua del mar no ataca químicamente á todos estos materiales. Para esto tenemos una razon: de todas las obras en que se ha empleado este material, ¿cuántas han sido por la accion

química de las aguas del mar (no por el empuje de las olas) y cuántas subsisten sin dar la menor señal de ser atacadas? Creemos que muchas, muchísimas de estas, pocas de aquellas.

Pero vamos a suponer lo contrario: que el agua del mar ataca químicamente y descompone todos los cementos hidráulicos conocidos al cabo de 20, 50 ó 100 años.

Entonces el sistema de escolleras antiguas y modernas, concertadas ó no, es completamente inútil para la construcción de puertos de refugio.

Sobre la coronación de todo escollero, sea ó no paramentado, es indispensable hacer un enrasamiento de hormigon para unificar la parte superior del cuerpo de obra constantemente sumergido, y replantar el muro que ha de ejecutarse sobre él para servir de muelle.

De atacar químicamente las aguas del mar á todos los morteros hidráulicos, es inútil hacer este enrasamiento, porque llegará día en que será descompuesto por completo por el cemento que forzosamente entra en su fabricación, y entonces el escollero quedará suelto, y el muro colocado sobre este enrasamiento necesariamente ha de quedar también minado por sus cimientos.

Además de esto, no hay posibilidad á esta hora en que escribimos, ó al menos no tenemos noticia de que sea posible ejecutar un muelle en mar abierto, y constante y fuertemente combatido por las olas, sin que participen la sillería y mampostería de que se compone el muelle, que, prescindiéndose de los cementos hidráulicos que conocemos y empleamos.

El mortero ordinario no hidráulico es completamente inútil para esta clase de trabajos, porque es soluble en el agua; el cemento hidráulico es el único que hoy conocemos como bueno, porque es insoluble en el agua, y por eso se emplea en todas partes para esta clase de trabajos con gran ventaja y economía.

Pero de suponer que el agua del mar ataca á todas los cementos hidráulicos, en bloques artificiales, y no querer emplear estos por este temor, necesariamente debe suponerse que lo mismo atacara los hormigones de enrasamiento de las escolleras, y á los morteros con que se asienta la sillería y mampostería de los muros, porque es de la misma calidad y están sometidos todos á las mismas condiciones.

Descompuestos los morteros hidráulicos por las aguas del mar en los muros, sean estos de sillería, mampostería ó bloques artificiales de hormigon hidráulico, toda la obra quedará completamente descolada, y no necesitamos demostrar que un muro fuertemente combatido por las olas, y cuyas piezas todas no estén ligadas entre sí por fuertes morteros, ó otra cosa equivalente, no puede resistir el empuje de los golpes del mar durante 24 horas sin ser derribado.

De manera que para ser lógicos es preciso que se adopte algún cemento hidráulico como bueno, ó al menos como lo único bueno que hoy se conoce, y por consiguiente que se emplee y recomiende sin temor ni misterio ninguno, ó que se desechen todos por sospechosos ó inútiles, pues no basta decir que es dudoso el resultado que en bloques artificiales pueden dar; si es así, deséchense los

bloques artificiales por mal material; pero al mismo tiempo prohibase el empleo de este mismo material en hormigon de enrasamiento, y en muros de sillería y mampostería, pues que de ser malo para lo uno, se deduce que forzosamente lo será también para lo otro.

De no hacerlo así y de emplearlo, como hoy se hace en todas las obras hidráulicas de todas partes, no hay razón para recomendarlo y emplearlo en los morteros de los muros de sillería y mampostería, y no hacerlo así en bloques artificiales, sea para emplearlos como revestimiento de escolleras, ó como paramentos ó rellenos de muros.

Por nuestra parte, y sin el menor temor de la acción química de las aguas del mar sobre estos materiales, lo emplearemos siempre que nos sea necesario y no haya otro mejor; en la seguridad de que el día que las obras con estos materiales hayamos ejecutado se descompongan y arruinen, por haber sido atacados los cementos por la acción química de las aguas del mar, aquel día también y por la misma razón se habrán venido abajo cuantos muelles y puertos de sillería y mampostería se han construido hasta hoy y se construyan en adelante, si los morteros empleados en estas construcciones son fabricados con el cemento hidráulico natural, que se conoce y emplea en todas nuestras obras.

Madrid, Marzo, 22 de 1865. Domingo Es-
tebanót.

USO DE LA ESCAFANDRA.

ARTÍCULO III Y ÚLTIMO (1).

Concluimos esta serie de artículos sobre escafandras con algunos apuntes tomados del Atlas de Mr. Cabirol que acompaña á sus aparatos de buzoar, cuya parte explicativa extractamos traducida del testo francés.

Mr. Cabirol principia consignando que hace más de diez años que se halla en uso su escafandra entre los Ingenieros de obras públicas, así como en la armada, en los puertos y en trabajos hidráulicos del interior, tanto en Francia como en el extranjero, lo cual hace que exista un gran número de buzos perfectamente familiarizados con este útil invento cuyos detalles conocen á fondo, como igualmente los recursos que ofrece, las precauciones que exige y cuidados que reclama su conservación.

Manifiesta también el autor que es tal la superioridad de sus aparatos, que en la Exposición de Londres de 1862 obtuvo una medalla, mientras que sus competidores, los fabricantes ingleses no merecieron recompensa alguna del Jurado.

Hace luego Mr. Cabirol la descripción completa de su escafandra, que consta de dos partes principales.

1.º El aparato dentro del cual se encierra el buzo para

(1) Véanse los números 6.º y 8.º del presente año.