

Puertos chilenos

(Continuación)

Dejando a un lado lo relativo al origen de esa arena, que no es conocido todavía, pero que un estudio detenido de la costa daría a conocer, yo creo desde luego que la piedra de la Iglesia no impide en nada el paso de la arena hacia el Norte, porque se encuentra en poca hondura para hacerlo: en efecto, la curva de nivel de (-4 metros) pasa por fuera de ella y hemos visto que a esa hondura la arena fina es removida en todo tiempo por las olas y puede ser arrastrada por la corriente marina hacia el Norte, aunque sea con pequeña velocidad. El oleaje de verano, relativamente suave, produce el embancamiento de la playa y los cambios bruscos de dirección en la roca del balneario y la desembocadura del río, produciendo el mismo efecto que un obstáculo saliente, originan las dos puntillas de que tantas veces hemos hablado. La cantidad de arena transportada tiene que ser muy grande, porque así lo exige la formación de esos bancos y porque no se pueden admitir las explicaciones que se han buscado para suponer que la arena vuelva al Sur y describa un circuito cerrado.

En efecto, la observación de las olas ha indicado que la dirección media de su propagación es sensiblemente del Oeste, oscilando en unos 6°, cuando más, hacia el Norte o hacia el Sur, según sea

la dirección y la intensidad del viento que sople; por otra parte, la forma general de las curvas de nivel indica claramente que la dirección en que se propagan las olas, desde que el efecto del fondo se hace sentir, no puede ser otra; de manera que los materiales que hayan pasado de la piedra de Las Ventanas para el Norte no pueden ser removidos sino por las corrientes hacia el Norte o por las olas hacia el Oeste; esos materiales, por consiguiente, ya sea que provengan de la costa y que avancen del Sur, ya sea que provengan del río, no pueden llegar a La Caleta. A este respecto se ha citado muchas veces el caso de cuerpos flotantes, que han llegado del río a La Caleta, y se han observado algunos flotadores que, echados al agua en el río, han avanzado hacia el Sur; eso se debe a la revesa formada por la propia corriente del río detrás de las grandes rocas, y se refiere a cuerpos flotantes que no han salido al mar cuando son arrastrados por la corriente; pero no puede aplicarse a la arena depositada más lejos.

Todos los hechos observados se encadenan y se explican perfectamente, si la cantidad de arena que viene del Sur es considerable, contra la opinión de casi todos los ingenieros que se han ocupado de este asunto. La arena de la costa,

que es bastante fina, se mantiene constantemente en suspensión en el agua por efecto del oleaje ordinario y es arrastrada lentamente hacia el Norte por la corriente costanera; de ahí el color oscuro del agua del mar en una ancha faja a lo largo de la orilla; en el verano, cuando el mar es relativamente tranquilo, la arena se acumula en la playa y, caminando hacia el Oeste, da lugar a la formación de las puntillas arenosas que hemos indicado; la corriente del río en este tiempo es muy moderada y no impide que la arena llegue en abundancia al lago de Quivolgo y que por la forma de la orilla derecha del río, el oleaje la impulse hacia el Sur, formando la puntilla de Quivolgo.

Durante el invierno, cuando sobrevienen las crecidas del río y su corriente es más fuerte, la arena que avanza del Sur no puede seguir su marcha hacia el Oeste de la desembocadura y se acumula al Este de ella, formando el banco B de la fig. 51, que no se eleva más allá de los 5 metros de hondura, porque las olas impiden que la arena se mantenga más arriba; tan pronto como disminuye la corriente del río, el oleaje principia a atacar este banco y a moverlo hacia el Oeste.

Al mismo tiempo que las crecidas del río dan lugar a la formación del banco B, arrastran los materiales que formaban la barra y las puntillas C y D, que, junto con el acarreo propio del río, van a formar el banco E frente a la desembocadura. Los materiales finos que arrastra el río y una gran parte de la arena fina del mar son llevados muy lejos y se depositan, cubriendo una enorme superficie, lo que produce el embancamiento general, muy lento, de todo el litoral situado al Norte de la desembocadura; los materiales más gruesos, en gran parte guijarros, se depositan luego y forman

el banco E. Pasado el invierno se reanuda el avance de la acarena del Sur y la destrucción de este banco por las olas y se reproducen los fenómenos que hemos indicado.

Examinando en sus grandes líneas los obstáculos que se van a presentar para la conservación de las profundidades en el puerto que se construya y sus inmediaciones, vemos que en el río hay que luchar contra la formación de las puntillas C y D y el banco E, y en la Caleta principal y casi exclusivamente contra el banco A; en el primero intervienen los materiales acarreados por el mar y los arrastrados por el río, en el segundo sólo intervienen aquéllos. Finalmente, considerando que la curva de 10 metros se encuentra a 1700 metros de la orilla de Quivolgo y a 650 metros de la orilla de la Caleta, lo que da pendientes medias para el fondo de arena de 1:170 para el primer caso y 1:65 en el segundo, podemos clasificar la primera como *playa tendida* y la segunda casi como *playa escarpada*. Esta consideración tiene mucha importancia, según se desprende de los párrafos siguientes, copiados del estudio sobre la «Construcción de Puertos en Playas de Arena», presentado al Congreso Internacional de Navegación de 1908 por el señor L. O. Gatto, ya citado:

«En Italia se distinguen las playas en «*playas de pendiente suave* y «*playas de pendiente fuerte*, según que la inclinación del fondo del mar sea menos o «*más grande*.

«Así son consideradas como de «*pendiente suave* las playas de Ferrara «(1:270 a 1:500), Ravena (1:420 a 1:650), «Pisa (1:100 a 1:280), y como playas «de «*pendiente fuerte* las de Ancona, cerca de Monte Conero (1:100), Chiavari «(1:40), Cornigliano (1:15), Pegli «(1:40), etc.

«En general, como la observación lo demuestra, mientras las playas de pendiente fuerte son corroídas naturalmente, y sin que sea necesaria la acción de obras nuevas, las playas de pen-

« obras de que trataremos más lejos, las playas de pendiente suave no son aptas para la creación de puertos».

En el caso de Constitución los efectos de que se trata no son tan acentuados

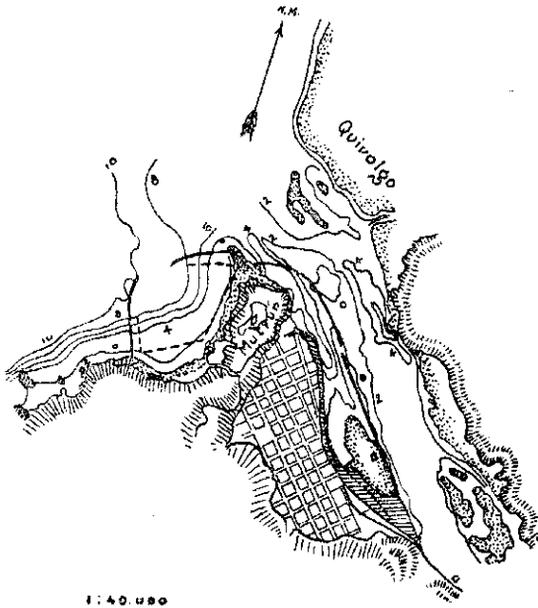


Fig. 53

«diente suave están en avance constante, naturalmente y en las mismas condiciones antedichas.

como los que se han constatado en los puertos italianos que se han citado, porque la pendiente suave de Quivolgo no

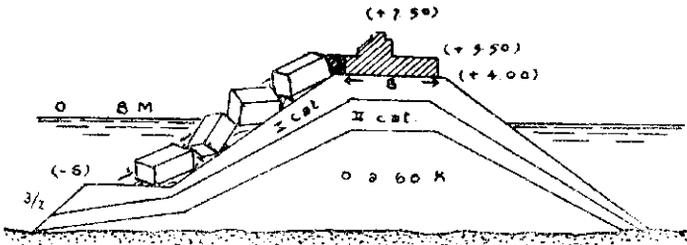


Fig. 54

«A causa solamente de esta circunstancia, y aunque se realicen las modificaciones que podrían producir las

es tan suave como las otras, ni tampoco es tan fuerte la de la Caleta; pero en todo caso esta última ubicación será

menos desfavorable que la desembocadura del río.

En la figura 53 se ven las líneas generales del proyecto completo, cuya justificación hemos visto más atrás y del cual se contrataron sólo los dos molos de abrigo, agregándoles 200 m. de malecones en la Caleta. El molo Sur tendría 650 m. y el Norte, 540 m.

era mucho más desfavorable que las previsiones, pues le proporción de enrocados de gran tamaño era tan deficiente que las piedras de primera categoría, cuyo peso era superior a 2 toneladas, alcanzaban apenas al 5%, habiéndose contado con una proporción de ellas superior al 20%. Esta circunstancia obligó a modificar los tipos de las obras de abrigo,

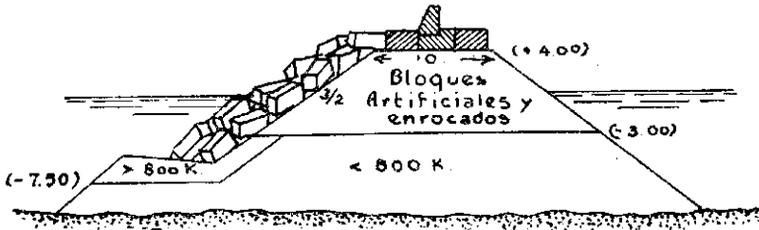


Fig. 55

El tipo de los molos contratados es el que se indica en la fig. 54, formado por un núcleo de enrocados protegidos por piedras de gran tamaño y por una capa de bloques de 30 a 40 toneladas, colocados pêle-mêle. En la primera parte de la obra, en una longitud de 65 metros, donde la hondura no llegaba a 3 metros y que pronto quedaría embancaada, se había previsto un tipo de obra más débil y protegido únicamente por enrocados de gran tamaño.

reduciendo el volumen de la parte hecha con enrocados solos y reemplazando las grandes piedras por bloques artificiales, hechos con un hormigón un poco más pobre que el que se empleaba en la capa de defensa. Después de experimentar en ese sentido durante parte del año 1926 y todo el 1927, se llegó a principios de 1928 al tipo que representa la figura 55, en el cual la infraestructura de enrocados solos, cuyo peso superior se limitó a 800 kilos, se eleva hasta la cota (-3.50),

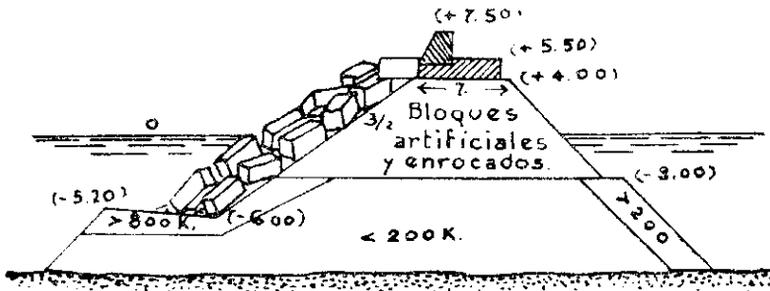


Fig. 56

Desde que se inició la construcción de los molos se pudo constatar que el resultado de la explotación de las canteras

construyéndose toda la parte situada más arriba con bloques artificiales de 15 a 40 toneladas de peso y relleno

con piedras de peso mayor que 800 kilos los huecos que quedaron entre ellos, estimados en el 50% de perfil teórico; en el molo Norte, que recibe las olas bajo un ángulo mucho más agudo, se adoptó el perfil de la figura 56, que es un poco menos fuerte. Naturalmente esta modificación del tipo de obras significó un aumento en el costo de ellas, del que nos ocuparemos más adelante.

La falta de material de cantera de gran tamaño, que obligó a modificar las disposiciones de construcción de los molos, cosa que por lo demás ocurre con tanta frecuencia en esta clase de obras, que es rara la que puede terminarse tal como fué proyectada, presentó en el caso de Constitución inconvenientes bien serios, aparte del aumento de costo. En efecto, en la parte situada encima de la cota (-3.50) sólo pueden mantenerse

los materiales de gran peso, pues la agitación del mar es siempre fuerte y en todo tiempo sobrevienen bravezadas de mar muy violentas; como consecuencia de esto cada braveza, atacando el extremo de los molos en construcción, removía los materiales de la parte superior, arrojándolos en parte hacia tierra y enterrándolos en parte en la arena, como consecuencia de lo cual se perdía una porción de trabajo hecho, que era necesario rehacer inmediatamente después. En el cuadro siguiente se indican los datos más interesantes relacionados con el desarrollo de la construcción de estos molos, a saber el avance hecho en cada mes, el avance perdido por efecto de los temporales o de las bravezadas de mar, el avance neto y la longitud total a que llegaba cada molo al fin del mes correspondiente.

	MOLO SUR				MOLO NORTE			
	Avance			Largo total m.	Avance			Largo total m.
	hecho m.	perdido m.	neto m.		hecho m.	perdido m.	neto m.	
1926								
Junio.....	6	..	6	131				
Julio.....	6	..	6	137				
Agosto.....	21	10	11	148				
Septiembre.....	25	7	18	166				(?) 9
Octubre.....	25	..	25	191	32	17	15	24
Noviembre.....	25	..	25	216	15	..	15	39
Diciembre.....	28	..	28	244	21	..	21	58
1927								
Enero.....	32	3	29	273	23	13	10	68
Febrero.....	28	4	24	297	30	6	24	92
Marzo.....	23	9	14	311	32	20	12	104
Abril.....	8	..	8	317	4	..	4	108
Mayo.....	29	10	19	336	10	4	6	114
Junio.....	..	8	..	328	..	8	-(8)	106

Julio.....	26	..	26	346	12	..	12	118
Agosto.....	32	34	(--2)	344	26	20	6	124
Septiembre.....	44	24	20	364	8	2	6	130
Octubre.....	24	..	24	388	..	..	..	130
Noviembre.....	20	..	20	408	..	..	..	130
Diciembre.....	28	6	22	430	32	6	26	156
1928								
Enero.....	26	..	26	456	30	..	30	186
Febrero.....	16	6	10	466	18	4	14	200
Marzo.....	16	..	16	482	32	12	20	220
Abril.....	31	18	(-7)	475	..	..	..	220
Mayo.....	33	2	31	506	14	8	6	226
Junio.....	8	6	2	508	22	..	22	248
Julio.....	18	..	18	526	14	..	14	262
Agosto.....	20	12	8	534	22	6	16	278
Septiembre.....	22	..	22	556	22	..	22	300
Octubre.....	34	..	34	590	18	..	18	318
Noviembre.....	32	..	32	622	12	..	12	330
Diciembre.....	26	6	16	642	18	2	16	346
1929								
Enero.....	22	..	22	664	14	4	10	356
Febrero.....	..	..	..	..	28	..	28	384
Marzo.....	..	..	..	..	22	..	22	406
Abril.....	..	..	..	..	26	4	22	428
Mayo.....	..	..	..	..	20	10	10	438
Junio.....	..	..	..	..	17	6	11	449
Julio.....	..	..	..	..	22	..	22	471
Agosto.....	..	..	..	..	16	8	8	479
Septiembre.....	..	..	..	..	18	..	18	497
Octubre.....	..	..	..	..	20	..	20	517
Noviembre.....	..	..	..	..	18	..	18	535
Diciembre.....	..	..	..	..	..	..	..	..

En este cuadro puede verse que el avance medio mensual, en todo el tiempo, fué de 17.70 metros en el molo Sur y 13.20 metros en el molo Norte, lo que se explica fácilmente, porque habiéndose trabajado en ambas faenas con elementos equivalentes el molo Sur avanzó siempre en profundidades mucho meno-

res que las previstas, por el embancamiento que el mismo provocaba, mientras el molo Norte se construía en profundidades mucho mayores que las previstas, por la socavación debida al hecho de que la arena que las olas mantienen en movimiento se detuviera en el molo Sur. Por otra parte la construcción del

molo Sur fué mucho más accidentada, como lo indican las diferencias en el avance neto mensual, que para el molo Sur oscilaron entre 34 y (-7) metros y para el molo Norte entre 30 y 6 metros.

Pero la simple comprobación de los avances netos obtenidos no permite formarse una idea cabal de la importancia enorme que tuvo la mala calidad de las canteras; en efecto si se compara el avance perdido y el avance neto en el total del tiempo, se ve que se perdieron en conjunto 325 metros de avance y se obtuvieron 1057 metros, es decir que se perdió el 32,5% del avance neto. Por cierto que esto no quiere decir que se

del avance neto, que fué de 457 metros, mientras en el segundo período esa misma razón representa el 19%. Estas cifras tienen mucha importancia por lo que se refiere al embancamiento de la playa, pues la demora en la construcción fué más del doble mayor en los primeros años, es decir cuando el molo Sur avanzaba en menores profundidades, haciendo más acentuado su efecto sobre ese embancamiento.

Este embancamiento se produjo desde el primer momento, de acuerdo con lo que podía preverse en vista del movimiento de arena de la playa, de tal manera que en Septiembre de 1928 el espa-

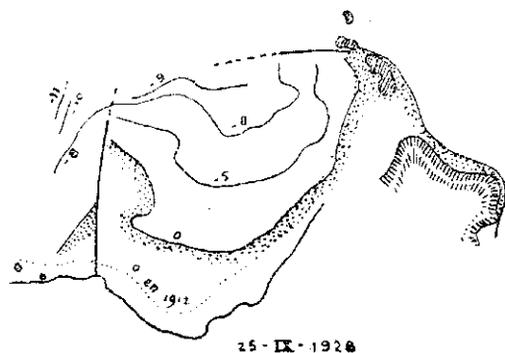


Fig. 58

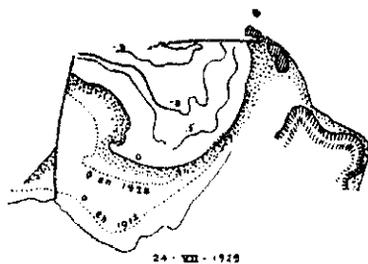


Fig. 59

haya perdido una longitud de molos de 325 metros, porque los perjuicios se limitaban en general a la parte situada encima del cero, es decir de la más baja marea, y sólo llegaban hasta mayor profundidad antes de adoptar los tipos reforzados; pero sí significa que la construcción de la obra se demoró mucho más de lo normal. Además si se considera la importancia relativa de las pérdidas de avance antes de 1928, año en que se adoptó el cambio de tipos, y desde ahí para adelante, se ve que en el primer período el avance total perdido representa 211 metros, es decir el 46,5%

cio comprendido entre los molos presentaba el aspecto indicado en la figura 57, en la cual se ha dibujado con segmentos la línea del cero al iniciar las obras y la parte de los molos no construídos a esa fecha. La cantidad total de arena retenida en el interior del puerto correspondía entonces a 523000 m³. En la figura 58 se ve el mismo aspecto en Julio de 1929, casi un año más tarde, y a fin de hacer más visible el embancamiento, se ha reproducido la curva del cero en Septiembre del año anterior. El embancamiento producido entre las fechas correspondientes a las dos figuras

es de 838.000 metros cúbicos, contados a partir de la hondura de 8 metros; ese embancamiento no fué uniforme, pues en los meses de Septiembre de 1928 a Febrero de 1929, buen tiempo, el total alcanzó a 41.000 metros cúbicos, es decir 5.000 metros cúbicos mensuales, mientras en los cinco meses de Febrero a Julio fué de 797.800 metros cúbicos, es decir 159.000 al mes. Esta diferencia tan marcada se explica perfectamente, pues los últimos cinco meses comprenden los de mayor agitación del mar.

En el verano de 1929 se principió a notar que la barra del Maule no se formaba, como en épocas anteriores, y la gente de Constitución atribuyó este hecho a una consecuencia de las obras construídas en la Caleta, principalmente al molo Norte, que, modificando el régimen de las corrientes en la desembocadura del río, impediría el depósito de la arena. En vista de ese desaparacimiento de la barra, que consideraron permanente, por la causa que le atribuían, del embancamiento de la Caleta y del interés que tenían en que se construyeran luego obras para el atraque de buques en el río, hicieron gestiones ante el Gobierno para que suspendiera la construcción de las obras de abrigo de la Caleta y emprendiera la de malecones en el río, que esperaban utilizar muy fácilmente, pues el canal de la desembocadura tenía más de 9 metros de profundidad y permitía la entrada a cualquier vapor de cabotaje.

Como el extremo del molo Sur que, dada la longitud que tenía esa obra, debía encontrarse en profundidades de 10 metros, por efecto del embancamiento provocado por él mismo, sólo llegaba a la curva de (-6 m), se imponía la necesidad de prolongar ese molo hasta llegar por lo menos a los 10 metros de hondura, es decir en una longitud de unos 200 metros probablemente, lo que signi-

ficaría un mayor gasto de no menos de \$ 6.000.000. En vista de esto y de que el movimiento comercial probable del puerto no tendría desde luego la importancia que se le atribuía, lo que no justificaba una mayor inversión y sobre todo, teniendo presente las peticiones que se habían hecho en el sentido de construir luego obras de atraque en el río, el Gobierno decidió paralizar la construcción de las obras de la Caleta y liquidar el contrato correspondiente, lo que se hizo en los meses restantes del mismo año.

En cuanto a la construcción de obras en el río, se hizo un pequeño malecón a poca profundidad al lado de la Poza y se postergó la construcción de malecones para buques hasta después de unos dos años, que fué el tiempo durante el cual se consideró conveniente efectuar sondajes periódicos en la desembocadura del río, pues era de suponerse que, una vez paralizadas las obras de la Caleta, continuaría el movimiento de la arena hacia el Norte y volvería a reproducirse la situación anterior en forma más o menos parecida, formándose la barra con los inconvenientes ya conocidos.

Esos sondajes se efectuaron hasta mediados de 1932 y en la figura 59 pueden verse los resultados que ellos indicaron. El embancamiento de la Caleta, provocado por el molo Sur ha continuado acentuándose y lo mismo puede decirse del avance general de la playa en esa parte; el extremo del molo Sur ha quedado ya dentro de la curva de nivel de (-4) metros, es decir en la zona en que el movimiento de arena es muy sensible, lo que permite suponer que en poco tiempo más el antepuerto se encontrará lleno de arena. A pesar de que una parte de la arena que viene del Sur se detiene en la Caleta, ya se nota claramente la influencia de esa arena en la desemboca-

dura del río, pues pasado el estrechamiento que produce la puntilla de Quivolgo, la profundidad en el Canal ha disminuído a poco más de 4 metros. El bajo que se forma en la prolongación de la isla se ha prolongado hasta cerca de la puntilla, de la cual la separa un canal que se mantiene con honduras de 4 me-

técnico, cabe preguntarse qué es lo que convendría hacer para utilizarlo.

Para utilizar la Caleta sería preciso proceder de acuerdo con las enseñanzas de la experiencia, prolongando el molo Sur hasta que su extremo sobrepasara la curva de los 10 metros, para lo cual ahora sería necesario prolongarlo tal vez

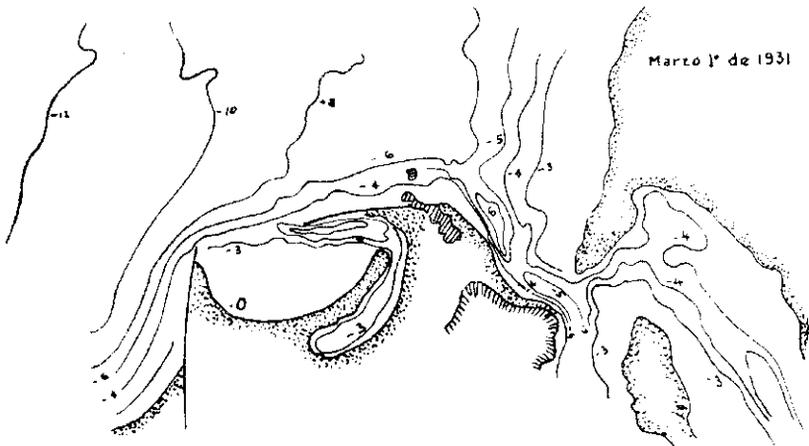


Fig. 59

tros por la necesidad de dar salida al brazo principal del río.

En la parte abrigada por los molos se ve que hay tendencia a establecerse la línea del cero cada vez más adelante; la puntilla, que antes se formaba al lado del molo mismo, ahora se ha formado mucho más adentro y tiende a unirse con el otro lado: solamente lo ha impedido el juego de la marea en las vecindades del molo Norte.

En cuanto a la parte del mar en que la profundidad es mayor, es fácil ver que los cambios son poco sensibles: las curvas de 8, 10 y 12 metros acusan movimientos de muy poca consideración, salvo en la región inmediata al molo Sur y más bien favorables.

Considerando el Puerto de Constitución solamente desde el punto de vista

en unos 400 o 450 metros. En efecto, en 1929, hace cerca de cuatro años, se aconsejó prolongar en unos 200 metros ese molo, esperando pasar así de los 10 metros, pero mientras tanto, por efecto del avance de la playa, el extremo del molo, que en 1929 se encontraba en más de 6 metros de hondura, ha quedado dentro de la curva de (—4), y probablemente ahora de (—3). Después de hecho eso se podría dragar el interior de la Caleta para obtener la profundidad necesaria, que se mantendría por medio de dragados periódicos.

Para mejorar la desembocadura del río sería necesario construir los molos que se han indicado más atrás. Entre las dos soluciones, parece ser preferible la primera, porque representa la tercera parte del gasto y porque los dragados

de conservación de la segunda serían mucho más difíciles y representarían un volumen mucho mayor.

Se ha insinuado la idea de hacer algo para mejorar la desembocadura, construyendo el molo Sur proyectado por el señor Lévêque, que se limita en la piedra de los Lobos. Basta trazar esa línea en un plano para ver que queda comprendida dentro de la curva de los 5 metros y que la arena detenida por ese mismo molo obligaría a la que siguiera viniendo del Sur a pasar por delante del molo, formando la barra un poco más adelante: con una obra como esa se conseguiría hacer avanzar algo la profundidad de 5 metros en el río, pero no se obtendría un canal con esa profundidad en toda su longitud. Esta solución, como todas las cosas a medias, no tendría sino el inconveniente de gastar algunos millones en mantener una ilusión durante un par de años. Se ha creído que esa obra costaría muy poca cosa, porque se pueden aprovechar en ella los bloques de concreto que se encuentran en cancha; pero esos bloques no son suficientes, ni cosa parecida, de manera que el gasto sería siempre de varios millones de pesos, aunque se procediera con la mayor economía.

A mi juicio, en vista de la situación de crisis en que se encuentra el país, lo único aconsejable por el momento es no emprender obras de aliento de ninguna clase en Constitución: podría invertirse algo en completar las pequeñas obras iniciadas en el río, pero sin tener la pretensión de poder recibir vapores de mediana importancia. Eso hay que dejarlo para tiempos mejores, que volverán sin duda, aunque no tan pronto. Mientras tanto se completará el embancamiento de la Caleta y volverá a formarse la barra del río, como antes; pero el día en que se reconozca la necesidad de los

servicios del Puerto de Constitución, se podrá prolongar el molo Sur de la Caleta en una longitud de 400 o 450 m., como decía más atrás, y, al abrigo de él, emprender el dragado de la parte abrigada que sea necesaria, para lo cual hay elementos suficientes, que permitirían terminar ese trabajo en unos dos años. En cuanto a la prolongación del molo Sur, podría demorar unos tres años, tomando en cuenta la necesidad de restablecer las faenas, cuyos elementos se han dispersado en gran parte, de manera que, principiando el dragado sólo cuando estuviera terminado el molo Sur, la duración total sería de cinco años. En cuanto a la prolongación del molo Norte, que probablemente sería indispensable, pues no se terminó siquiera la parte consultada en el proyecto, y la construcción de obras de atraque, podrían hacerse simultáneamente con las anteriores.

Respecto a la cantidad invertida en el Puerto de Constitución, que alcanzó a \$ 25.800.000,00 de 6 d., es muy inferior a las que corresponden a Antofagasta y Valparaíso y poco superior a la de San Antonio, tomando en cuenta sólo las obras de abrigo; pero si se atiende a la inversión que corresponde a la capacidad de movilización, agregando lo que habría que invertir todavía para poder utilizar el Puerto, se llega a un resultado muy distinto. En efecto, mientras el capital invertido en obras de abrigo por tonelada movilizada anualmente, resulta de \$ 33,00 en San Antonio, \$ 83,00 en Valparaíso y \$ 113,00 en Antofagasta, en Constitución, incluyendo la prolongación necesaria del molo Sur, sería de \$ 144,00. Este resultado tan desfavorable se debe a la pequeña importancia comercial del Puerto que nos ocupa, la cuarta o la quinta parte de los anteriores, que es la causa principal de que se vacile antes de resolver completarlo.