

las descargas de todo el muelle de San Beltrán. Esto es debido al fenómeno de las *resacas*, favorecidas por la forma curvo-convexa del dique de Levante, y de cuya influencia encontraréis infinitos ejemplos en todos los puertos del mundo. En nuestro caso, son las más temibles las llamadas *resacas* por *desviación gradual* y por *comunicación lateral*. Las gruesas mareas del 1.º al 4.º cuadrantes avanzan casi siempre en sentido paralelo á la alineación recta del dique; pero al llegar á su parte curva, se van plegando de un modo insensible y continuo por el fenómeno de la *desviación*, hasta su extremidad ó morro, en que, cesando bruscamente el apoyo, se vacían al interior del puerto, en virtud de la segunda ley enunciada, y precisamente en sentido normal á su dirección anterior.

(Se concluirá.)

PROYECTO DE PUERTO EXTERIOR EN EL ABRA DE BILBAO

POR

DON EVARISTO DE CHURRUCA.

En diferentes ocasiones ha reconocido la Superioridad la conveniencia de crear un puerto exterior en el Abra de Bilbao, que, á la vez que de refugio, sirviera para abrigar la embocadura de la ría, dándola condiciones de seguridad de que ahora carece durante los temporales, y han sido varios los anteproyectos que con tal motivo se han ideado oficial ó extraoficialmente en los años 1848, 1863, 1866 y 1872, por Ingenieros nacionales y extranjeros, según consta en la reseña histórica de las obras de esta ría, que forma el capítulo 1.º de la Memoria del proyecto de mejora de la barra y mitad inferior de la ría, aprobado por Real orden de 4 de Diciembre de 1879. En el capítulo 8.º de la misma discutimos todos los pensamientos que sobre el particular se habían emitido, estudiándose además las condiciones que había de llenar un rompeolas que cumpliera con aquellos objetos; pero si bien se deducía que era el procedimiento único para resolver radicalmente el problema de mejora de la embocadura de la ría, en unión de otras obras que indispensablemente había que hacer en ella, se demostraba también que sería de tal cuantía el importe de un rompeolas, que no era posible emprender su ejecución con los recursos de la Junta, con tanto más motivo cuanto que los grandes intereses creados en el interior de la ría con la construcción de los ferrocarriles mineros, grandes fábricas, etcótera, y comercio ordinario de Bilbao, oxigían imperiosamente que se hi-

cieran obras que mejorasen rápidamente, y con los recursos que se disponían, la embocadura é interior de la ría.

El deplorable estado en que entonces se hallaba el cauce de ésta, y muy particularmente la movilidad y escasa profundidad de la barra, eran causa de grandes perjuicios para el considerable tráfico que la construcción de aquellos ferrocarriles habían desarrollado: los buques que calaban más de 10 pies ingleses, ó sea tres metros próximamente, no podían pasar la barra en mareas muertas durante gran parte del año, y en aguas vivas apenas podían cruzarla con seguridad los que calaban más de 13 pies ingleses, ó sean cuatro metros, salvo en épocas de mareas equinociales; de modo que si bien por venir en lastre casi todos los buques que cargan mineral, podían entrar en general en cualquier género de pleamares, no sucedía lo propio para la salida, pues para ello tenían que aprovechar las mareas vivas; y como á veces, especialmente en invierno, coincidía con éstas un temporal que impedía la salida, era forzoso esperar hasta las mareas vivas inmediatas, viéndose el caso de estar detenidos en la ría hasta tres meses, buques cuyo calado no excedía de 13 pies ingleses (1). De aquí resultaban, como es consiguiente, gastos de estadía considerables ó la necesidad de efectuar costosos alijos, aglomerándose de tal modo los buques en la ría, que eran frecuentes las averías producidas por abordajes; inconvenientes todos que influían poderosamente en elevar el precio de los fletes y en producir otros perjuicios de consideración que experimentaban el comercio en general y la industria minera en particular.

Reducir estos males en lo posible, fijando la posición de la canal de la barra y obteniendo en ella un aumento de profundidad, aunque solo fuera de un metro, era la aspiración constante de todos cuantos estaban interesados en el tráfico de esta ría; así es que ante todo era preciso mejorar las condiciones de la barra, siendo también de urgente necesidad la reforma de las rápidas curvas que la ría tenía, el dragado de la misma y otras obras indispensables para facilitar la navegación y estancia de los buques. Con tal objeto, desde que se constituyó la Junta de Obras del Puerto, se redactaron con actividad los proyectos de obras de mejora de la barra y mitad inferior de la ría, corte de Elorrieta, mejora de la mitad superior, establecimiento de boyas de amarra, luz eléctrica, dragado de la dársena de Axpe y otras obras que se han llevado á cabo rápidamente y que en su mayor parte están terminadas, consiguiéndose con ellas un aumento de tres metros en la profundidad de la canal de la barra, su fijación permanente y la mejora de todo el cauce de la ría, hasta el punto de que llegan

(1) Desde Noviembre de 1875 hasta Febrero de 1876, permanecieron sin poder salir los buques surtos en esta ría. El primero que salió fué el vapor inglés *Hera*, que, estando cargado y con un calado de 13 pies y medio, tuvo que alijar hasta calar 12 pies y medio para poder salir en aquellas aguas vivas.

á los muelles de Bilbao buques con más de dos mil toneladas de carga, cuando antes solo podían arribar los de 500 toneladas como máximo, mientras que en el importante tráfico de minerales que se efectúa en la mitad inferior de la ría han salido cargamentos con 3.500 toneladas, cuando antes de construirse las obras, el máximo cargamento no pasaba de 1.500 toneladas, y esto en marcas equinocciales. A consecuencia de estos resultados, se ha normalizado por completo el servicio de entrada y salida de los buques, que antes era intermitente; se ha aumentado notablemente el tonelaje medio de los buques que á la ría arriban, reduciéndose los fletes á la mitad, y se ha llegado á poner la ría en condiciones de efectuar un tráfico tal, que la exportación del año económico de 1837 á 1838 ha pasado de 4 millones de toneladas, hecho que palpablemente demuestra lo mucho que la ría y barra han mejorado, pues con las condiciones que antes tenían, no hubiese sido posible alcanzar tan enorme tráfico.

No obstante lo expuesto, y de que es un hecho evidente que se ha sacado de esta ría más partido de lo que en general se esperaba, á nadie se le oculta tampoco que el complemento indispensable de las obras que están próximas á terminarse, es la construcción de uno ó más rompeolas en el Abra, á fin de quitar las rompientes que cierran el paso de la barra cuando la mar está alterada, y constituir además un puerto exterior, donde los mayores buques del tráfico trasatlántico puedan entrar ó salir aun en malos tiempos y en cualquier estado de la marea, y verificar en él sus operaciones mercantiles, los que por su magnitud no puedan efectuarlo en la ría, según lo exigen ya los grandes intereses industriales y comerciales que en sus márgenes se han creado y continúan desarrollándose, merced á las mejoras obtenidas en la misma.

El Abra de Bilbao, por su extensa superficie, gran profundidad, buen tenedero y estar libre de bajos, se presta admirablemente para crear un magnífico puerto, que tan necesario es en el extenso litoral Cantábrico, no solo para el comercio en general, sino también para la marina militar.

Ya en 1818, el Ingeniero D. Agustín Marcoartú propuso la construcción de un rompeolas que, á la vez que sirviera para abrigo de la barra, formara un puerto de refugio exterior; pero, llevado de las ideas que en aquella época dominaron, adoptó el pensamiento de un rompeolas flotante de madera, que la experiencia obtenida en el extranjero en los dos puertos en que se emplearon, vino á desacreditar el sistema.

El rompeolas que proponía era aislado, y había de tener su origen occidental casi enfrente del sitio llamado el 1.^o Castillo ó batería del Campillo, entre la cual y la cabeza del dique se dejaba un boquete de 200 metros para el paso de las lanchas. Su trazado constaba de tres alineaciones casi iguales, que en junto formaban 1.550 metros de longitud próximamente,

siendo la primera casi perpendicular al N. O., la segunda formaba un ángulo de 160° con la anterior, y la tercera igual ángulo con la segunda. La entrada principal del puerto quedaba entre el extremo de la última alineación y la costa oriental contigua á Algorta, de la cual distaba 850 metros próximamente. Con este trazado quedaba la barra bien abrigada; pero el puerto que se formaba, si bien podía llenar sobradamente las necesidades de aquella época, no tendría bastante superficie utilizable para las que ahora se están desarrollando, dadas las circunstancias de estar aislado el rompeolas, y de estar demasiado próximo á la embocadura de la ría.

En 1863, el Ingeniero inglés M. Charles Vignoles, Director del ferro carril de Tudela á Bilbao y universalmente reputado por sus trabajos en ferrocarriles, presentó un anteproyecto de puerto de refugio, hasta el cual proponía prolongar aquella vía férrea. Constaba de dos rompeolas, á saber: uno de 1.800 metros de longitud, que arrancaba de la costa occidental, algo antes de la punta de las Cuartas, ó sea 2.º Castillo, y otro de 600 metros de longitud, que salía de la punta de San Ignacio en la costa oriental del Abra. El primero tenía una alineación recta de 1.200 metros de longitud, siendo curva la parte restante, mientras que el segundo era curvo en toda su longitud, quedando entre las cabezas de ambos diques una boca de 500 metros de anchura, directamente enfilada al N. O. La superficie que estos diques encerraban con sondas mayores de cinco metros á bajamar equinoccial, se elevaba á 322 hectáreas; pero dada la orientación de la embocadura, por donde entraría gran marejada, puede asegurarse que no podría utilizarse para fondeadero más que la superficie comprendida en el ángulo formado por el rompeolas principal y la costa occidental del Abra, en una extensión de 200 hectáreas como máximo.

No acompañó al expresado anteproyecto presupuesto alguno, ni constan en él cubricaciones para deducirlo, asegurándose, no obstante, en uno de los párrafos de la Memoria, que el coste de las obras no excedería de 100 millones de reales, ó sean 25 millones de pesetas; pero habiendo hecho nosotros un cálculo detallado de los volúmenes de obra que este trazado exige, hemos deducido que el coste de los dos rompeolas y obras complementarias correspondientes se aproximaría á 35 millones de pesetas.

Después de Vignoles, el distinguido Ingeniero D. Juan de Oronse, en su anteproyecto sobre las obras de mejora de la embocadura de esta ría, hizo el estudio comparativo de tres rompeolas de la uniforme longitud de un kilómetro; uno arrancando de la costa occidental, poco más afuera que la punta de las Cuartas; otro de la oriental, en la ensenada de Arrigunaga, y otro aislado, pero próximo á la primera. Al discutir las tres posiciones expresadas, el autor se decidió por el emplazamiento contiguo á la costa occidental, cuyo presupuesto de ejecución material lo estimaba en

13.109.000 pesetas, caso de adoptarse un perfil análogo al de Alderney. La Superioridad, elogiando como se merecía el notable estudio del señor Orense, dispuso, entre otras cosas, que se continuaran los estudios del puerto exterior, lo que no se ha verificado hasta la creación de la Junta de Obras del Puerto. Es de advertir que para el considerable desarrollo que ha tenido el tráfico del puerto desde estos años últimos, sería insuficiente el fondeadero que se formase en el Abra con un rompeolas de un kilómetro de longitud.

A petición de la Junta de Comercio de esta villa y de varias compañías mineras, vino á Bilbao, en Diciembre de 1872, el Ingeniero inglés Sir John Coode, director que fué de las obras del puerto de Portland y universalmente reputado en este género de trabajos, con objeto de que informara respecto á las obras que convendría ejecutar para mejora de este puerto. Llegó el 11 de dicho mes y estuvo hasta el 19 observando las condiciones y circunstancias de la ría y Abra, con cuyo examen personal y los planos y documentos que aquí se le proporcionaron, entre los que se hallaba el anteproyecto citado del Sr. Orense, presentó, en Abril de 1873, un informe acompañado de un plano, donde señala las obras que á su juicio debían hacerse para la creación de un puerto en el Abra y mejora de la ría. El rompeolas que para aquel objeto proponía para el Abra, era aislado y de 1.402 metros de longitud, teniendo su alineación central 914 metros de longitud y en sentido casi perpendicular al N. O., mientras que las dos laterales, dispuestas simétricamente respecto á la central, tenían 244 metros de longitud cada una y formaban un ángulo de 165° próximamente con aquélla. La anchura del paso que dejaba próximo á la costa occidental era de 365 metros; pero la embocadura principal del puerto quedaba entre el extremo opuesto del rompeolas y la costa de Algorta, con un ancho de 760 metros. El presupuesto de este rompeolas lo calculaba alzadamente en 852.000 libras esterlinas, ó sean 21.300.000 pesetas (1), adoptando un perfil compuesto de una base de escollera ordinaria, coronada por una masa informe de bloques artificiales de 60 toneladas, colocadas sin concierto alguno; pero como sería muy probable que la mar destruyera la parte de este montón de bloques que estuviera por encima de bajamar, que por otra parte no prestaría servicio alguno para el tránsito público, hemos formalizado otro presupuesto, tomando por base el mismo trazado y con sujeción al perfil que hemos adoptado para el nuestro, resultando para el presupuesto de contrata de dicho rompeolas aislado, la cantidad de 23.497.899 pesetas.

(1) En la hipótesis que la libra equivalga á 25 pesetas, que no es exacto en general, por el mayor valor que ordinariamente tienen las libras.

Un rompeolas aislado como el que propone Mr. Coode, evitaría, sin duda alguna, las rompientes que se forman en la barra y proporcionaría, al socaire del mismo, suficiente resguardo para los buques que buscaran un refugio durante los temporales; pero la gran marejada que habría de penetrar por ambas bocas, mantendría gran agitación en el interior del antepuerto que así se formase, quedando muy reducida el área abrigada, que no podría utilizarse para operaciones mercantiles.

Tratando el Ingeniero que suscribe de que el abrigo que se forme en el Abra sea algo más que el de un antepuerto, con objeto de que algún día puedan utilizarlo para sus transacciones los vapores trasatlánticos y otros buques de gran porte, á los que no convenga entrar en la ría, ya por no esperar á marcas ó por no permitírselo su calado, adoptó desde luego, y con preferencia á los rompeolas aislados, uno que arranca de la costa occidental, que es la más limpia de las del Abra, y donde forzosamente habría de tomarse el punto de partida para que el rompeolas llenara uno de sus objetos fundamentales, cual es el de servir de abrigo á la embocadura de la ría.

El punto de origen en la costa se eligió después de algunos tanteos y presupuestos comparativos de varias soluciones, teniendo en cuenta, como es consiguiente, las superficies diversas que con ellas se abrigan, adoptándose una pequeña quebrada situada unos 150 metros antes de llegar á donde estuvo situada la batería llamada Las Cuartas. Desde ese punto arranca la primera alineación de 950 metros de longitud, en dirección perpendicular al N. O., viniendo luego otra de 500 metros, que forma con la anterior un ángulo de 165 grados, y cuya desviación obedece á la idea de proporcionar mayor abrigo al fondeadero que se forme en la inmediación del rompeolas. La longitud total que resulta para éste es, por lo tanto, de 1.450 metros, y si bien es verdad que, aumentándola, se obtendría mayor espacio abrigado, hemos tenido en cuenta al fijarla, además de la consideración relativa al coste, la conveniencia de que la extremidad de la obra no salga de la zona central del Abra, donde las olas conservan la dirección que traen de fuera, á cuyo efecto conviene dejar una distancia de un kilómetro, al menos, entre ella y la costa de Algorta, pues de lo contrario, la extremidad del rompeolas llegaría á la zona donde las olas, obediendo á la configuración del fondo, se vuelven gradualmente hacia dicha costa cogiendo á los buques de costado, defecto de que adolecían los anteproyectos de Marcoartú, Vignoles y Coode. Es evidente que por el anchuroso espacio comprendido entre la extremidad del proyectado rompeolas y la costa de Algorta, habrá de entrar gran marejada que, reflejándose en ella, marchará hacia el interior del puerto, produciendo en él bastante agitación, y arrastrando en dirección á la embocadura de la ría los aluviones de las

playas de Algorta y Las Arenas, cuyos inconvenientes nos proponemos evitar con la construcción de un contramuelle de 1 072 metros de longitud, que arranque de la punta llamada *La Begoña*, que sirve de límite divisorio á las expresadas playas, pues en el espacioso seno comprendido entre esta obra y la costa de Algorta se desahogará la fuerza de la marejada. La orientación de la embocadura queda de este modo mirando al N. E., y como por ese rumbo y los demás del 1.^{er} cuadrante está cubierta por la costa de Algorta, es claro que no penetrará en el puerto sino parte de la marejada que se trasmite lateralmente, que nunca tiene la importancia de las mares directas que hubieran entrado dejando la embocadura abierta al N. O., ó sea á la dirección de los mares dominantes, como en los trazados anteriores se proponía.

Verdad es que así queda fuera del puerto la zona contigua á la costa de Algorta; pero como ésta es menos hondable y limpia que la parte inmediata á la costa occidental del Abra y más azotada por los temporales, puede decirse que con el trazado que proponemos se utiliza casi toda la superficie aplicable á fondeadero dentro del límite que permite la posición que hemos elegido para el rompeolas, siendo de advertir que con ninguno de los trazados anteriores podía tampoco utilizarse aquella parte del Abra, pues aunque con el propuesto por Vignoles quedaba dentro del puerto toda la costa de Algorta hasta la punta de San Ignacio, sería barrida dicha costa por la gran marejada que necesariamente había de entrar por la embocadura del puerto que se proponía, y que según hemos dicho, tenía 500 metros de amplitud y estaba directamente expuesta al N. O., haciendo inservible una zona de un kilómetro de anchura al menos contigua á ella.

(Se concluirá.)

RESULTADOS

DE LAS

CONFERENCIAS CELEBRADAS EN MUNICH Y DRESDE

CON OBJETO DE ESTABLECER

MÉTODOS UNIFORMES PARA LAS PRUEBAS DE MATERIALES

(Continuación.)

C.—MATERIALES PARA EMPEDRADOS Y ADOQUINADOS NATURALES Y ARTIFICIALES.

1.º Se hará la descripción petrográfica y geológica de los materiales y una reseña de su procedencia, etc.