
ANALES
DEL
INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

El puerto de Constitución

POR

CARLOS HEIDINGER

La necesidad de la construcción de este puerto ha sido expuesta muchas veces y con poderosos argumentos.

La exposición redactada por encargo del Comité de Propaganda por los señores Carlos Rivera y Clodomiro Silva S. contiene cronológicamente todo lo relacionado con este problema: su importancia, los múltiples empeños para su mejoramiento y el material estadístico para la apreciación económica.

De los argumentos, el más potente es la necesidad de abaratar el flete de los artículos de consumo, agrícolas e industriales, tanto de importación como de exportación.

En efecto, para hacer comerciable, para abrir mercado a los productos, el recargo que sufren los artículos por los fletes es de la mayor influencia. Si el precio de costo en la faena no puede rebajarse sensiblemente, y el precio en el mercado no debe hacerse subir sin límite para evitar los graves daños para el pueblo entero, es tarea de una sabia política de comunicaciones buscar los medios de no hacer perder las ganancias legítimas del productor en el camino, con detrimento de la riqueza nacional.

Las naciones de mayor desarrollo económico invierten constantemente centenares de millones en mejorar los ríos y trazar una red de canales de navegación además de la densa red de ferrocarriles. La facilidad de comunicación es el fundamento del desarrollo y del progreso.

El puerto de Constitución desde hace tiempo es reconocido como un medio de sabia política económica, pero su ejecución ha sufrido postergación tras postergación desde el año 1848, año en que salió el primer decreto ordenando la inversión de fondos para ejecutar en el puerto de Constitución las obras precisas para disminuir los peligros de la barra.

Las causas de las postergaciones son varias.

A mi parecer la más importante es la falta de un proyecto técnico realizable sin dificultades, estable una vez ejecutado y que concilie todos los intereses crea-

dos. La mayor parte de los proyectos están basados, en sus partes vitales, sobre teorías cuya eficacia no es del todo asegurada.

De ahí la desconfianza y de ahí el temor de los gobernantes en arriesgar sumas gruesas en una obra de indiscutible valor económico y de necesidad para el progreso.

I. Mejoramiento de la barra— Los primeros proyectos y la mayor parte de los elaborados hasta hoy se ocupaban exclusivamente del mejoramiento de la barra, es decir, de hacer franqueable ésta y poder ocupar el río mismo como dársena.

Estos proyectos, desde luego, me parecen irrealizables por muchas causas.

En primer lugar, considerando el carácter del río, su régimen torrencial, su origen en la alta cordillera y su fuerte declive, su recorrido por terrenos de acarreo susceptibles de fácil arrastre, la variabilidad del caudal de agua, que es en tiempo de estiaje de 250 a 400 m.³ y que aumenta, según datos de la Comisión de Puertos, hasta llegar en aguas máximas a 25 000 m.³ y 5 a 6 m. de velocidad por segundo.

Este régimen del río Maule no es el régimen de los ríos navegables como son el Sena, el Rhóne, el Rhin, el Elba, el San Lorenzo, etc., sino el de un torrente comparado con aquellos. Otros inconvenientes son la falta absoluta de mareas altas, que faciliten el paso de la barra, y la falta de aguas profundas, una vez franqueada la barra, sin tener que recurrir a medios artificiales permanentes y costosos para mantenerlas.

La desembocadura de los ríos sin mareas altas no tiene la importancia que quiere atribuirsele.

En Constitución hay circunstancias especiales y faltan otras que no permiten pensar en el mejoramiento eficaz de la barra, a saber:

1. La topografía del fondo del mar.
2. La diferencia de densidad entre el agua del río y del mar.
3. El peso del material arrastrado que hace que solo se mueva en el fondo.
4. La falta de una corriente marina capaz de arrastrar la gran cantidad del material pesado.
5. La dirección de los vientos reinantes. (1)

En resumen, en invierno el río arrasará con todo lo que se oponga a su libre

(1) El consejero íntimo y Profesor H. Engels, de Dresden, dice:

La formación de una barra en la desembocadura de los ríos depende esencialmente de la diferencia de densidad del agua del mar y del río. Cuanto mayor la diferencia de densidad tanto más grande la formación de la barra. Si el fondo del mar es plano, la diferencia de densidad muy grande, el material de arrastre tan pesado que sólo se mueve en el fondo, si los vientos reinantes son opuestos a la dirección de la desembocadura, o si falta la corriente marina, en tales cursos hay que considerar imposible el mejoramiento de la desembocadura y conviene abrir un canal lateral aguas arriba y cerrarlo con una esclusa de cámara.

escurrimiento y en el verano no tendrá fuerzas bastantes para contrarrestar la formación de la barra. (Véase Puerto de Constitución por A. Lévêque).

En lo expuesto fundo mi opinión negativa respecto de la posibilidad de mejorar la barra y usar del río como dársena.

II. Puerto marítimo.—Existen proyectos recientes que sólo preven un puerto marítimo en la Caleta. Estos proyectos hacen omisión de la posible navegación en el río por embarcaciones menores, lesionan o aniquilan los intereses creados a lo largo de las orillas del río, desde tiempo atrás, y dejan a los astilleros establecidos, como antes, a merced de la barra a menos que se trasladen a otra parte.

III. Puerto mixto.—Del estudio de las dos soluciones arriba mencionadas nació una tercera idea, la del puerto mixto, elaborado por la Comisión de puertos.

La tercera idea trata de aprovechar las ventajas que separadamente ofrecen los proyectos del puerto marítimo y del río evitando simultáneamente sus inconvenientes. Si bien la idea del proyecto es laudable, cabe preguntar, sin embargo: ¿Es éste proyecto una solución satisfactoria del problema pendiente, técnica y económicamente?

Sin entrar en detalles de la ejecución de la obra de mano, me parece necesario llamar la atención al dique proyectado en el río y que sirve para separar la dársena de las aguas del río, es decir, el dique que forma el puerto tranquilo. Su precio de costo sube acerca 1 000 000 pesos oro de 18 d.

La fundación de este dique en medio del río, sin defensas contra las socavaciones o sin obras para afirmar el subsuelo del río a cota fija, es de muy dudosa eficacia. El dique parte de la isla y alcanza hasta la piedra de la Ventana, es decir, hasta la barra misma, y estrecha al río en 250 m. de ancho. En la actualidad con cerca de 800 m. de ancho, frente al muelle fiscal, escurren durante las creces del invierno 25 000 m.³, con 5 a 6 m. de velocidad, venciendo la resistencia de las olas y de la barra y abriéndose canales de 10 a 12 m. de profundidad.

Estrechado el río, el dique hará las funciones del molo botador antes proyectado para mejorar la barra, por consiguiente, la fuerza viva del río aumentará sensiblemente y la barra desaparecerá a mayores profundidades aún y como todo el lecho será removido, el dique desaparecerá con las primeras creces.

Económicamente considerado, el proyecto resulta bastante desfavorable.

La medida para la apreciación de un puerto son sus orillas utilizables, es decir, el largo de sus malecones.

Aplicando esta medida resulta como costo por m. lineal de malecón la suma de 25 000 pesos oro, pues el largo total de malecones es de 300 m. y el presupuesto es de 7 500 000 pesos oro de 18 d.

La capacidad de movilización del malecón es insuficiente para el tonelaje previsto de 250 000 toneladas, desde el primer año, y 300 000 tons. después de 10 años. Tomando una cifra alta de 700 tons. de capacidad por m/l. resulta que el

malecón previsto alcanza para 210 000 tons.; luego es insuficiente para las necesidades del primer año.

Considerando la idea fundamental que inspiró la elaboración del proyecto mixto, hay que reconocer la validez de ella y la necesidad de consultar los intereses creados a las orillas del río Maule y su posible desarrollo en el porvenir.

El proyecto mixto se compone: 1) de un antepuerto en la Caleta con el único objeto de facilitar la entrada al canal; 2) de un canal de comunicación y 3) del puerto interior en el río.

Desde luego surge la pregunta ¿porqué hacer entrar los vapores marítimos en el río donde no se encuentran las facilidades naturales y las seguridades para el puerto?

¿Es posible realizar la idea expresada en forma económica y técnicamente favorable sin peligro para la estabilidad y duración de la obra?

Con el propósito de contribuir a la solución del problema he elaborado, durante mi estada en Constitución, un proyecto que entrego a la consideración de los interesados y profesionales y que se puede caracterizar como un *Proyecto de Puertos separados*.

IV. Proyecto de puertos separados. — La idea fundamental de este proyecto es separar la navegación fluvial de la navegación marítima, en la siguiente forma:

1.º Hacer un puerto fluvial que satisfaga las necesidades actuales y del porvenir y dar salida fácil y permanente a las embarcaciones que navegan en el río y a las que se construyan en los astilleros establecidos;

2.º Construir un puerto marítimo para la navegación interoceánica y que sirva, al mismo tiempo, de antepuerto a las embarcaciones fluviales y de protección a la entrada del canal de comunicación entre los dos puertos; y

3.º Unir los dos puertos por la misma línea férrea sin necesidad de ramales especiales.

DESCRIPCION DE LAS OBRAS PROYECTADAS

Las obras proyectadas se componen:

- I. Puerto fluvial;
- II. Canal de comunicación;
- III. Puerto marítimo;
- IV. Línea férrea hasta el puerto marítimo;
- V. Compuerta en el canal o exclusiva de cámara;
- VI. Puente carretero sobre el canal.

I. Puerto fluvial.—El puerto fluvial tendrá una profundidad de agua de 4 m. bajo la cota 0 oficial y será destinado únicamente a dar puerto y salida fácil

y permanente a las embarcaciones menores del río y a los buques y lanchones que se construyan en los astilleros establecidos a orillas del río desde mucho tiempo atrás. Un malecón de 300 m. de largo con desvíos y utilería, facilitará la movilización de la carga. En una bodega de 2 000 m.³ se recibirá la carga destinada a las embarcaciones o traída por ellas.

Este puerto, situado entre la calle Rengifo y el pie del cerro Mutrúm, ocupará 5,6 ha. de terreno, la mitad en el arenal formado por el riachuelo y la otra mitad en terrenos para cultivo y edificación, siendo esta última bastante escasa y de muy poco valor. La superficie de agua será de 4,0 ha. La corona del malecón y de la plataforma se nivelarán a la cota + 4,0 sobre el O oficial con el fin de evitar las inundaciones durante las creces del río.

La entrada al puerto desde el río tendrá 30 m. de ancho y su disposición evitará el embancamiento y las corrientes dañosas en la dársena. La estabilidad del dique que separará la dársena del río estará asegurada por su fundación en terreno firme y su situación retirada del lecho del río.

II. Canal de comunicación.—Este canal tendrá 600 m. de largo a partir desde la salida hasta el principio del malecón de carbón en el puerto marítimo.

Su sección de agua debe calcularse de tal manera que la sección sumergida del buque y la del canal queden en la relación 1:4,5. El lecho del canal está fijado por travesaños de albañilería a fin de evitar socavaciones por el desnivel de 4 m. entre el lecho del canal y el lecho del puerto marítimo. Su trazado, parcialmente, está en curva de 500 m. de radio.

III. Puerto marítimo.—Antes de entrar a la descripción del puerto y las disposiciones generales de éste, haré algunas observaciones sobre el viento, las olas y la corriente, fenómenos que deben ser considerados por el ingeniero al proyectar un puerto.

VIENTO.—Los vientos reinantes son los del Sur Oeste.

Los vientos dominantes son los del Nor-Este.

Datos sobre el número de días en que reinan los distintos vientos, la velocidad y la presión de ellos, no he encontrado.

LAS OLAS.—1. En la proximidad de la costa son normales a ésta.

2. Las olas se rompen si $H=h$, es decir, cuando la altura total de la ola es igual a la profundidad del agua en reposo.

3. $h_{\max} = 6,0$ m., observada en Constitución.

4. Para fijar la altura de los rompeolas se acepta $a = 3,4$ h.

5. La altura de las olas por influencia de los vientos se obtiene por la fórmula de Coupvent des Bois: $h = \frac{3}{4} \sqrt[3]{w^2}$

6. La presión de las olas es 6 a 30 ton. por m.²

CORRIENTE MARINA.—La costa de Chile es bañada por una corriente fría

conocida bajo el nombre de corriente de Humboldt y cuya velocidad no pasa de 200 m hora.

Otros fenómenos que producen la corriente costanera son: la desembocadura de los ríos en combinación con las mareas, las mareas mismas, los vientos, la diferencia de temperatura de las aguas y la diferencia de densidad entre el agua de mar y el agua dulce.

Estas corrientes tienen semejanza con las corrientes fluviales, es decir, su velocidad aumenta a partir de la costa y del fondo.

Para la construcción de puertos tiene especial importancia la corriente costanera originada por las mareas. Esta corriente arrastra material que en su mayor parte se compone del material traído por los ríos y de los infusorios muertos al fusionarse el agua salada con el agua dulce. Al embancamiento debido este material están expuestos los puntos donde disminuye la velocidad por ensanchamiento, como en las Caletas, bahías protegidas, etc.

REGLAS OBSERVADAS al trazar los rompeolas y la Embocadura:

1. La Embocadura del puerto deberá estar situada lo más afuera posible
2. La Embocadura deberá permitir fácil entrada a los buques de vela hasta el ángulo límite de 70° con los vientos reinantes y dominantes.

Como los vapores de toda clase encuentran espacio bastante para virar, se aniquilará en el viraje la velocidad y el antepuerto para estas maniobras no ocupará mayor longitud que 300 m.

3. La Embocadura no deberá tener mayor ancho que el necesario para la entrada segura con el fin de evitar el oleaje dentro del puerto (40—200 m.) Se ha adoptado 120 m.

4. Las partes más salientes de la Embocadura (Rompeolas) deberán ser lisas planas y talladas.

5. Los rompeolas deberán ser trazados de tal modo que la corriente costanera no pueda embancar la Embocadura.

Para conseguir este fin principal el trazado del rompeolas sur deberá formar el ángulo mayor posible con la dirección de la corriente. En el caso dado este ángulo es de 174° , es decir, el trazado es casi paralelo con la corriente.

6. La altura sobre aguas tranquilas de los rompeolas no destinados al atraque de vapores es de $\frac{2}{3} h$ de la mayor ola observada, de 6.0 m.

EL PUERTO MARÍTIMO destinado a los vapores mercantes interoceánico tendrá 8 m. de profundidad bajo el 0 oficial.

La dársena abrigada por los rompeolas es de 69 ha., de las cuales 55 ha tendrán 8.0 m. de agua; por dragar hay 20,4 ha. El terreno necesario para la esplanada del puerto se ganará del mar, rellenando frente al Hotel de la Playa una faja de 170 m. de ancho, de los cuales 20 m. se reservarán para el camino carretero al puerto. La superficie de la esplanada será de 15 ha.

El malecón de atraque tendrá 800 m. de largo y formará el límite de la esplanada. La primera sección de 600 m. de largo será destinada para la mercadería en general, la segunda sección de 200 m. de largo es destinada exclusivamente para el carbón y tendrá detrás de él la estación carbonera con desvíos propios.

La esplanada estará a nivel sobre la cota +4.0, tendrá 150 m. de ancho y formará la estación de término del ferrocarril. A lo largo del malecón están colocados los desvíos y la vía para las grúas movibles. Una bodega de 6 000 m.² está prevista y podrán construirse silos para cereales a lo largo del resto del malecón.

Un Tanque para petróleo podrá ser ubicado en el cabezal del malecón de carbón.

La utilería se compodrá de grúas movibles para 3 toneladas de carga, de grúas fijas para mayores pesos y de elevadores para carbón de piedra.

IV. La vía férrea de trocha de 1.0 m. se prolongará de la estación actual, siguiendo a orillas del río Maule y por la calle Echeverría hasta la estación de término, pasando por el puerto fluvial, donde habrá los desvíos necesarios para la explotación. Habrá otros desvíos para la estación carbonera.

La longitud de la vía principal proyectada será de 3 km.

V. Compuerta del canal.—Si en los días de crece del río Maule se vaciaran las aguas por el puerto fluvial y por el canal de unión con el puerto marítimo, el material suspendido en las aguas y la fuerte corriente de ellas dañarían el fondo del puerto fluvial y del canal y embancarían el puerto marítimo.

Con el fin de evitar esta dañosa corriente se colocará una compuerta en la forma acostumbrada en las esclusas con dos alas de 7,50 m. de largo cada una, que permanecerá cerrada en los días de creces.

En estos días excepcionales, muy pocos en invierno, la comunicación entre los dos puertos estará interrumpida y las embarcaciones quedarán en el puerto marítimo.

VI. Puente carretero sobre el canal.—Este puente permitirá la comunicación con el terreno al este del puerto y la poza donde podrán establecerse nuevos astilleros y maestranzas para la reparación de los vapores.

He dado en grandes razgos la descripción de las obras proyectadas con las cuales se resolverá el problema del puerto de Constitución, considerando todos los intereses.

El presupuesto de las obras es de 7 144 800 pesos oro de 18 d., para el puerto marítimo, incluso el Ferrocarril, y de 1 355 200 pesos de la misma moneda para el puerto fluvial, incluso el canal y accesorios, lo que hace un total de 8 500 000 pesos oro.

Aplicada la medida de apreciación de puertos a este proyecto, se tiene los siguientes resultados:

Con 800 m. de malecones del puerto marítimo, el costo del metro lineal es de 8 931 pesos oro;

Con 300 m. de malecones del puerto fluvial, el costo del metro lineal es de 4517 pesos oro, o sea el término medio total con 1 100 m. de malecones es de 7 727 pesos oro.

La capacidad de movilización de carga con la misma unidad de 700 tons. por m. l., dará para el puerto marítimo la suma de 560 000 toneladas anuales;

Para el puerto fluvial, con 500 toneladas por m. l. y por año, se tiene 150 000 toneladas, o sea, un total de 710 000 toneladas.

Con esta capacidad se podrá satisfacer las necesidades de un largo porvenir sin pensar en ensanches.

Aspecto económico.—La Comisión de Puertos, tomó como base para los cálculos económicos, la suma de 250 000 toneladas de carga para movilizar en el primer año de la inauguración del puerto y de 300 000 toneladas después de 10 años.

La Comisión de propaganda llegó a la cifra de 425 000 toneladas en el primer año de entrega.

Tomaré como base el término medio de 350 000 toneladas por movilizar al año, para importación y exportación.

Determinada la carga probable por movilizar desde el primer año, se puede calcular el capital que podrá invertirse productivamente en la construcción del puerto, o mejor, la suma con la cual hay que gravar la tonelada de carga que hace uso del puerto, habiéndose invertido en su construcción la suma de 8 500 000 pesos oro.

Gastos.

1.º Intereses y amortización del capital:

Por intereses 5%.....	\$ 425 000
Amortización 1%.....	85 000
	510 000

2.º Gastos de explotación.

Administración.....	0,30
Explotación.....	0,40
	0,70 pesos p. ton.

o sea un total de $350\ 000 \times 0,7 = \$ 245\ 000$.

3.º Conservación.

Estimado en 1,5% „ del valor de las obras proyectadas, sería un total, \$ 127 000.

Como gastos totales del puerto en el primer año de su entrega a la explotación tendremos, en resumen:

Interés y amortización del capital.	510 000 pesos
Gastos de administración y explotación.	245 000 »
Gastos de conservación.	127 500 »
	<hr/>
Suma total.	882 500 pesos oro

Costo por tonelada $\frac{882\ 500}{350\ 000} = 2.53$ pesos oro de 18 d.

Tarifa por consig. 2.55 pesos *por tonelada*.

Entrada accesoria.

La superficie de la esplanada del puerto marítimo es de 150 000 m.² y del puerto fluvial 12 000 m.² De esta superficie se podrá poner a disposición de los particulares cerca de 100 000 m.² para bodegas, almacenes, hotel, cantinas, etc., a lo que se producirá una entrada no menor de 100 000 pesos m. c. al año.

PRESUPUESTO

Puerto marítimo.

1. Rompeola sur de 740 m. de largo.	2 220 000 pesos oro
2. Rompeola norte 480 m. de largo.	576 000 »
3. Rompeola oeste 340 m. de largo	918 000 »
4. Malecón 800 m. de largo	970 000 »
5. Dragado de puerto.	900 000 »
6. Ferrocarril, 3 km.	300 000 »
7. Galpón de 6 000 m. ²	180 000 »
8. Casa de administración y de servicio	100 000 »
9. Utilería y Señalización.	180 000 »
10. Terraplenar esplanada 15 ^{ha.}	75 000 »
11. Enrocado chaflán final 3 200 m. ²	32 000 »
12. Expropiación de terrenos.	20 000 »
13. Imprevistos e Inspección técnica.	673 800 »
	<hr/>
Suma	7 144 800 pesos oro

II. Puerto fluvial y accesorios.

1. Dársena, (excavación dragado). . .	300 000 pesos oro
2. Excavación canal.	204 000 »
3. Malecón 350 m.	203 000 »
4. Defensas orillas y fondo.	100 000 »
5. Dique lado río.	150 000 »
6. Galpón 2 000 m. ²	60 000 »
7. Casas de administración y servicio.	30 000 »
8. Compuerta en el canal.	20 000 »
9. Puente sobre el canal.	15 000 »
10. Utilería.	30 000 »
11. Expropiación de terreno.	30 000 »
12. Imprevistos e Inspección técnica. .	193 200

Suma 1 355 200 pesos oro

Suma total I 7 144 800

II. 1 355 200

Total. 8 500 000 pesos oro de 18 d.

CARLOS HEIDINGER