

El mejoramiento del puerto de Valparaíso

POR

EDUARDO REYES COX

INGENIERO CIVIL

(Trabajo presentado al 4.º Congreso Científico, celebrado en Santiago en Diciembre de 1908)

INTRODUCCION

El puerto de Valparaíso, el primero de la República, es tambien el de mayor tráfico en toda la costa oriental del Pacífico.

Su poblacion, segun el último censo, es de **161 186** habitantes, i su tráfico marítimo fué de 4 500 000 toneladas de registro el año último, con un total de 2 300 buques entrados i salidos.

Sus entradas de aduana, forman la tercera parte del total percibido por todas las aduanas de la República.

Desgraciadamente, las condiciones actuales del puerto de Valparaíso son bastante desfavorables, pues no cuenta con las instalaciones apropiadas para atender a su gran tráfico. En la actualidad solo existe un buen muelle fiscal, por el cual se atiende al movimiento de 80 a 90 000 toneladas anuales de carga i al cual pueden los buques atracar directamente. Este muelle es servido por una instalacion de fuerza hidráulica que mueve varias grúas menores i una gran grúa de 45 toneladas de poder. (1).

Cuenta, ademas, con una red de líneas férreas, que lo ponen en comunicacion con la aduana.

El resto de la carga, o sea la mayor parte, es movilizada por medio de lanchas, las que pueden atracar al malecon que posee el puerto con una lonjitud de 2 000 metros, i que es servido por numerosas grúas menores.

(1) Esta grúa fué destruída con el terremoto de 1906 i será réemplazada por otra de 80 toneladas de poder.

Consecuencia natural de estas deficiencias en los elementos de carga i descarga, es la larga estadía a que se ven forzados a hacer los buques para ser despachados, i el costo elevado de la carga i descarga.

A estos inconvenientes, que son los mas graves, debemos agregar, que la bahía de Valparaíso (lám. I), es completamente abierta a los vientos del norte i nor-oeste, vientos que producen en élla fuertes temporales, que hacen peligrar los buques que en ella se encuentran i que, por consiguiente, paralizan todo trabajo. Afortunadamente, estos vientos son escasos, siendo los reinantes los del sur i suroeste. A veces estos últimos provocan tambien cierta ajitacion que impide el trabajo de las lanchas.

Otra causa que orijina graves inconvenientes, tanto a la bahía como a la ciudad misma, es la gran cantidad de arenas, que es arrastrada de los cerros que circundan la ciudad al plan, por las lluvias de invierno. Esas arenas, o bien obstruyen los cauces de desagüe, produciendo su ruptura e inundaciones consiguientes, o van a aumentar los embancamientos de la bahía. Es así como paulatina i constantemente se han embancado el malecon actual i el muelle Prat para pasajeros.

Penetrado nuestro Gobierno de la necesidad absoluta de poner remedio a todos los inconvenientes señalados, que orijinan una situacion insostenible para nuestro primer puerto, se ha preocupado desde hace ya muchos años, del estudio i confeccion de un proyecto que venga a mejorarla.

Al efecto, existen muchos proyectos que obedecen a diversos modos de apreciar el problema i que jeneralmente dan soluciones parciales, sin abarcar el conjunto.

Indudablemente se habria evitado esta diversidad de soluciones, si se hubieran fijado de antemano, las *bases técnicas* que debe satisfacer un proyecto de mejoramiento para Valparaíso. Desgraciadamente esas bases no existen determinadas.

Antes de entrar a ocuparme de los diversos proyectos formuiados, vamos, pues, a tratar de determinar esas *bases técnicas* indispensables para poder juzgarlos.

Para hacerlo, necesitamos conocer de antemano los factores que los determinan i que pasamos a esponer sucintamente.

PARTE PRIMERA

CAPÍTULO PRIMERO

Réjimen de la bahía

§ 1.º—VIENTOS

Los vientos reinantes en la bahía de Valparaíso, son los del sur i suroeste, siendo los del N i NO los dominantes que producen violentos temporales.

Las observaciones hechas por la comision Kraus, que estudió un proyecto para

el puerto, hechas con un anemómetro Robinsón, dieron los resultados que se anotan a continuación:

Se ve por ellas, que durante 10 meses del año, el viento reinante es el SO.

Puerto de Valparaíso

NÚMERO DE HORAS DE VIENTO

AÑOS	MESES	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S
1901	Julio.....	72	28	52	85	61	45	85	234
1901	Agosto.....	92	48	102	111	111	38	104	86
1901	Setiembre.....	68	7	63	36	108	28	184	90
1901	Octubre.....	38	57	81	74	56	74	157	83
1901	Noviembre.....	41	11	64	16	125	34	302	25
1901	Diciembre.....	60	14	15	35	32	51	216	53
1902	Enero.....	25	50	78	66	53	102	183	70
1902	Febrero.....	49	42	61	24	78	74	188	78
1902	Marzo.....	129	86	26	37	96	13	132	134
1902	Abril.....	141	26	29	6	64	22	207	120
1902	Mayo.....	88	54	57	31	84	27	207	141
1902	Junio.....	148	81	116	49	48	18	152	77
Total en el año.....		951	504	744	570	916	528	2 117	1 191

Las mayores velocidades observadas han correspondido a vientos del sur i suroeste i despues a los del N i NO. En jeneral, esas velocidades no han pasado de 50 kilómetros por hora, pero algunas han llegado hasta 90.

§ 2.º—MAREAS

La amplitud de marea no es grande, alcanzando a 1,12 m en aguas vivas ordinarias. El desnivel máximo observado alcanza a 2 m. La amplitud media ordinaria es de 0,85 m.

Damos aquí las diversas alturas calculadas por el análisis admónico, en el proyecto Kraus:

2,00	Pleamar máxima
1,59	» de aguas vivas
1,45	» ordinaria
1,32	» aguas muertas
1,04	(cero oficial)
0,89	Pleamar mínima
0,74	Bajamar aguas muertas
0,61	» ordinaria
0,47	» aguas vivas
0,0	» mínima

§ 3.º—CORRIENTES

Puede decirse que en jeneral las corrientes principales de la bahía de Valparaíso obedecen al flujo i reflujo de la marea, siguiendo trayectorias como las indicadas en las figuras 2 i 3 (lám. I).

En cuanto a su intensidad, es pequeña, siendo las mayores observadas por la Comisión Kraus, las siguientes:

Flotadores de fondo.—

En fuerte Esmeralda.....	0,20 m por segundo
En Punta Gruesa.....	0,30 » » »

Flotadores de superficie.—

En fuerte Esmeralda.....	0,30 m por segundo
En Punta Gruesa.....	0,37 » » »

Se ve, pues, que las corrientes carecen de importancia dada su poca intensidad.

§ 4.º MOVIMIENTO MARÍTIMO I COMERCIAL

La estadística nos da los datos necesarios. En el cuadro de la página 158 se da el movimiento marítimo del puerto desde el año 1880 hasta 1896, i en la misma página, a continuación, se apunta el movimiento marítimo i el comercial de Valparaíso desde 1896 hasta el año último. En la página 159 damos otro cuadro con el movimiento comercial de los puertos principales del país en 1907, comparado con el de Valparaíso, i a continuación, el movimiento marítimo de los principales puertos del mundo en 1904. (De Corthel.—Congreso Milan).

Puerto de Valparaíso

MOVIMIENTO MARÍTIMO

Años	N.º de buques entrados i salidos	Tonelaje de registro
1880.....	2 295	1 417 000
1882.....	2 756	2 004 000
1884.....	3 338	2 467 000
1886.....	2 452	1 997 000
1888.....	2 444	2 240 000
1890.....	2 739	2 362 000
1891.....	1 846	1 923 000
1892.....	2 512	2 688 000
1894.....	2 460	2 626 000
1896.....	2 438	2 843 000

MOVIMIENTO MARÍTIMO I COMERCIAL

AÑOS	N.º de buques	Tonelaje de registro	Movimiento comercial, en toneladas
1896.....	2 438	2 843 000	860 000
1897.....	2 212	2 683 000	895 000
1898.....	2 109	2 661 000	897 000
1899.....	2 003	2 672 000	731 000
1900.....	2 051	2 782 000	914 000
1901.....	2 266	3 139 000	1 046 000 *
1902.....	2 079	2 973 000	991 080 *
1903.....	2 111	3 103 000	1 034 390 *
1904.....	2 104	3 422 000	1 140 530 *
1905.....	2 190	3 509 000	1 169 800 *
1906.....	2 351	3 948 000	1 316 000 *
1907.....	2 302	4 502 000	1 516 000 *

* Esas cifras son deducidas del coeficiente de carga medio de Valparaíso que es 0,32 i que no ha variado hasta 1907.

Movimiento comercial de los puertos principales de Chile en 1907

PUERTOS	EMBARQUE — Toneladas	DESEMBARQUE — Toneladas	TOTALES — Toneladas
Arica.....	9 508	35 429	44 937
Pisagua.....	112 078	122 556	234 634
Quique.....	482 069	558 929	1 040 998
Jaleta Buena.....	215 928	96 125	312 053
Pocopilla.....	200 730	81 407	282 137
Antofagasta.....	323 656	639 843	963 499
Mejillones.....	82 255	105 418	187 673
Faltal.....	214 765	260 385	475 150
Coquimbo.....	65 023	122 204	187 227
Valparaiso.....	441 485	1 074 584	1 516 069
Constitucion.....	93 350	1 655	95 005
Falcahuauo.....	90 892	212 757	303 649
Coronel.....	616 512	19 631	636 143
Lota.....	210 865	25 049	235 914
Valdivia.....	71 250	67 363	138 613
Puerto Montt.....	8 470	12 659	21 129
Ancud.....	8 693	4 326	13 019
Mauillin.....	11 395	1 547	12 942
Total en toda la República (1)...	3 694 057	3 935 482	

(1) Este total fué por 52 puertos

Tráfico marítimo de los principales puertos del mundo en 1904

(De la Memoria de M. Corthell al Congreso de Milán)

PUERTOS	Tráfico en T R N	Orden de importancia
Aberdeen.....	1 953 000	1) Londres
Amsterdam.....	5 566 000	2) Nueva York
Bahía Blanca.....	384 000	3) Liverpool
Baltimore.....	7 793 000	4) Filadelfia
Barcelona.....	5 029 000	5) Cardiff
Bilbao.....	5 215 000	6) Hamburgo
Boulogne.....	2 739 000	7) New Castle on Tyne
Buenos Aires.....	10 269 000	8) Constantinopla
Calcuta.....	2 541 000	9) Rotterdam
Cardiff.....	19 564 000	10) Hong-Kong
Cherburgo.....	3 462 000	11) Jénova
Constantinopla.....	16 798 000	12) Buenos Aires
Chicago.....	15 026 000	
Dublin.....	4 997 000	
Fiume.....	2 541 000	
Filadelfia.....	22 826 000	
Glasgow.....	5 881 000	
Hamburgo.....	17 482 000	
Havre.....	6 273 300	
Hong-Kong.....	12 431 000	
Jénova.....	10 953 000	
Marsella.....	14 512 000	
Nagasaki.....	2 170 000	
Nueva York.....	29 145 000	
New Castle on Tyne.....	17 144 000	
Liverpool.....	29 075 000	
Rosario.....	3 846 000	
Río Janeiro.....	1 987 000	
Rotterdam.....	15 306 000	
San Francisco.....	3 367 000	
San Petersburgo.....	3 142 000	
Valparaíso.....	3 421 000	

Puede observarse en el gráfico (fig. 1, lám. I), que se refiere al movimiento marítimo del puerto, que hai un cierto aumento progresivo, con algunas anomalías fáciles de explicar. Así, por ejemplo, en 1891 se nota un descenso debido sin duda a los efectos de la revolución que en esa época desgraciadamente nos envolvió. Al año siguiente hai un salto brusco sobre la línea de aumento medio (dibujada con línea roja de segmentos) para volver en 1893 al régimen normal que esa línea marca.

Desde 1897 a 1902, se observa otro descenso jeneral, provocado sin duda por la crisis económica que ha azotado al país i los peligros de guerra con la República Argentina. Firmados los pactos de Mayo de 1902, que afianzaron la paz se nota otra vez un rápido ascenso, hasta recuperar en 1904, el réjimen normal que continuó durante 1905.

En 1906 i 1907 vuelve a producirse un ascenso brusco sobre la línea media, que se debe a las grandes importaciones orijinadas a consecuencia del terremoto de Agosto de 1906, que destruyó gran parte de Valparaíso i causó tantos males al país.

Normalizada de nuevo la situacion, es de esperar que en el presente año o a mas tardar en el próximo, vuelva el tráfico a su réjimen verdadero.

Dicho tráfico alcanzó en el año último a la elevada cifra de (1 500 000) un millon quinientas mil toneladas de carga, i lo forman principalmente el carbon de piedra, la madera, el pasto i los cereales; habiéndose internado **432 000** toneladas del primero.

§ 5.º—DESARROLLO FUTURO

El incremento natural del comercio del país i la construccion del ferrocarril trasandino por el Juncal, hacen pensar en un rápido aumento del tráfico en el puerto. Segun el gráfico, siguiendo la línea de incremento medio del tráfico obtenemos para dentro de diez años, época en que suponemos construido el puerto i en explotacion, un tráfico de (4 600 000) cuatro millones seiscientas mil toneladas de rejistro neto.

Pero hai otros factores que considerar que inevitablemente han de ejercer grande influencia sobre el desarrollo de Valparaíso, tendiendo a limitarlo. Esos factores son principalmente los puertos vecinos, como Quinteros i San Antonio, cuya habilitacion acarreará grandes ventajas a la zona central del país, dándole salidas al mar mas cortas i económicas que la actual.

Hoi dia, puede decirse que desde Coquimbo a Talcahuano, distante 800 kilómetros, no hai otra salida al mar que Valparaíso.

Veamos la probable influencia de los puertos de San Antonio i Quinteros.

San Antonio.—

Situado al sur de Valparaíso, i a **113** kilómetros de Santiago, es la salida natural de la zona central, ya que Valparaíso queda a **186** kilómetros de la capital.

Indudablemente los 73 kilómetros de menor distancia como salida al mar, unidos a una línea férrea de explotacion mucho mas económica que la actual, ejercerán poderosa influencia sobre el movimiento comercial que hoi va por Valparaíso, i que tenderá a desviarse por la nueva ruta.

Ademas, el puerto mismo de San Antonio, construido conforme al magnífico proyecto recién elaborado por el distinguido ingeniero holandés señor Jerardo van Mauric Broekman, quedará en espléndidas condiciones de servicio, asegurando una salida segura i barata para la carga. Ahora bien, ¿qué parte del comercio de Valpa-

raíso, se desviará por San Antonio? Seguramente será aquella que la diferencia de fletes entre ambas rutas, afecte de un modo sensible su precio; en otras palabras, irá por San Antonio la mercadería voluminosa, o sea de poco costo con relación a su peso. En cuanto a la mercadería de lujo o de stock, a la cual la economía de fletes afecta muy poco, creemos seguirá entrando por Valparaíso.

Del concienzudo estudio del señor Broekman, ya citado, resulta que para las mercaderías voluminosas, como el carbon de piedra, por ejemplo, i la cebada, pasto, maderas etc., la economía de fletes que representa la salida por San Antonio, varía de 3% a un 10% sobre el valor de la mercadería. En cambio a la mercadería de lujo apenas si le afecta en un 1%. Es lójico pues, esperar que la carga pesada se desviaría en cierta parte por San Antonio.

Esa carga se compone principalmente, como importacion de:

Carbon de piedra, maderas, fierro i cemento, i como esportacion:

Cebada, pasto, papas, frejoles i ganado que va casi toda al norte del país, a abas tecer la zona salitrera.

Estudiada la zona de atraccion del puerto, resulta por ahora, limitada entre Montenegro por el norte i Quillota al sur. Calculado el tráfico probable por San Antonio, con los datos de 1905, resulta un movimiento de **300 000** toneladas de carga anual, como un mínimo. El aamounto natural del comercio entre ese año i el de 1912, en que suponemos construido San Antonio, permite aceptar la cifra de **400 000** toneladas de carga anual. (1)

Si consideramos ahora, el año 1918, en que entraria en explotacion Valparaíso, indudablemente esa cifra habrá aumentado aun más; pero para ser prudentes conservaremos esa cifra.

Puerto de Quinteros.—

Situado al norte de Valparaíso, cuenta con una magnífica bahía, naturalmente abrigada, i una vez unido por ferrocarril a Nogales, quedaria a una distancia inferior en 23 kilómetros que Valparaíso, respecto de Santiago, por ejemplo.

Este puerto ha sido motivo de una concesion, así como la construccion del ferrocarril, i su construccion se anuncia, será iniciada en Enero próximo.

Si suponemos no construido a San Antonio, la zona de atraccion de Quinteros seria más o menos la de Valparaíso, con la ventaja de dar una salida más corta al mar.

Segun el estudio económico que hicimos sobre este puerto, publicado en los «Anales del Instituto de Ingenieros». (2), resulta que podria contarse con un tráfico probable de **200 000** toneladas anuales de mercaderías, formado por la carga voluminosa, como

(1) El ingeniero don Enrique Vergara Montt en un estudio sobre el ferrocarril de Melipilla a San Antonio, publicado en los «Anales del Instituto de Ingenieros» (15 de Octubre de 1900) estima en **500 000** toneladas el tráfico de San Antonio para 1910.

(2) Marzo de 1906.—«El puerto de Quinteros» por el autor.

carbon, pasto, cereales etc. Además, Quinteros será la salida natural de la carga que pueda traer el transandino por el Juncal.

Sobre todo, tiene especial importancia el hecho de que este puerto estará en servicio cuatro o cinco años ántes que Valparaíso, circunstancia que contribuirá poderosamente a crearle bastante actividad, ofreciendo un puerto modernamente instalado i que ofrece completa seguridad.

Consecuencias para Valparaíso.—

Con lo espuesto, se ve claramente, que los dos puertos considerados, San Antonio i Quinteros, ejercerán inevitablemente, una influencia efectiva sobre el desarrollo futuro del tráfico de Valparaíso.

Prudencialmente, para el 1918, estimamos que podría contarse con un mínimo de **450 000** toneladas de carga que se desviaría por San Antonio i Quinteros.

Además, quedan otros puertos, como Constitución, que luego será habilitado, i Pichilemu, Papudo, Llico etc., que en el futuro, terminados los ferrocarriles que hoy se construyen para unirlos a la línea central, tenderán a limitar más la zona de atracción de nuestro primer puerto, sirviendo cada uno de ellos, la zona que le es propia, por lo cual no estimamos exajerado prever una disminución de **500 000** toneladas en su tráfico para los primeros años de explotación.

Movimiento comercial.—

Del gráfico construido (lám. I) nos resulta un tráfico marítimo de **4 600 000** T. R. N. para 1908. Suponiendo se conserve para el puerto, su actual coeficiente de carga que es de **0,32** (1); tendríamos como movimiento comercial, para el mismo año:

$$4\ 600\ 000 \times 0,32 = 1\ 472\ 000 \text{ toneladas de carga}$$

Ahora bien, si a este tráfico quitamos el tonelaje que hemos calculado se desviará por otros puertos, nos quedaria para Valparaíso:

$$1\ 472\ 000 - 500\ 000 = 972\ 000 \text{ toneladas}$$

para el año 1918, cifra que se acerca bastante al movimiento del puerto, ántes del terremoto de 1906.

Puede pues, decirse, que los nuevos puertos que se habiliten tenderán a limitar el desarrollo comercial de Valparaíso en su estado actual, lo que no consideramos por cierto un mal, ya que la línea férrea a Valparaíso difícilmente abastecería un mayor tráfico.

(1) Según los detallados estudios de la comisión Kraus.

En conclusion, podemos tomar como cifras probables de tráfico para el cálculo de la capacidad necesaria para el puerto, en su primera explotación, las siguientes:

Tráfico comercial: 1 000 000 toneladas de carga

que corresponde a un

Tráfico marítimo: 3 000 000. T. R. N.

(tres millones de toneladas de registro).

CAPÍTULO II

Bases técnicas

I. Formacion del puerto

Nos corresponde ahora ocuparnos de la forma en que debe solucionarse el problema de formacion de un puerto en Valparaíso.

Fluye de los antecedentes ya espuestos que la bahía de Valparaíso tiene como vientos reinantes durante diez meses del año, los del sur i suroeste, respecto de los cuales ofrece natural abrigo.

Los vientos del norte i noroeste que son escasos, provocan cuando son fuertes, grandes temporales que hacen peligrar los buques fondeados en la bahía.

De las estadísticas resulta un promedio de veintiocho (28) días inhábiles en la bahía, a causa de dichos temporales.

Puede decirse, pues, que Valparaíso dispone de una rada natural, ordinariamente de aguas mui tranquilas, i ajitada por temporales durante 28 días del año.

Sabido es que un puerto puede formarse con:

- 1) Antepuerto solo
- 2) Con dársenas solas
- 3) Con una combinacion de ámbos.

La eleccion entre las tres soluciones depende, en primer lugar, de la intensidad del tráfico del puerto, de las circunstancias locales i de consideraciones económicas.

Estudiemos esas diversas soluciones aplicadas a Valparaíso.

1.ª Solucion

(Con simple antepuerto)

Esta solucion es aceptable cuando el puerto es de poco movimiento, limitándose a abrigar una cierta superficie de agua i construir muelles i malecones en la costa.

El abrigo que proporciona un antepuerto es suficiente para la seguridad de las naves pero no lo es para asegurar la tranquilidad de las aguas en días de temporal, de modo que permita las operaciones de carga i descarga en la jeneralidad de los casos, salvo cuando se trata de antepuertos mui reducidos que pierden su carácter de tales, i pasan a ser dársenas propiamente dichas.

En el caso de Valparaíso, las consideraciones anteriores aconsejan no realizar el antepuerto en forma amplia i sin dársenas, como es la solución que estudiamos, por cuanto dicho antepuerto no haria otro papel que servir de refugio a los buques en días de temporal, pero subsistiendo siempre la necesidad de paralizar las operaciones de carga i descarga en esos días, en la mayor parte de los malecones; i en cuanto a la jeneralidad de los días, o sea durante unos diez meses al año, el antepuerto seria completamente inútil ya que no dará mayor abrigo a los malecones que el natural que proporciona la bahía para los vientos reinantes.

Ahora, si a estas consideraciones agregamos el hecho de tener que ir a enormes profundidades (50 i 60 metros) para fondear las molos que formarian el antepuerto, i todavía sobre un fondo fangoso de profundidad incierta, llegaremos a la conclusion de que esta solución no satisface las necesidades del puerto.

2.^a Solucion

(Construcción de dársenas)

Esta solución satisface ámpliamente la idea de dar aguas completamente tranquilas en todo tiempo, i poder efectuar las operaciones de carga i descarga aun en días de temporal.

En cambio, no sirven como puerto de refugio, ya que la entrada de un buque a una dársena, sin antepuerto exterior, no puede pretenderse con temporal, sin esponer el buque a grave peligro.

Con esta solución se tendria en Valparaíso un magnífico puerto comercial hábil en todo tiempo, pero no disponiendo de un antepuerto, los buques no podrian refugiarse en él durante los temporales, pero los que se hallasen ya en el puerto, estarian completamente seguros dentro de las dársenas.

A nuestro juicio, es ésta una solución satisfactoria del problema en el caso de Valparaíso.

3.^a Solucion

(Dársenas con antepuerto)

Es la solución completa para un mal puerto, que sea desabrigado a los vientos reinantes i tenga un tráfico crecido. Se obtiene así aguas completamente tranquilas en las dársenas, i entrada posible con todo tiempo.

Prescindiendo de la parte económica, indudablemente que es la solución ideal cuando no existe rada natural.

Conclusiones—

Vemos pues, por lo que hemos dicho, que la construcción de un antepuerto en Valparaíso, es discutible en cuanto a su necesidad, i mucho mas discutible aun, si se estudia el aspecto económico del problema, pues el costo de ejecución de un buen antepuerto será excesivo, como hemos dicho, debido a la gran profundidad en que deberían situarse los molos: i al fondo fangoso en que se fundarían.

Pocas veces se han ejecutado rompeolas fundadas en fango, i nunca en profundidades de 50 i 60 metros.

En Trieste se ha fundado un molo sobre fango, pero con 18 metros de agua solamente, i así se han tenido hundimientos que han alcanzado hasta la mitad de la altura del molo, es decir 9 metros, i los gastos de conservación resultan naturalmente muy costosos.

Como es sabido, los tratadistas de obras marítimas están de acuerdo en considerar peligrosa la fundación en fango i espuesta a muchos imprevistos i aconsejan evitarlo en lo posible.

En cambio, la ejecución de simples dársenas apegadas a la costa, es relativamente fácil en Valparaíso pues no se llega a profundidades mayores de 20 o 25 metros i el fondo de fundación no es fangoso.

Finalmente, el estudio económico del problema vendrá a definir mas la solución conveniente.

Formación del antepuerto.—

La disposición de los molos exteriores dependerá de si existen o no dársenas en el interior que den tranquilidad completa de las aguas, aun con temporal.

Si se adoptase la solución del antepuerto para eliminar los días inhábiles de la bahía de Valparaíso, i poder efectuar la carga i descarga con mal tiempo, es indudable que las dimensiones debieran ser muy restringidas para evitar la agitación de las aguas en su interior. Además debería realizarse con dos o mas molos de manera de dejar sólo una entrada de cierto ancho a los buques.

Entrada.—

Sino se proyectan dársenas, a nuestro juicio, el antepuerto debería tener su entrada protegida de los vientos de temporal. En cambio, si hai dársenas que aseguren la tranquilidad de las aguas, se podría orientar la boca abierta directamente al viento de temporal.

Sabido es que en este caso la entrada con mal tiempo es mas fácil que en boca protegida, siempre que delante de la boca se disponga de una longitud libre suficiente para la maniobra de los buques que entran a gran velocidad.

Antepuertos con un solo molo.—

Esta solución adoptada en algunos puertos, es satisfactoria para puertos de refugio, o para antepuertos con el simple papel de tales, disponiéndose en este caso de dársenas que den aguas suficientemente abrigadas.

En el caso de no haber dársenas, esta solución solo podrá proporcionar aguas tranquilas cuando el molo se aleje muy poco de la costa, o en otra palabras, restringiendo la superficie del antepuerto, acercándolo a la forma de una dársena.

Se ha empleado esta solución en Holyhead, puerto de espera de vapores entre Inglaterra e Irlanda.

También se ha hecho en Newhaven, pero en este caso existe un pequeño puerto interior con aguas bien tranquilas.

En Boulogne se ha formado antepuerto con un solo molo, el *Carnot*, pero también hai dársenas que forman el puerto, propiamente dicho.

En Colombo (costa occidental de Ceylan) el puerto se proyectó con un solo molo, el *M* (fig. 4) La obra dió buenos resultados, pero la agitación de las aguas en el interior era grande i ha habido necesidad de construir un segundo molo *M*₁ que cierra la gran boca, dejando dos entradas de 250 i 450 metros respectivamente.

Los ejemplos de Génova, Barcelona, Alger etc., que han necesitado prolongar o modificar sus molos i disposiciones de entrada, nos están demostrando, a más de los ya citados, con cuánto cuidado debe estudiarse la solución conveniente en cada caso.

En el caso que estudiamos en Valparaíso, el papel del antepuerto, como ya lo hemos dicho, no sería otro que el de un puerto de refugio para 28 días del año, sin poderse pretender, a nuestro juicio, trabajar en los malecones con mal tiempo, si el antepuerto tiene las dimensiones que como a tal le corresponden. Por consiguiente, podrá realizarse con un solo molo, teniéndose así aguas semi-abrigadas durante los temporales, suficientes para la seguridad de los buques, pero no para las operaciones de carga o descarga, atracados los buques a los malecones.

Repetimos otra vez, que el estudio económico nos dirá si es practicable construir un molo para tener un puerto de refugio durante algunos días del año. En el resto del tiempo los buques trabajarán lo mismo en los malecones, haya o no antepuerto.

Para terminar estas consideraciones jenerales, diremos que no debe olvidarse que si bien es cierto que los días inhábiles son 28 en el año, no habiendo dársenas que abriguen los malecones, los vientos del norte o noroeste de cierta intensidad, aunque no alcancen a formar temporales, producirán una resaca muy molesta para los buques atracados a los malecones, aumentándose así, talvez bastante, el número de días inhábiles del año.

§ 2.º—DIMENSIONES NECESARIAS DE LAS OBRAS DE PUERTO

Vamos a determinar los diversos elementos que constituirán el puerto basándonos en el tráfico ya calculado.

Superficie de aguas abrigadas.—

Para determinar la superficie de dársenas o aguas tranquilas que Valparaíso necesitará, procederemos por comparación con otros puertos.

Damos a continuación la intensidad de tráfico marítimo de diversos puertos, en toneladas de registro (1):

Hamburgo	77 500	T. R. N. por hectárea
Ambéres	104 000	» » » » »
Liverpool	113 000	» » » » »
Dunkerque	80 000	» » » » »
Havre	74 500	» » » » »
Barcelona	55 500	» » » » »
Marsella	100 000	» » » » »
Trieste	126 000	» » » » »
Buenos Aires	115 000	» » » » »

De las cifras anteriores puede deducirse como valor medio:

100 000 T. R. N., por hectárea de agua abrigada.

Aplicando esta cifra, tendríamos que se necesitaría para Valparaíso una superficie de dársenas, de:

$$\frac{3\,000\,000}{100\,000} = 30 \text{ hectáreas}$$

bajo la base de 3 000 000 T. R. N. de tráfico marítimo, que hemos calculado para 1918.

Dimensiones del ante-puerto.—

Si suponemos que se construyese junto con las dársenas, naturalmente su superficie no necesitaría ser tal que pudiese albergar todos los buques que hubiese en el puerto, ya que la mayoría estaría dentro de las dársenas, cargando o descargando.

Considerando la intensidad de tráfico marítimo con relación a la superficie total, de aguas abrigadas en las dársenas i sección abrigadas en el ante-puerto, se tienen las siguientes cifras, en los puertos que se indican:

(1) De la memoria del proyecto Kraus.

Superficie de aguas

PUERTOS	SUPERFICIES			Relacion $\frac{a}{b}$	Coeficiente de carga
	Ante-puerto	Dársenas	Total		
	<i>a)</i> h	<i>b)</i> h	h		
Amberes.....	50	64	114	0,78	0,93
Barcelona	52	48	100	1,08	0,60
Buenos Aires.....	64	66	130	0,97	0,41
Dunkerque.....	22	43	65	0,51	0,88
Hamburgo.....	115	164	279	0,70	0,81
Havre.....	20	77	97	0,26	0,60
Jénova.....	90	92	182	0,97	0,48
Marsella.....	30	120	150	0,25	0,55
Rotterdan.....	200	60	260	3,33	

Como se ve, la relacion entre la superficie del ante-puerto i de las dársenas es bastante variable, dependiendo de varios factores. Resulta un valor medio para esa relacion de **0,98**.

Podríamos pues, tomar como promedio una superficie de ante-puerto igual a la de las aguas abrigadas.

Es decir necesitaríamos otras **30 hectáreas** de ante-puerto.

Ademas, no debe olvidarse, que los buques de guerra de la Armada Nacional, deberán tener fondeaderos dentro del ante-puerto, para lo cual convendria aumentar su superficie a **50 hectáreas**.

Lonjitud necesaria de atracaderos.—

El rendimiento comercial medio de un malecon bien servido puede estimarse en **600 toneladas** de carga anuales por metro lineal.

Damos en seguida algunas cifras apuntadas en la memoria del proyecto Kraus para Valparaíso.

RENDIMIENTO COMERCIAL DE MALECONES

Ambéres.....	1 100 toneladas por m lineal
Barcelona	390 » » » »
Boloña.....	479 » » » »
Burdeos.....	826 (malecon Chauzy)
Dunkerque.....	366
Hamburgo.....	400
Jénova.....	540
Liverpool.....	440
Marsella.....	600 a 1 120
Ruan.....	440 a 1 018
Venecia.....	550

Hai mercaderías, como el carbon, que pueden movilizarse a razon de 2 000 i hasta 3 000 toneladas de carga por metro corrido de atracadero.

Valparaíso tiene la tercera parte de su tráfico hoi día formado por el carbon, pero en las condiciones futuras que nos hemos calculado, esa proporcion disminuirá mucho, aumentando en cambio, la carga noble. Por esto, calculamos con la cifra media de **600** toneladas.

Tendremos, bajo la base de **1 000 000** de toneladas que hemos calculado:

$$\frac{1\ 000\ 000}{600} = 1\ 667 \text{ metros lineales}$$

de atracaderos necesarios.

Superficie de terrenos adyacentes al puerto,—

Para la instalacion de las vías férreas necesarias, así como de los galpones i demas servicios indispensables, se recomienda disponer de una faja de 65 a 75 metros de ancho por cada metro lineal de atracadero. Esta relacion nos daria como superficie de terrenos necesaria:

$$1\ 667 \times 70 = 11\ 6690, \text{ o sean } 12 \text{ hectáreas.}$$

Por otra parte, se da como cantidad de carga que se puede movilizar por hectárea de terreno, la cifra de 75 000 toneladas.

Esta otra relacion nos daria:

$$\frac{1\ 000\ 000}{75\ 000} = 13,3 \text{ hectáreas}$$

Adoptaríamos esta cifra.

En resumen, tenemos las siguientes *dimensiones necesarias para el puerto*.

Superficie de antepuerto.....	50	hectáreas
» » dársenas.....	30	»
» » terrenos adyacentes.....	13,3	»
Longitud de atracaderos.....	1 667	metros

§ 3.º—Estudio económico del problema

1) *Gastos actuales*

Hoy día, dados los deficientes medios de carga i descarga, resultan enormemente costosas estas operaciones. Desde el 1.º de Setiembre último, las compañías de vapores han fijado la tarifa siguiente:

Descarga por el Muelle Fiscal.—

Mercaderías en general..... \$ 12 00 por ton. mét.
para bultos hasta de 500 kgs.

Para bultos de mayor peso, rijen tarifas especiales. Por ejemplo:

Para bultos de 1 tonelada de peso, vale.....	\$	24 00
» » » 2 » » » »		52 00
» » » 4 » » » »		104 00
» » » 5 » » » »		130 00

como se ve la tarifa sube hasta \$ 26 00 por tonelada descargada en bultos pesados. A esto, se debe agregar todavía los derechos llamados de movilización que en el Muelle Fiscal, se cobran a razón de \$ 12 00 por tonelada métrica, lo que da un costo total, para bultos de un peso menor de 500 kilogramos, de \$ 24 00 por tonelada descargada; i para bultos de mayor peso, \$ 38 00.

Descarga por el malecón.—

Rijen también desde 1.º de Setiembre último las siguientes tarifas:

De 1,5 a 13 toneladas.....	\$ 20.00 por tonelada
Mayor de 13 »	Convencional.

A esto debe agregarse los gastos de cuidado de las mercaderías depositadas en el malecón i los de carguío en carretones o en ferrocarril que son de cuenta del interesado.

Puede estimarse el costo total de descarga por el malecon en \$ 30 00 por tonelada.

Vemos, pues, que las tarifas actuales son exorbitantes i pesan enormemente sobre el comercio.

2) Tarifas futuras

Vamos a determinar ahora el valor medio de las tarifas en el puerto suponiéndolo construido.

Si se quiere que las tarifas paguen los gastos de explotacion i conservacion de las obras, i ademas den un interes racional del capital invertido, deberíamos empezar por determinar estos últimos valores; pero en este caso vamos a proceder de otro modo.

Hai ciertas consideraciones que permiten fijar las tarifas máximas que podrán cobrarse en Valparaíso, i conocidas éstas, deduciremos el capital que pueden servir, i que será el máximo que comercialmente hablando convendrá invertir en las obras del puerto.

El valor de las tarifas en Valparaíso va a estar limitado por las que se cobren en los puertos vecinos de San Antonio i Quinteros.

Tarifas en Quinteros

Segun un estudio de Mr. O. Huet publicado en los *Anales del Instituto de Ingenieros* (Octubre de 1906), las tarifas que deberian cobrarse en Quinteros serian de \$ 2.50 por tonelada, i estima en \$ 1.00 por tonelada los gastos de explotacion i conservacion del puerto.

Tarifas en San Antonio.--

En el proyecto Bockman resulta para las obras inmediatas que se proyectan, un costo de 17 millones de pesos oro de 18d.

Si suponemos que este puerto se construya por una empresa particular, como Quinteros (p. ej.) las *utilidades* del puerto, deberán cubrir los intereses i amortizacion del capital.

Deberian en tal caso ser:

Intereses.....	17 000 000	$\times 0,05 =$	850 000	\$ oro 18d.
Amortizacion ...	17 000 000	$\times 0,02 =$	340 000	» » »
			1 190 000	» » »

Ademas las *entradas brutas*, deberán pagar los gastos de explotacion i conservacion del puerto.

Gastos de explotación i conservación.—

Si aceptamos la misma cifra dada para Quinteros, tendríamos, por esta parte, a razón de \$ 1 por tonelada:

$$400\ 000\ t \times 1,00 = \$ 400\ 000\ \text{oro de 18-d}$$

como valor de esos gastos al año.

Entrada bruta.—

Por consiguiente, la entrada bruta que debe producir San Antonio, para servir su capital, será:

$$1\ 190\ 000 + 400\ 000 = \mathbf{1\ 590\ 000}$$
 pesos oro 18-d

Tarifas.—

Bajo la base de tráfico adoptado de **400 000** toneladas, deberian, pues, tenerse tarifas de:

$$\frac{1\ 590\ 000}{400\ 000} = 3,97, \text{ o sea, } \$ \mathbf{4,00}$$
 por tonelada

Para poder comparar con Valparaíso, debemos todavía considerar la economía que significa al comercio la menor distancia de la salida por San Antonio.

El ingeniero don Enrique Vergara Montt, en su estudio sobre el ferrocarril de Melipilla a San Antonio, publicada en Octubre de 1900 (1), calcula en \$ **1,50** por tonelada para el kilometraje medio, la economía de flete debido a los **73** kilómetros ménos que tiene la línea férrea a San Antonio respecto de la de Valparaíso.

En estas condiciones, Valparaíso deberá rebajar a sus tarifas ese \$ 1,50 por tonelada, para quedar en igual situación que San Antonio.

Tarifas en Valparaíso.—

Conocido lo anterior, se ve claramente que si Valparaíso quiere conservar su tráfico, sin tener una gran decadencia, debe cobrar tarifas que no excedan en mucho a las apuntadas para San Antonio i Quinteros. Decimos *que no excedan en mucho i no iguales*, porque indudablemente el hábito establecido, la inercia del comercio para moverse o cambiar de ruta, es un factor que debe tomarse mui en cuenta: aunque las tarifas de Valparaíso sean algo superiores, siempre el comercio seguiria movilizandlo su mercadería de lujo por ese puerto, por el hábito i por tener sus almacenes i depósitos ya establecidos en ese puerto. Pero, si las tarifas que se cobran, unidas al mayor costo del ferrocarril respecto de San Antonio, dan un valor exaje-

(1) ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS.

rado con relacion a los puertos vecinos, es indudable que poco a poco el comercio iria desviándose por éstos.

Ademas. el establecimiento de una aduana, en Santiago, como se proyecta, será un nuevo factor a favor de San Antonio.

Hemos visto que las tarifas de Quinteros i San Antonio, tomando en consideracion la economía de ferrocarril, equivalen a \$ 2,50 oro de 18-d por tonelada ¿qué tarifa podria cobrar Valparaíso?

La respuesta es difícil, i de su acierto depende el éxito financiero del futuro puerto.

Dándole toda su importancia al hábito establecido, i fiándonos quizás demasiado en la inercia del comercio para cambiar de ruta, estimamos que Valparaíso no podrá cobrar tarifas superiores a (\$ 4,00) *cuatro pesos* por tonelada de carga, si no quiere verse arruinado por la competencia de sus vecinos, en los primeros tiempos de explotacion. Para el futuro, cuando los nuevos puertos estén en condiciones normales, creemos que Valparaíso se verá obligado a bajar sus tarifas a fin de evitar una competencia ruinosa, pero entónces el tráfico será mayor i podrá realizarse esa disminucion, económicamente hablando.

3) Límite del capital invertible

Fijada la tarifa, para determinar el capital que pueda invertirse en las obras, debemos conocer las utilidades probables del puerto.

Para esto, vamos a determinar los gastos de explotacion i conservacion de las obras.

Gastos de explotacion.—

Es un punto difícil de fijar, por cuanto jeneralmente no se publican datos al respecto.

Para formarnos una idea de lo que podrán ser esos gastos en Valparaíso, nos hemos valido de los datos contenidos en un interesante estudio sobre la explotacion del puerto de Hamburgo, presentado al Congreso de Navegacion de Milan en 1905. Se da en ese trabajo el personal que se emplea en los muelles i malecones administrados por el Estado, así como los jornaleros que se han necesitado en el año 1904 para atender al servicio.

Partiendo de esas cifras i del tráfico de Hamburgo en ese año, hemos llegado a determinar el gasto de explotacion por cada tonelada de carga.

Aplicando los sueldos i jornales nuestros llegamos a la cifra siguiente:

	Oro de 18 d
Gastos de administracion.....	\$ 0,32 ton.
Gastos de exportacion.....	0,40 »
	<hr/>
Suma.....	\$ 0,72 »

Por su parte, Mr. Huet, en su estudio sobre el puerto de Quinteros, ya citado, fija esos gastos en los siguientes:

	Oro de 18 d
Administracion	\$ 0,25
Explotacion.....	0,50
	<hr/>
Suma.....	\$ 0,75

valor mui parecido al que ya habíamos determinado.

Gastos de conservacion.—

Dependerán naturalmente de las obras mismas, de su estension i de su naturaleza. Ademas, serán mui diversas si hai o no antepuerto, ya que los gastos de conservacion de los molos fundados en fango, serán mui elevados.

Los gastos de conservacion, construyendo sólo dársenas, los estima el señor Kraus en su proyecto, como sigue:

Reposicion de enrocados	\$ 260 000 anuales
Reparacion de malecones i superestructura de los molos	6 000 »
Dragajes.....	40 000 »
	<hr/>
Suma.....	\$ 306 000 »

o sea el 1,1% del valor de las obras jenerales.

Si se construye un ante-puerto, con rompe-olas fundados en fango, como el Guérard, Scott u otro, los gastos de conservacion subirán enormemente por los continuos e inevitables hundimientos del molo exterior. Creemos no exajerar si calculamos en un 2% estos gastos.

Para fijar alguna cifra, si tomamos el proyecto Guérard, por ejemplo, que nos da un ante-puerto con un valor de 55 millones de pesos oro de 18 d, se tendría como gastos de conservacion anuales:

$$55\ 000\ 000 \times 0,02 = 1\ 100\ 000 \text{ pesos óro}$$

En resumen, tendremos los siguientes gastos de explotacion i conservacion: Construyendo dársenas sin ante-puerto (proyecto Kraus):

Gastos de explotacion, por tonelada	0,72 pesos oro
Gastos de conservacion, por tonelada.....	0,30 » »
	<hr/>
Suma	1,02 pesos oro

por tonelada de carga.

Construyendo ante-puerto (proyecto Guérard):

Gastos de explotación, por tonelada.....	0,72 pesos oro
Gastos de conservación, por tonelada.....	0,59 » »
Suma	1,31 pesos oro

Utilidades:

Sin ante-puerto, por tonelada = 4,00 - 1,02 = 2,98 pesos oro de 18 d

Con ante-puerto por tonelada = 4,00 - 1,31 = 2,69 pesos oro de 18 d

o sea en números redondos:

\$ 3,00 i 2,70 respectivamente.

Monto del capital

Podemos ahora calcular fácilmente el capital invertible que el puerto puede pagar.

Si tomamos el tipo de interés corriente de 5% anual i 2% de amortización, el capital será:

En el primer caso:

$$Utilidad\ total = 1\ 000\ 000 \times 3,00 = \$\ 3\ 000\ 000\ \text{oro de 18-d}$$

$$Capital = \frac{3\ 000\ 000}{0,07} = \$\ 42\ 857\ 000\ \text{oro de 18-d}$$

i en el segundo caso (con antepuerto):

Capital.—

$$Utilidad\ total = 1\ 000\ 000 \times 2,70 = \$\ 2\ 700\ 000\ \text{oro de 18-d}$$

$$Capital = \frac{2\ 700\ 000}{0,07} = \$\ 38\ 570\ 000\ \text{oro de 18-d}$$

Toda suma, pues, invertida en las obras del puerto, que exceda a esas cantidades, no será reproductiva.

§ 4.º—RESÚMEN DE LAS BASES TÉCNICAS PARA EL PUERTO DE VALPARAÍSO

1). Las condiciones naturalmente abrigadas de la bahía, para los vientos reinantes, no hacen indispensable el antepuerto.

Las consideraciones económicas i las dificultades de ejecución de los molos esterores de un antepuerto, no hacen recomendable su realización.

2). La superficie de aguas abrigadas deberá tener un mínimo de 30 hectáreas.

3). La longitud de atracaderos deberá ser como mínimo de 1 667 metros.

4). La superficie de terrenos necesarios para el servicio del puerto, será, a lo ménos, de 13,3 hectáreas.

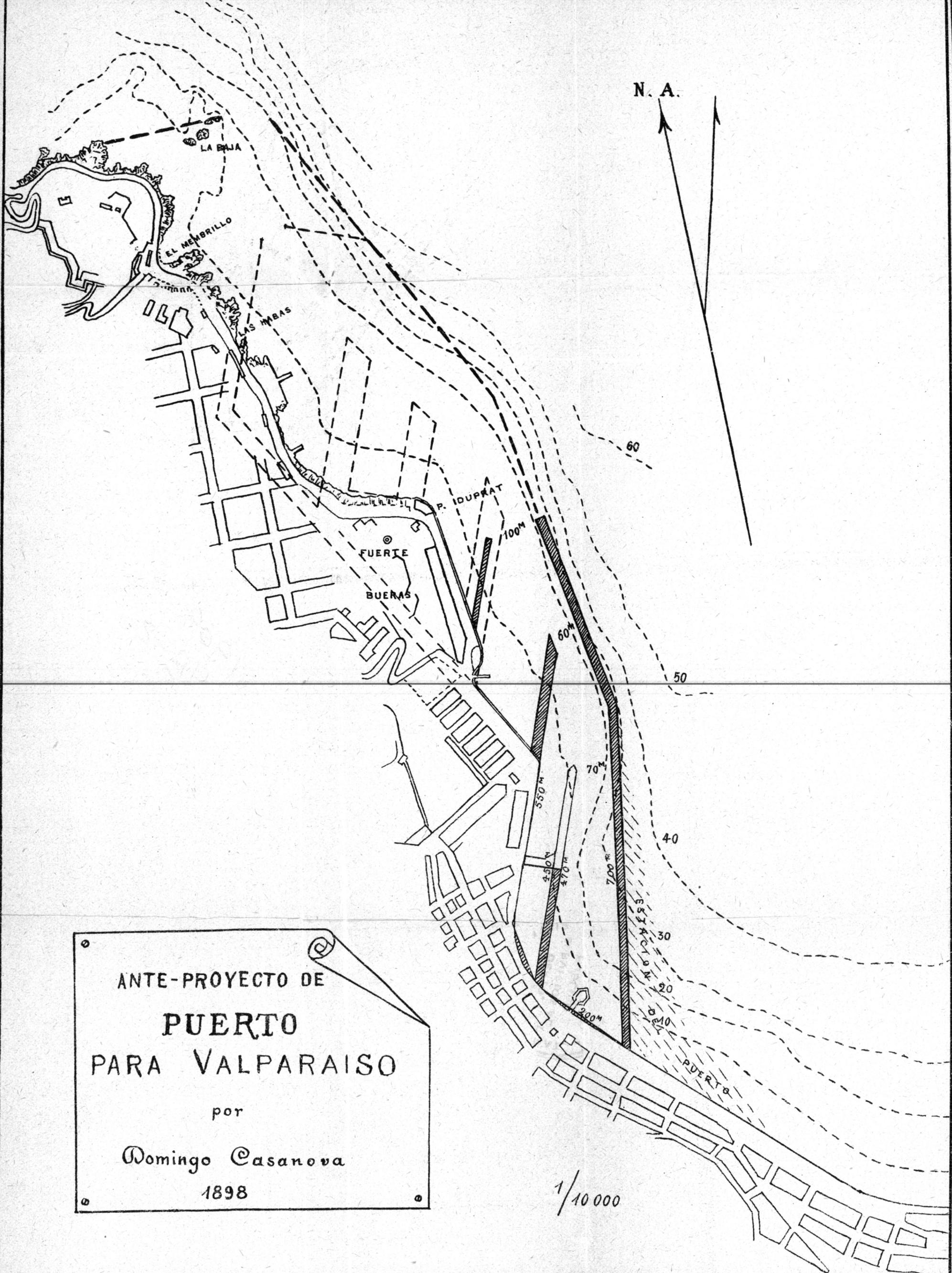
5). El costo de las obras no deberá exceder de \$ 40 000 000 oro de 18 peniques, si se desea que las entradas del puerto paguen el interes i amortizacion del capital invertido.

6). Como complemento indispensable, deberá consultarse el mejoramiento del actual sistema de desagüe i sus cauces.

EDUARDO REYES COX,
Ingeniero civil.

(Continuará)





ANTE-PROYECTO DE
PUERTO
PARA VALPARAISO
por
Domingo Casanova
1898

1/10 000

Nº 1

PUERTO DE VALPARAISO

MOVIMIENTO MARÍTIMO

ESCALAS

1 cent. = 1.000.000 TRN

1 cent. = 500 Naves

Figura 1

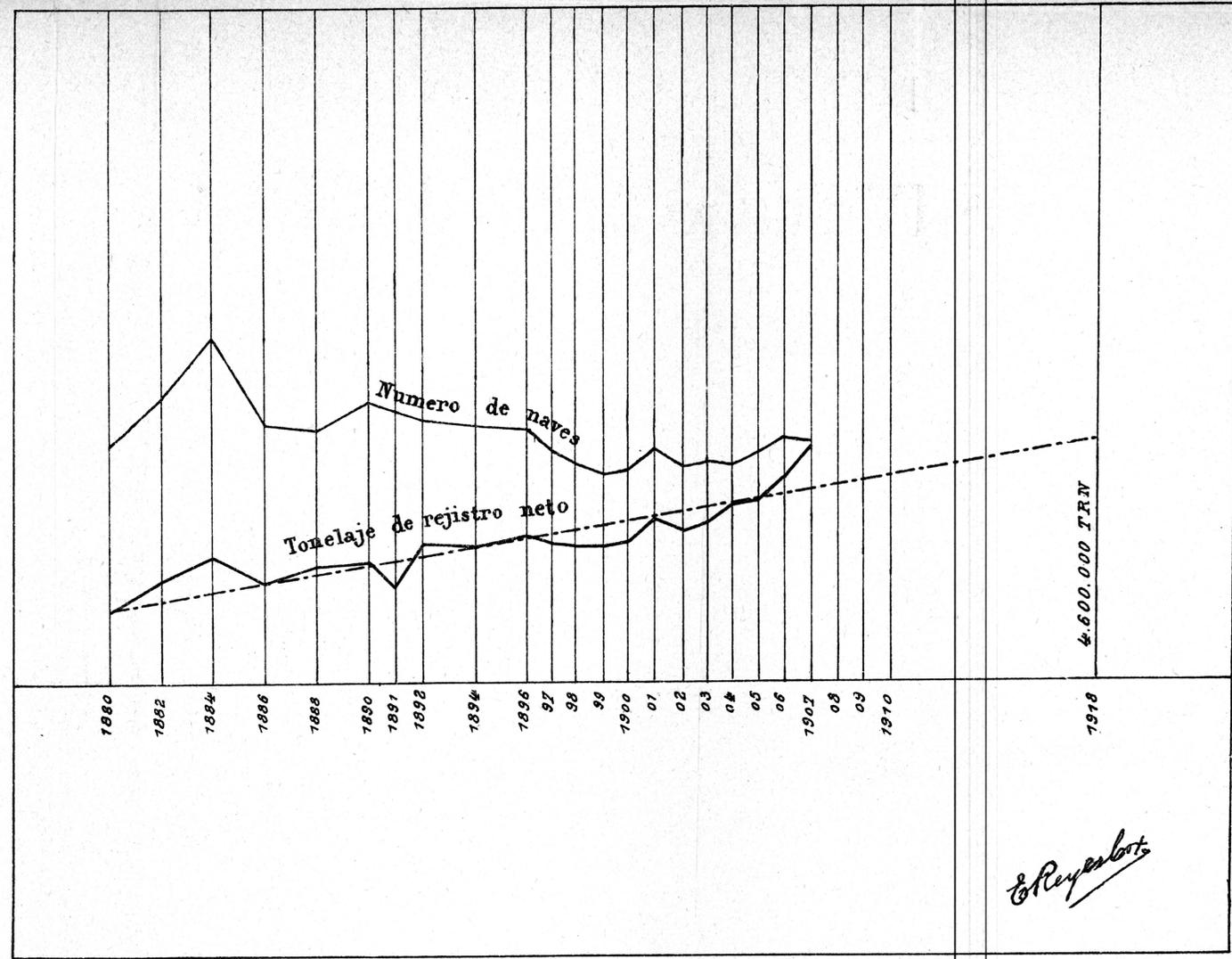


Figura 2

Corriente de FLUJO

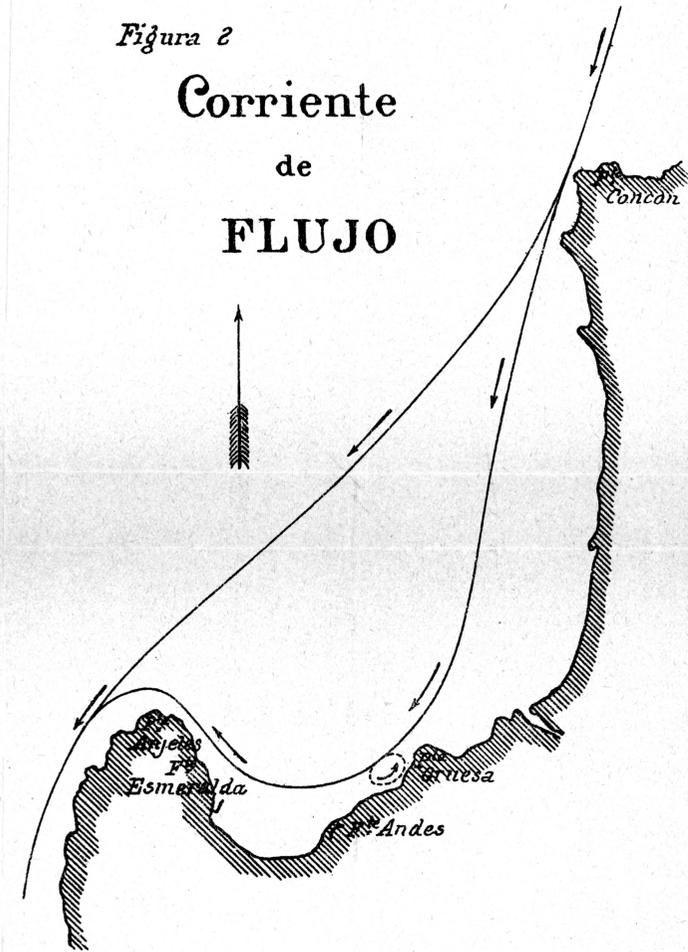


Figura 3

Corriente de REFLUJO

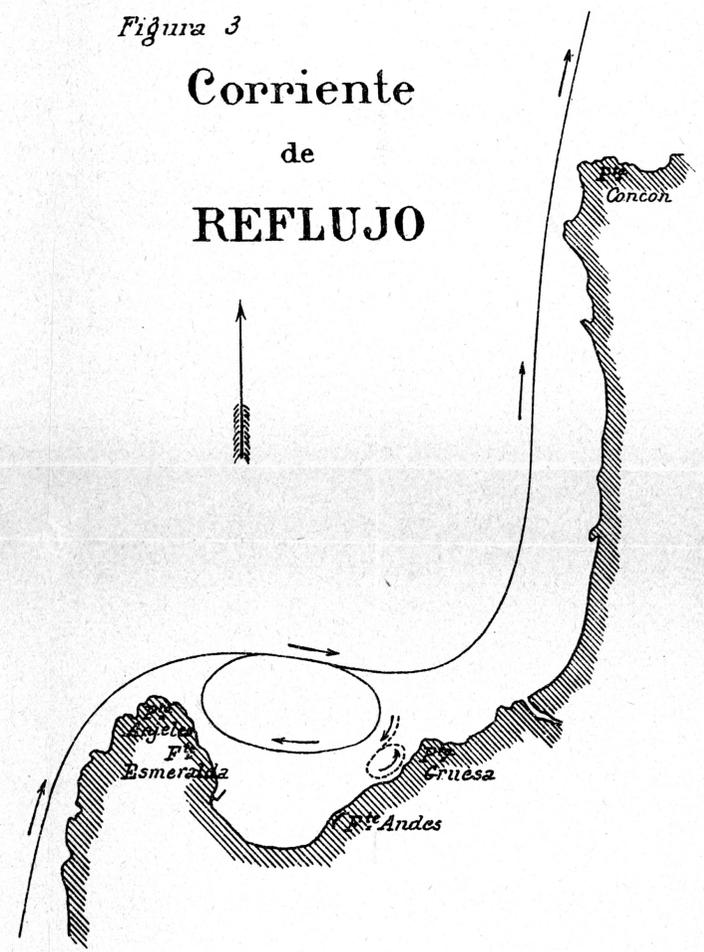


Figura 4

Puerto de COLOMBO

