

## Puertos en playas de arena

Con este mismo título presenté un trabajo a la Sección I-C del Primer Congreso Sudamericano de Ingeniería, auspiciado por la USAI, y que se celebró en Santiago en enero de 1939, trabajo que fué publicado en el número 10-11 de los «Anales del Instituto de Ingenieros» del mismo año. En ese estudio, examinando algunos ejemplos interesantes, elegidos principalmente entre los puertos sudamericanos, hacía ver el caso del puerto de San Antonio en el cual la arena, que se mueve de sur a norte en gran cantidad, ha provocado un embancamiento considerable al sur del puerto y delante del rompeolas, salvo en su parte extrema, donde se ha observado que hay socavación. Este resultado es interesante, desde el punto de vista de la conservación de las profundidades en la entrada del puerto, pues hace suponer que no hay temor de que sea entorpecida por el depósito de materiales; por otra parte, en cambio, la socavación ha obligado a preocuparse de reponer los materiales que componen la parte exterior del rompeolas, que han descendido paulatinamente, a medida que se produce la socavación. Desde este punto de vista especial voy a considerar ahora esta cuestión.

En la fig 1 puede verse un plano que comprende el puerto de San Antonio y sus proximidades, con indicación de algunas de las curvas de nivel más importantes, referidas al nivel medio del mar, que ha sido adoptado como *cero* en los proyectos de ese puerto. La comparación de esas curvas, que corresponden al último levantamiento, hecho a fines de 1938 y principios de 1939, con las que se indican en la fig. 20 del artículo de los «Anales», ya citado, permite apreciar perfectamente el embancamiento al sur del puerto y la socavación de la parte extrema del rompeolas, que al ser proyectada quedaba dentro de la curva de profundidad de los 15 metros y ahora es cortada por esa curva. La necesidad de reponer materiales en el talud exterior del rompeolas que preocupaba a los administradores del puerto desde hace varios años y que obligaba a destinar sumas de importancia con ese objeto, aconsejó efectuar un sondaje muy prolijo a lo largo del talud exterior del rompeolas, sondaje que fué necesario ejecutar por medio del titán del puerto, pues el oleaje no permitía llevarlo a cabo por los procedimientos ordinarios, y cuyos resultados se tradujeron en una serie numerosa de perfiles transversales, de los cuales reproduzco uno bien característico en la fig. 2, en la cual se indican con líneas de segmentos el perfil exterior primitivo del rompeolas, formado por enrocados y bloques artificiales de hormigón, y el fondo del mar; en esa figura se ha hachurado la parte que aproximadamente deben ocupar los enrocados y los bloques artificiales que han descendido.

El examen de esta figura permite apreciar la importancia enorme que han alcanzado las socavaciones y la necesidad de efectuar un trabajo considerable para restablecer el talud exterior en la forma más completa que sea posible con los elemen-

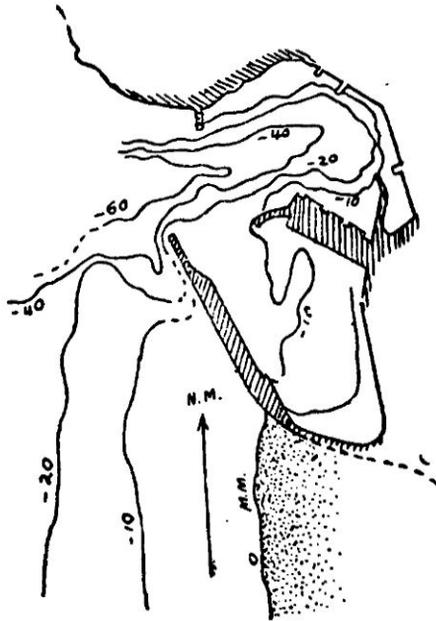


fig. 1

tos de que se dispone, ya que no en la forma primitiva. El talud exterior actual es muy escarpado y está formado por los grandes enrocados y los bloques artificiales y existe, sin duda, el peligro de que una brava de mar extraordinaria provoque una

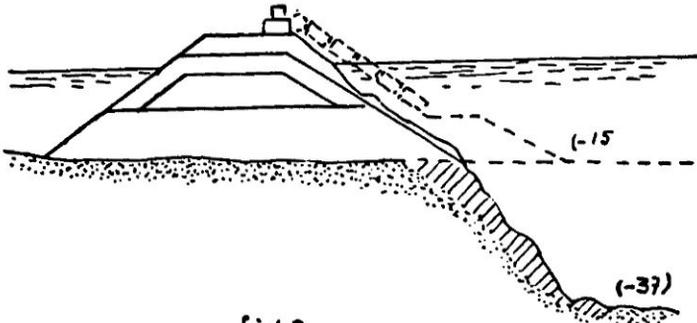


fig. 2

socavación mayor, que sería capaz de producir el derrumbe del talud exterior, comprometiendo la superestructura de la obra.

Se puede comprender fácilmente cómo se ha producido la socavación de que me

ocupo, si se observa que las olas llegan a la costa con una dirección que difiere poco de ser de Oeste a Este, y que el fondo submarino está formado por arena. Sin pretender hacer un cálculo que corresponda de cerca a la realidad, porque no hay datos suficientes para ello, se puede sin embargo, tratar de formarse una idea de las velocidades que alcanzará el agua en contacto con el fondo, bajo el efecto del movimiento orbital producido por las olas. A este efecto, si calculamos por medio de las ecuaciones recordadas en el trabajo citado, el período de las olas de 5 metros de altura y 150 metros de largo que deben observarse muchas veces al año en San Antonio, veremos que, para 15 metros de profundidad, corresponde a 15 segundos, cifra que es bastante probable; y si calculamos la velocidad en el fondo para esa misma profundidad, veremos que corresponde a 1,80 metros por segundo, más que suficiente para producir el movimiento en masa de la arena de grueso medio de 1 milímetro, que se puede estimar en unos 0,70 metros por segundo. Esta cifra justificaría ampliamente que se haya producido la socavación.

Si se considera, por otra parte, que en el perfil reproducido en la fig. 2 el fondo al pie del rompeolas ha alcanzado a la profundidad de 37 metros, y se calcula la velocidad del agua en el fondo para esa hondura, se verá que resulta de 0,60 metros por segundo, aproximadamente, cifra ligeramente inferior a la del transporte de la arena en masa y que justificaría la profundidad alcanzada por la socavación. En realidad, la presencia del rompeolas, que por su talud fuertemente inclinado refleja parcialmente las olas, debe aumentar sin duda de una manera apreciable las velocidades orbitarias en el fondo en las vecindades del molo, sin que sea posible precisar cuánto valga ese aumento.

Por otra parte, si consideramos el efecto de olas de 7 metros de altura y 250 metros de largo, que corresponden a grandes bravesas de mar, veremos que la velocidad en el fondo, con período de 15 segundos, alcanzaría a 1,45 metros por segundo, velocidad más que suficiente para producir la socavación y provocar un nuevo descenso de los enrocados. Ahora bien, como olas de esta importancia se han observado en San Antonio y en otros puntos de nuestra costa, es indudable que se necesita reforzar lo más pronto posible el talud exterior del rompeolas para evitar los efectos inmediatos de la socavación. Por otra parte, esto aconseja efectuar sondajes periódicos, que permitan reconocer con tiempo la necesidad de ejecutar nuevas obras con ese objeto.

He creído interesante llamar la atención hacia estas socavaciones, porque generalmente, cuando se trata de las obras de abrigo construídas en playas de arena, se procura disponerlas de manera que la arena no llegue hasta su extremo y no pase por delante de él hacia el interior del puerto; pero se ve que esto no es suficiente, porque, cuando el transporte de la arena es debido a la fuerza de las olas, en las partes en que el aporte de arena no puede compensar la tendencia a la socavación ésta puede llegar a tener mucha importancia y obligar a ejecutar obras de conservación de bastante entidad. En casos como el que nos ocupa es indudable que la construcción de una capa de enrocados, que se extendiera al pie de la obra de abrigo, hasta una distancia conveniente de ese pie, serviría para contrarrestar el efecto de la socavación; naturalmente, esta medida tiene que ser acompañada de sondajes periódicos de la zona correspondiente, para reconocer el momento en que se haga necesario reponer la capa de enrocados de protección.

Antes de abandonar esta cuestión, debo recordar que se ha querido explicar la socavación de la parte extrema del rompeolas de San Antonio, atribuyéndola a una corriente debida a las crecidas del río Maipo, que desemboca un par de kilómetros al sur del puerto. Excusado es decir que esta explicación no resiste al menor examen. En efecto, el agua que trae este río desemboca en el mar con una dirección que va aproximadamente hacia el noresté y choca con la corriente costanera, que va de sur a norte y que, según los estudios practicados por el ingeniero señor van Broekman, alcanza a velocidades del orden de 1,30 metros por segundo; del choque de estas dos corrientes resulta una pérdida considerable de energía, que se traduce en la sedimentación de una parte de los materiales que arrastra el agua del río y de los que transporta la corriente costanera; además concurre al mismo efecto la pérdida de energía debido al encuentro del río con la masa enorme del mar, que se opone a su movimiento y a la mayor rapidez de sedimentación en el agua salada: consecuencia de todo esto es la formación de un verdadero cono de deyección submarino que se extiende en todas direcciones, pero inclinándose un poco hacia el norte, por efecto de la corriente marítima costanera. Una vez pasadas las crecidas del río, el oleaje y esta corriente hacen avanzar paulatinamente esos materiales hacia el norte formando y conservando el embancamiento a lo largo del molo, hasta llegar a la parte extrema de éste, donde la socavación de que hemos hablado domina la tendencia al embancamiento. Ahora, pasando a ver el efecto que la corriente del río podría producir a lo largo del molo, si llegara hasta él, es fácil darse cuenta de que no podría ser otro que una socavación, tanto mayor cuanto más cerca del río se encontrara, es decir, al revés de lo que sucede, porque la arena arrastrada se movería hacia al norte, disminuyendo la capacidad de arrastre de la corriente. Se puede, pues, descartar esta causa de la socavación de que me he ocupado, dejando sólo la otra explicación.

\* \* \*

En relación con este mismo tema y con ocasión del trabajo mío que he citado, el distinguido ingeniero don Javier Herreros, ha publicado en el N.º 6 de los «Anales» del año en curso, un artículo que titula «La paralización de las obras del Puerto de Constitución», en el cual hace algunas consideraciones sobre diversos puntos que yo no he tratado, no por haberlos olvidado, como él cree, sino porque no eran de carácter técnico y no podían ser de interés para los ingenieros extranjeros, que, por tratarse de un Congreso Internacional, debían ser los principales lectores de mi trabajo ya citado; otro tanto sucede con el informe que sobre el mismo tema presenté al Congreso Internacional de Navegación de 1935, que también menciona el señor Herreros. No voy a detenerme tampoco ahora sobre esas consideraciones, porque creo que no son de interés para los lectores de los «Anales», salvo raras excepciones, por su carácter demasiado personal; pero creo necesario hacer una rectificación a uno de los primeros párrafos del artículo a que me refiero, en el cual se basa su parte que se podría considerar técnica, porque revela que el señor Herreros interpretó erradamente un párrafo mío, que me veo obligado a reproducir entero, así como la interpretación que él le ha dado, la que no acierto a explicarme.

En la página 191 del Tomo II del Primer Congreso Sudamericano de Ingeniería (pág. 473 del N.º 10-11 de los «Anales» de 1939), se lee:

«...al mismo tiempo la barra del río, falta de alimentación porque la arena era retenida en la Caleta y al sur de ella había desaparecido por completo y se podía observar en la desembocadura del río la existencia de un canal navegable de 8 metros de profundidad. Los habitantes de Constitución, creyendo que la forma de las obras de abrigo que se construían en la Caleta había tenido como consecuencia una modificación de carácter permanente en el régimen de la desembocadura del río, error en que fueron acompañados por algunos ingenieros, que no conocían bien el problema, pidieron al Gobierno que suspendiera la ejecución de las obras de la Caleta y construyera obras para el atraque de buques en el río...»

Este párrafo ha dado origen al siguiente del señor Herreros:

«Pero el señor Lira ha creído conveniente referirse a la petición de los habitantes de Constitución para que se suspendiera la ejecución de las obras en el mar y se volviera a los antiguos proyectos de Cordemoy, de Quezada y tantos otros, de hacer el puerto en el río, *error en que fueron acompañados por algunos ingenieros que no conocían el problema*, agrega el señor Lira, silenciando bondadosamente el nombre de esos ignorantes ingenieros».

«Como fui uno de esos ingenieros, que a pedido suyo informaron al señor Ministro de Marina que no siguiera malgastando millones...»

¿Cómo pudo el señor Herreros entender el párrafo mío en la forma en que lo resume? ¿Cómo pudo declararse incluído entre los ingenieros que creyeron que la desaparición de la barra del Maule era de carácter permanente? No me lo explico, sino suponiendo que leyó demasiado a la ligera mi trabajo, lo que después de todo no tendría nada de raro, sin preocuparse de tomarle el verdadero sentido.

Finalmente, con relación al último punto que trata el señor Herreros, en que también se refiere a una cuestión de carácter técnico, manifestándose extrañado de que yo no haya mencionado en mis trabajos la existencia de un banco submarino situado a unos tres kilómetros de distancia de la costa de San Antonio, sólo me cabe observar que mis trabajos se han referido únicamente a las disposiciones de las obras de abrigo de los puertos situados en playas de arena y a la influencia de esas obras en el régimen de esas playas, en las que sólo son interesantes las honduras que no alcanzan o sobrepasan poco la línea neutra más profunda. El banco de que trata el señor Herreros se encuentra en profundidades del orden de 20 ó 30 metros y muy lejos de las obras de abrigo de San Antonio y no puede ejercer influencia alguna sobre la conservación de las profundidades en la entrada del puerto. Si yo hubiera tratado de hacer una monografía general del régimen de la costa de San Antonio, tal vez habría sido explicable la extrañeza del señor Herreros.