

MADRID, 1.º DE MARZO DE 1880.

TOMO XXVIII.

NÚM. 5.º

SUMARIO.

Proyecto de mejora de la barra y de encauzamiento de la mitad inferior de la ria de Bilbao, estudiado por D. E. de Churruca (continuacion).—Obras del puerto de Málaga.—Puente metálico sobre el Ebro, en Zaragoza.—Resultados de experimentos hechos en América sobre la composicion química y las propiedades físicas de los carriles de acero Bessemer.—Parte oficial.—Subastas.—Noticias varias. Personal.—Relacion de las obras nuevas de carreteras subastadas desde el dia 17 de Octubre de 1879.—Suelos.—Advertencia importante.

PROYECTO DE MEJORA DE LA BARRA

Y DE ENCAUZAMIENTO DE LA MITAD INFERIOR DE LA RIA DE BILBAO, ESTUDIADO POR D. EVARISTO DE CHURRUCA, INGENIERO JEFE DE 2.ª CLASE.

(Continuacion.)

Estudio del proyecto que se propone para mejora de la barra.—En el número anterior de la REVISTA hemos dicho que el Sr. Churruca, como consecuencia del detenido estudio que ha hecho del régimen de la barra, ha deducido la conveniencia de prolongar el muelle de la margen izquierda segun una línea ligeramente curva, con cuya obra espera obtener una canal permanente, y cuya profundidad mínima en bajamar equinoccial no baje de 3 metros, que llegará probablemente á 3^m ,50, si se ejecuta tambien el dragado general de la ria y encauzamiento de la parte que falta. Se ha visto ademas que la profundidad á que se halla la roca en el subsuelo no opone el menor obstáculo á esta obra, y que son incompatibles con los recursos disponibles los demas medios que pudieran adoptarse para mejorar la embocadura de la ria; y por último, que la mejora que se obtendrá con la prolongacion del muelle de la margen izquierda será de carácter permanente, á diferencia de lo que probablemente sucederia si se prolongasen ambos muelles, puesto que el efecto de la prolongacion del de la derecha seria el alterar el régimen de la playa de las Arenas, haciéndole avanzar al socaire de dicha prolongacion, á expensas de las arenas del extremo opuesto de la playa; de modo, que el resultado final al cabo de poco tiempo seria volver al mismo ser y estado que ahora y acaso peor,

puesto que la nueva barra, estando más foránea, se hallaria más azotada por los temporales que lo está en la actualidad.

Ya se ha dicho, respecto á la planta, que la prolongacion ha de hacerse en forma ligeramente curva, volviendo su concavidad á la canal para mejor encauzar la corriente; su curvatura ha de ser tal que, protegiendo en lo que cabe á la canal, no altere en lo más mínimo las buenas condiciones marineras que ordinariamente tiene; y á este efecto conviene observar que hay dos enfilaciones muy próximas, entre las que comunmente suele variar el eje de aquella cuando se halla mejor situada: la primera, enfilando la *Torre del Piloto*, situada al extremo del muelle de Portugaleta, con la torre de la iglesia parroquial de dicha villa, y la segunda, que enfila la expresada *Torre del Piloto* con la torre de la iglesia de Sestao, y que forma con la enfilacion anterior un ángulo de 3º,20' próximamente, siendo ambas excelentes enfilaciones para entrar por la barra. Aun cuando las dos difieren muy poco, como la segunda se halla algo más enfilada al NO., el autor del proyecto ha adoptado la primera para canal definitiva de la barra, obteniéndose de este modo alguna ventaja en cuanto á la proteccion de aquella respecto á las marejadas dominantes del NO. y ONO., y favoreciéndose así la natural tendencia de la canal á arrimarse á la prolongacion proyectada.

En su consecuencia, ha trazado una curva de 3.000 metros de radio, tangente á la última alineacion del muelle actual, que á su paso por la barra se adapta perfectamente á la forma que más de ordinario tiene la canal; siendo de advertir que con ella, aún tomando la enfilacion de Sestao, puede entrarse en la ria ciñéndose mucho á la cabeza del muelle proyectado. Su longitud se ha fijado colocando el extremo del muelle próximamente á la cota de 6 metros, respecto á la bajamar equinoccial, lugar donde sólo en circunstancias excepcionales obra sobre el fondo la agitacion del mar, y que se halla 50 metros más afuera que la posicion más foránea que se ha conocido al banco exterior de la barra, donde es muy difícil lleguen á influir los aterramientos que entre el expresado muelle y la costa se acumulen; y aún cuando esto suceda, se ha de tener en cuenta

que el extremo de la prolongacion se halla enfrente de la caleta de Santurce, donde suele haber grandes resacas, que ordinariamente mantienen la roca del suelo al descubierto, y por lo tanto, mucho han de impedir aquéllas la acumulacion de aluviones al extremo de la proyectada prolongacion.

Sistema de construccion.—Fijadas, en vista de estas consideraciones, la forma y longitud de la prolongacion proyectada, se ocupa el Sr. Churruca del sistema de construccion que convendrá emplear.

Para los muelles de la embocadura hoy existentes, el sistema que se siguió fué el de arrojar escollera por medio de barcas, que por la accion del mar iba enterrándose en la arena, hasta que por la profundidad alcanzada, ó por haber llegado á la roca, cesaba su descenso. Sobre esta fundacion, y desde el nivel de bajamar, se erigia una construccion, que en los primeros tiempos se hacia de piedra en seco; pero en vista de su poca duracion hubo que acudir á fabricarla con mortero, empleando grandes mampuestos, que por su aparejo y regularidad bien puede calificarse de sillería; mas no se consiguió, sin embargo, erigir una obra perpétua, porque los muelles de embocadura, tanto ántes como ahora, hay que repararlos continuamente. Alguna parte se fundó durante el siglo pasado sobre emparrillado de madera; pero *la broma*, que ya entónces existia, destruyó dicho material, por lo cual se proscribió este sistema y se volvió al cimiento de escollera. Sin embargo, la cabeza del muelle de las Arenas, reedificada en el siglo actual, está fundada sobre pilotaje y emparrillado, y subsiste bastante bien, nó obstante lo azotada que se halla por el mar.

En una obra de la magnitud de la que se proyecta, emplazada en un lugar tan fuertemente combatido por las marejadas, azotada de frente por rompientes furiosas, y agregándose á estas dificultades las que nacen de las fuertes corrientes que existen en la embocadura, tanto á la bajada como á la subida de las mareas, y las relativas al tránsito de buques á la pleamar, que por su número y por hallarse la canal próxima á la márgen izquierda no dejarán de producir entorpecimientos en el trasporte de materiales; todas estas circunstancias hacen que sólo en pocos dias al año se pueda ejecutar un trabajo provechoso por medio de embarcaciones, por lo que el autor del proyecto cree que si la obra ha de hacerse en un plazo racional, hay que apelar al sistema de ejecucion con andamios. No cabe tampoco en el caso actual la adopcion de una escollera en toda la altura de la obra, desde cuya parte superior se fuese

arrojando y prolongando la vía cuando fuera necesario; pues á no ejecutarla en casi toda su masa con grandes bloques artificiales, lo que sería sumamente costoso, la accion del mar, obrando con toda su energia entre la plea y bajamar, daria á la obra unos taludes sumamente tendidos que obstruirian y desviarían la canal; siendo ademas muy costosa su conservacion, porque la mar degradaria continuamente los taludes superiores.

Fijado por las consideraciones que anteceden el sistema de construccion que conviene seguir, hace observar el Sr. Churruca que el andamio que se haga ha de ser de fácil construccion, y dispuesto de modo que pueda armarse con el menor auxilio posible de embarcaciones, á fin de no depender para ello del estado del mar.

Estudia detenidamente la cuestion para el caso de adoptarse un andamiaje de madera, y viene á deducir que resultaria á 665 pesetas el metro lineal, y despues de concluida la obra no tendrian gran aprovechamiento las piezas de madera empleadas, pues las que constituyesen el piso se encontrarian muy estropeadas por el prolongado uso durante la construccion, y respecto á las demas no habria que contar con aprovechamiento alguno, porque quedarian la mayor parte enterradas en la obra, y las restantes destruidas por los efectos del teredo; y ha de tenerse en cuenta que la reduccion de coste que por este pequeño aprovechamiento pudiera obtenerse quedaria destruida, con exceso, por el máyor precio por metro lineal en la cabeza del muelle. En vista de esto y del precio del hierro, el autor del proyecto se decide por el empleo de este material, en favor del cual existe ademas una consideracion de suma importancia, que vamos á exponer.

Para que la prolongacion proyectada satisfaga al objeto de encauzar y dirigir las corrientes de marea, y especialmente la vaciante, á fin de que su accion obre con energia sobre los bancos de arena de la barra y mantengan en ella una canal honda y permanente, basta elevar el macizo que la constituye hasta la altura de las pleamares vivas ordinarias; desde cuyo nivel hácia arriba, cualquiera que sea la clase de construccion que se adopte, no tiene otro objeto que el de poner al abrigo de la accion del mar á las personas que por las necesidades del servicio marítimo tengan que transitar por el dique, ya para prestar auxilio á los buques, ya para acudir á la torre de señales y luz de puerto colocada en su extremidad. De aquí se desprende que, si para este último objeto se utiliza como superestructura definitiva la

armazon de hierro empleada como auxiliar en la construccion de la obra de fábrica, llena aquélla dos objetos, obteniéndose una notable economía.

Demuestra, en efecto, el Sr. Churruca, que adoptando la escollera como cimiento y erigiendo sobre ella un macizo de fábrica desde el nivel de bajamar, hay un aumento de 30 metros cúbicos de fábrica por metro lineal, en el caso de que, no empleando la armazon de hierro, se elevase la fábrica hasta la altura del piso para servir al tránsito público, respecto al caso de que, empleada aquélla, se limite la altura del macizo al nivel de pleamar; puesto que entonces, ademas de su menor elevacion, puede hacerse de menos espesor, toda vez que no ofrece tanta superficie á la accion de las olas. Si del importe de aquel volumen de fábrica se resta el exceso de coste de la armazon de hierro respecto al de un andamiaje de madera, que de todos modos habria que construir para ejecutar la obra de fábrica en buenas condiciones, resulta una diferencia de 606 pesetas por metro lineal de dique en el caso de emplear la fábrica más económica posible para el macizo; cuya diferencia llega en otros dos casos que considera el autor del proyecto hasta 842 y 971 pesetas respectivamente.

En la armazon de hierro que se proyecta entran 855 toneladas de hierro forjado, sin contar los carriles del piso y 149 toneladas de fundicion, incluyendo en estas cifras la caseta y torre de señales de la extremidad, que á los precios respectivos dan un total coste de 576.316 pesetas, que repartidas en los 797 metros de longitud resulta por metro lineal 723 pesetas: cantidad que difiere muy poco de las 665 pesetas que ha deducido para la armazon de madera.

Hay que agregar, ademas, que desde el momento en que el macizo de fábrica sólo se eleve hasta la altura de pleamar, hay tambien economía en el macizo de escollera sobre que descansa, respecto al otro caso, tanto porque el peso y ancho del volumen que sobre ella gravita es menor, como porque la accion de las olas al caer de rechazo no ha de ser tan enérgica. Tambien hay que advertir que, cuanto más altura tenga el macizo superior, tanto mayores son las contingencias de que pueda agrietarse por los inevitables asientos de las escolleras; y así como en el caso de emplearse la armazon de hierro es de pequeña trascendencia cualquiera de estos accidentes, puesto que en seguida puede repararse desde aquélla, y nunca ha de interceptar el tránsito, por el contrario, en el otro caso puede interrumpirlo y dar lugar en un temporal que dure algunos días á que

se abra una brecha de difícil y costosa reparacion.

Por esta razon indica el Sr. Churruca que, de elevarse el macizo de fábrica hasta el piso, habria que construir el basamento de escollera con bloques mayores que en el otro caso, para evitar en lo que cabe las contingencias de los asientos; todo lo cual habria de aumentar la ya notable diferencia ántes indicada entre el coste de uno y otro sistema de construccion.

Añade, en apoyo de su opinion, que encerrada como se halla, la parte de fábrica en la armazon metálica, constituyendo un cuerpo invariable con ella, se prestarán entre si mutuo apoyo; y como su altura no excede de la pleamar, tendrá seguramente tanta ó mayor duracion que una obra de fábrica aislada que llegase hasta el piso; y si bien habrá el gasto anual de pintura, por pocas que sean las reparaciones que en el otro sistema haya que efectuar, su coste excederá á los gastos de conservacion del que propone, pues la experiencia adquirida en los actuales muelles de fábrica de aquella ria enseña que han experimentado y experimentan frecuentes é importantes averias, que en más de una ocasion han producido la ruina de algunos trozos; y no es sólo allí donde se ven estos fenómenos, pues en otros diques de fábrica ejecutados á costa de grandes dispendios han sucedido tambien. Conviene tambien advertir que en varios puntos se ha observado conservarse largo tiempo los hierros sin sufrir desperfecto alguno por causa de la accion del agua y vapores del mar.

Desecha, por último, la idea de que pudiera obtenerse todavia mayor economía empleando en la superestructura la madera, porque si, segun se ha visto, para un simple andamiaje resultaba un precio poco menor, se comprende que para una construccion definitiva la diferencia sería menor todavia, debiendo por otra parte tenerse tambien en cuenta su poca duracion.

Las figuras 2 y 3 de la lámina 91 dan una idea bastante exacta de la armazon metálica proyectada, la que se compone de tramos de 6 metros de luz, excepto el primero que tiene 5 metros; estando formadas las palizadas de apoyo con dos pilotes de seccion exagonal, inclinados al $1/10$ y distantes 3 metros en sus cabezas, de modo que haciendo volar á las viguetas $0^m,75$ metros por cada lado del eje de las vigas longitudinales, se consigue para el ancho del piso $4^m,50$; pudiéndose con las disposiciones adoptadas armar el muelle sin necesidad de embarcaciones. Como la obra tiene bastante longitud, se ha de tener en cuenta el efecto de la dilatacion del hierro, y á

este fin se han adoptado las disposiciones convenientes. El piso se coloca á 3 metros sobre el nivel de la pleamar equinoccial, pero en la cabeza se dispone un puente ó cubierta superior á 3 metros de altura sobre el piso general, con objeto de preservar de los golpes de mar á los que por las necesidades del servicio tengan que acudir allí los días de marejada. Todas las dimensiones de la armazón de hierro se han calculado detalladamente en el proyecto.

Descripción del basamento y obra de fábrica.—

Encontrándose la roca en la mayor parte del trayecto donde ha de asentarse el dique á una profundidad tal que sería costosísimo cimentar sobre ella, dada su exposición á los embates del mar, es preciso recurrir á la escollera para formar el cimiento, el cual se compone de un núcleo de aquella formado de bloques cuyo peso mínimo sea de 1.000 kilogramos para que no sean juguete de las olas; siendo de observar que las canteras disponibles no permiten elevar este peso. Limitando esta clase de fábrica al nivel de bajamar equinoccial, no habrá temor, hasta llegar á las rompientes de la barra, de que sea removida por las olas, según lo atestiguan los materiales de menores dimensiones que al pié de los actuales muelles se encuentran; pero de allí en adelante será preciso el revestimiento de bloques artificiales para dar á los taludes la estabilidad necesaria. En vista de esta consideración, no empieza el revestimiento hasta 292 metros de distancia del muelle de Portugalete, á partir de cuyo punto, y en una longitud de 200 metros, sólo se reviste el talud del lado de la canal con bloques de 15 toneladas próximamente, empleándose de las mismas dimensiones, y en ambos taludes, en los 150 metros siguientes; y en los 156 metros últimos se dobla el peso de los bloques de revestimiento, los que pesarán, por lo tanto, unas 30 toneladas.

Teniendo en cuenta la regularidad con que puede arrojarse la escollera desde encima del muelle de hierro y que está protegida con bloques de revestimiento, supónese que tomará un talud de tres de base por uno de altura del lado de la canal, que en la parte inferior bajará á tres de base por dos de altura, siendo más escarpado del lado opuesto que ha de enterrarse en la arena; y en la extremidad del muelle, cinco de base por uno de altura, cuyo talud se prolongará hasta cuatro metros respecto á bajamar viva ordinaria, y de allí en adelante disminuirá hasta tener dos de base por uno de altura.

Terminaremos recordando que, aunque tuvieran

algun movimiento los bloques de escollera, no peligraría la estabilidad de la obra; pues hallándose el macizo de hormigón encajonado entre pilotes de hierro y atravesado por gran número de ellos, hay la seguridad de que no sufriría la menor deformación y daría tiempo á que se reparara la escollera exterior si fuera necesario.

(Se continuará.)

Debemos á la atención de un ingeniero que ha presenciado la notable voladura del cerro de San Telmo, el artículo que nos ha remitido, y á continuación insertamos. Nuestros lectores habrán tenido conocimiento del satisfactorio resultado de dicha voladura por los telegramas que han aparecido en los diarios de esta corte en los últimos días de Febrero próximo pasado, y creemos leerán con interés los procedimientos que se han puesto en práctica para llevarla á efecto. Damos nuestro parabién á todas las personas que han intervenido en dicha operación, y muy particularmente á nuestro distinguido compañero el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Rafael Yagüe, autor del proyecto y director de las obras del puerto de Málaga.

OBRAS DEL PUERTO DE MÁLAGA.

PRIMERA VOLADURA EN EL CERRO DE SAN TELMO.

El cerro de San Telmo, situado sobre la costa, á tres kilómetros al Este de Málaga, es el designado en el proyecto de mejora y ampliación del puerto como cantera para obtener los 732.000 metros cúbicos de piedra necesaria para las obras, tanto para los diques de escollera, cuanto para sillerías, mamposterías y hormigones.

La parte de cerro explotable cubica aproximadamente 1.400.000 metros. La roca es caliza jurásica, de buen aspecto, gran dureza y un peso de 2.640 kilogramos por metro cúbico.

El cerro está aislado por Levante, Sur y Poniente, presentándose acantilado por estos dos últimos rumbos, especialmente por el Sur, que es el lado del mar, entre el cual y el tajo sólo hay en algunos puntos 14 metros de espacio.

La voladura que acaba de hacerse ha sido por el lado occidental del cerro, el cual por esa parte no estaba acantilado hasta su pié, por cuyo motivo ha sido preciso hacer, por los métodos ordinarios, un desmonte de alguna consideración (unos 4.000 metros cúbicos).