

EL PROYECTO BROEKMAN PARA EL PUERTO DE SAN ANTONIO

POR

EDUARDO REYES COX

Con especial autorizacion del señor Broekman, nos hemos decidido a traer al Instituto la discusion de su proyecto sobre el puerto de San Antonio, que es de grande interes i actualidad.

Para hacer mas clara nuestra esposicion, vamos a dividirla en varias partes.

I) Trabajos en el terreno

El levantamiento del plano de la bahía, así como las observaciones meteorológicas i de mareas, no ofrecieron dificultad, disponiendo de los aparatos inscriptores necesarios

No sucedió lo mismo con los sondeos hidrográficos, pues éstos debieron realizarse en gran parte en medio de las rompientes que hoy existen al sur de la llamada «poza» de San Antonio.

Después de perder algun tiempo tratando de hacer sondeos directos, lo que resultó imposible, hubo de recurrirse a hacerlos indirectamente por medio de una especie de trineo que arrastraban por el fondo desde tierra i llevaba un largo mástil graduado sobre el cual se leía la profundidad del fondo, i se situaba tambien desde tierra.

Los demas trabajos, como hemos dicho, no ofrecieron dificultades especiales (1), i se realizaron:

1 036 sondeos hidrográficos, i
95 jeológicos,

(1) Salvo los sondeos jeológicos que ofrecieron dificultades en la zona de rompientes.

haciéndose las observaciones de olas, corrientes, vientos, etc., etc., necesarias para el estudio del proyecto.

En el trabajo topográfico se incluyó un estudio del ferrocarril a Cartajena destinado a la explotación de canteras.

Examinemos los resultados de este estudio. (Véase plano).

a) Vientos.—

Se puede decir que los vientos reinantes son del SO i S, i el mas fuerte o dominante, el del N, cuya velocidad alcanza hasta 45 km por hora. Los del NO tienen menor intensidad. Los del sur alcanzan a 35 km por hora i a 40 km los del SO. En el año se observaron 100 dias de mar malo con S o SO i 15 con N. o NO.

b) Corrientes i olas.—

De las observaciones de superficie i profundidad realizadas resulta que existe una corriente principal que viene de S a N, i al llegar a la «poza», dobla hacia el O saliendo mar afuera a reunirse con otra rama de la corriente que pasa por fuera de las rompientes sin entrar a la «poza».

La velocidad de esta corriente es considerable i alcanza como a 1 m por segundo de S. a N i de 0,60 m hacia el O. La que pasa por fuera de las rompientes no excede de 0,50 m por segundo.

En cuanto a las olas observadas, su altura no excede de 2 a 2,50 m, pero se han tomado en cuenta mayores alturas para la estabilidad de las obras.

La direccion de las olas se ve en el plano.

c) Mareas.—

Deducido de una serie de observaciones se hizo el análisis armónico de las mareas, pero elemental, limitándolo a 2 de las 20 o mas ondas que forman la marea. Se consideraron solo la onda lunar semi-diurna i la onda solar semi-diurna, que en realidad son las principales i dan exactitud suficiente.

d) Topografía sub-marina.

El relieve del fondo de la bahía, como se ve en el plano N.º 1, demuestra la existencia de una hoya profunda que alcanza hasta 50 m de hondura i hacia el S una especie de meseta tendida que provoca las rompientes.

Al N de la «poza», existe tambien una prolongacion sub-marina de la punta, que completa el abrigo al N, sirviendo como de molo sumerjido.

e) Constitucion jeológica del fondo.—

Los sondeos practicados en la zona de ubicacion de las obras demuestran la

existencia primero, de una capa de arena fina de unos 3 m de espesor. Despues sigue una capa de arcilla de poca resistencia a la penetracion en los primeros 2 m, pero pasados los cuales aumenta bruscamente, correspondiendo a arcilla dura o a rocas descompuestas.

Tales son los resultados jenerales de los estudios. Su parte económica i de tráfico la estudiaremos despues en conjunto.

II) El proyecto

Conocidas las condiciones naturales de San Antonio, que queda completamente abierto a los vientos del S i SO, que son los reinantes en nuestras costas, se imponia la necesidad de realizar una rada artificial o antepuerto, ya que el estado normal con vientos del S o SO es de bastante agitacion. Los dias verdaderamente tranquilos son los de temporal de N en Valparaíso, que, como se sabe, está en condiciones completamente opuestas a las de San Antonio, ya que de ordinario su bahía es mui tranquila cerrada como es al S i solo se ajita con vientos del N, que son escasos.

Vimos que durante el año de estudio se anotaron 100 dias de mar ajitado por vientos del S o SO.

En estas condiciones, como ya lo hemos dicho, se imponia la construccion de un antepuerto, como lo ha hecho el señor Broekman.

Ahora, ¿qué dimensiones debian darse a ese antepuerto?

Sabido es que estas dimensiones se fijan por dos límites:

El mínimo fijado por el tráfico marítimo del puerto, i el mínimo impuesto por consideraciones náuticas, no pudiendo en ningun caso bajar de este último. Así se empieza por fijar las dimensiones exigidas por esta última consideracion; i si el tráfico o número de buques que pueda haber en el puerto exige mayores dimensiones, se aumentan, pero si le basta con otros menores, se conservan las anteriores.

Ahora bien, esas dimensiones mínimas de un antepuerto son fijadas, como se sabe, por dos consideraciones:

1.ª Hai necesidad de tener delante de la boca de entrada i en la direccion de su eje una distancia suficiente para que un buque empujado por el viento, pueda manio-brar, virar o detenerse. Esa distancia tiene valores variables segun la fuerza del viento dominante i puede estimarse en un caso como el de San Antonio en unos 800 a 1 000 metros.

En cuanto al ancho se fija por consideraciones relativas a la tranquilidad de las aguas en el antepuerto, ya que mientras mayor sea ese ancho con relacion al de la entrada, menor será la altura de las olas que se propague al interior.

En otras palabras, esta dimension se fija por la *potencia reductiva*, como la llama Stevenson, que se adopte para el antepuerto i para calcular la cual se conoce una fórmula.

En el caso que estudiamos, en San Antonio, han primado las consideraciones náuticas sobre las de tráfico i ellas han impuesto las dimensiones del antepuerto proyectado.

Orientacion de la entrada.

No existen muchas soluciones posibles.

La entrada proyectada se abre al O i es suficientemente ancha para evitar que un buque al entrar con viento S sea echado contra la costa N.

El molo se ha avanzado bastante hacia el O, a fin de arrojar la corriente principal de S a N, de que hablamos, hacia afuera i dejar la entrada libre ya de ella. Con el molo mas oblicuo hacia el E, o sea mas a tierra, la corriente iria a estrellarse contra la puerta del N, dejando en malas condiciones la entrada con relacion a la corriente.

Prolongar mas el molo hacia el N estrechando la boca, tiene dos inconvenientes:

- 1) Que deja la entrada apegada a la costa i por consiguiente en malas condiciones para abordarla con vientos del S o SO, que son los reinantes, i ademas
- 2) Se iria con el molo a grandes profundidades de 40 o 50 metros.

No queda sino otra solucion, indicada tambien por el señor Broekman, i seria la construccion de otro molo al N sobre la meseta sub-marina que resguarda por ese lado. Seria un molo corto, de unos 400 metros, que iria hasta profundidades de 20 o 25 metros. Con este molo se abrigaria totalmente la entrada contra vientos del NO.

¿Será necesaria su construccion?

Creemos que nó i que basta con lo proyectado por varias razones:

- 1.ª Que el viento NO es mui poco frecuente en comparacion con los del S.
- 2.ª Que ese viento en la actualidad, sin obra alguna, no produce agitacion sensible en San Antonio, posiblemente debido en algo a la punta sub-marina del N, i como las obras proyectadas a lo ménos no empeorarán la situacion respecto de ese viento, no se ve por qué temerlo despues de ejecutados.
- 3.ª Que en el caso remoto que produjese alguna agitacion, ésta iria disminuida al interior por el ensanchamiento del antepuerto, i en todo caso, habria tranquilidad suficiente en las dársenas proyectadas.

Por las consideraciones espuestas, estimamos satisfactoria la disposicion de la boca de entrada.

Dársenas.—

El puerto mismo se constituye por dársenas abiertas como se ve en el plano. El papel de las dársenas, como se sabe, es realizar superficies de agua restringidas dentro de las cuales no pueda producirse agitacion.

Los proyectados para San Antonio llenan esa condicion: en efecto, por el norte no debemos preocuparnos ya que no se produce agitacion con este viento. Por el sur tampoco, pues, quedan los atracaderos completamente abrigados por el molo mismo.

El viento E, casi no hai que considerarlo, por su poca frecuencia e intensidad, i, en todo caso, el ancho de los docks es de 160 metros, longitud en la cual ningun viento, por violento que sea, es capaz de provocar agitacion sensible.

En cuanto a los vientos del lado oeste, tampoco son de temer, por tener el ancho ya citado de 160 metros en ese sentido.

Obras de ejecucion inmediata

Por ahora, se continuará el molo exterior que arranca de la costa en direccion perpendicular a ella de un punto intermedio entre el pueblo actual i el estero del Sauce, avanzando 700 metros al oeste llegando a 11 metros de profundidad; en seguida se jira unos 40° al norte i se prolonga 750 metros mas hasta alcanzar la profundidad de 15 metros.

Aprovechando el bajo adyacente al molo se rellenará ese espacio i se tendrá así bastantes terrenos disponibles que por ahora se defenderán por enrocados. En un punto intermedio se construirá un espigon de atraque como el E de unos 300 metros de largo por 100 de ancho con malecones por ambos costados para el atraque directo de los buques. Se tendrá 10 metros de agua a su pié. Además, frente al muelle actual se proyecta un muelle secundario de 50 metros de largo i un malecon auxiliar de 100 metros para el atraque de lanchas.

El muelle tendría vías férreas en comunicacion directa con el ferrocarril i serviría para la ejecucion de las obras mismas del puerto.

Ensanche futuro

Para tener mayor longitud de atracaderos se colocaría otro espigon de atraque F en el espacio comprendido entre el primer espigon i el molo exterior. Este espigon tendrá 600 m de largo por 120 de ancho. Además se construyen malecones de atraque en el molo mismo i muelles intermedios entre los espigones.

En cuanto a los terrenos necesarios para la explotacion, se tienen con holgura sobre el molo mismo i en una faja a lo largo de la costa que podría habilitarse, ya que las dunas que la obstruyen, formarán el relleno de las obras de terraplen.

Capacidad del puerto

OBRAS INMEDIATAS

Superficie de agua.—

Se dispondrá de una superficie de agua total de 90 hectáreas, de las cuales 60 constituyen el antepuerto propiamente dicho i 30 las futuras dársenas.

No nos ocuparemos de avaluar su capacidad ya que es por demas suficiente, i ha sido fijada por las consideraciones náuticas de que hemos hablado, tratándose de un antepuerto.

Atracaderos.

Se dispondrá de una longitud de 630 m de malecones en el espigon del puerto i 200 m mas de atracaderos para lanchas en el antepuerto de la «poza».

Los 630 m de atracaderos del puerto nos dan, a razon de 500 toneladas de carga por metro lineal, una capacidad anual de:

$$630 \times 500 = 315\ 000 \text{ toneladas}$$

suficiente para el tráfico de explotacion inmediata, calculado en 300 000 a 400 000 toneladas, como veremos despues, i quedando todavia los 200 m del antepuerto para atraque de lanchas.

Ahora, si se admite la cifra de 600 toneladas como intensidad de tráfico comercial para el malecon, cifra que dista mucho de ser exajerada, se llega a

$$630 \times 600 = 378\ 000 \text{ toneladas}$$

Se ve, pues, que los atracaderos bastan para un movimiento de 315 a 380 000 toneladas anuales de carga o descarga directa de los buques.

Por otra parte, los 200 m de atracaderos para lanchas podrian movilizar, a razon de 300 toneladas por metro:

$$200 \times 300 = 60\ 000 \text{ toneladas}$$

mas de carga, lo que nos daria un total de

$$378\ 000 + 60\ 000 = 438\ 000 \text{ toneladas}$$

que podrian mobilizarse por San Antonio con la ejecucion de sus obras inmediatas, propuestas por el señor Broekman.

Terrenos disponibles.—

En superficie de terrenos grandes al mar se tendrá 50 hectáreas i a mas habrá 35 hectáreas ganadas a la costa actual por el desaparecimiento de las dunas contiguas al puerto.

Las 50 hectáreas de terraplenes por sí solas bastarian para atender al movimiento de la carga. En efecto, si aceptamos que se puedan movilizar 75 000 toneladas de carga al año por hectárea de terreno, tendríamos

$$50 \times 75\,000 = 3\,750\,000 \text{ toneladas}$$

de carga que podrian movilizarse con esas 50 hectáreas.

Puede decirse, pues, que hai terrenos suficientes para el servicio del puerto, siendo éste un punto importante, pues, uno de los defectos del actual puerto es la absoluta carencia de terrenos donde estenderse.

En la faja de terrenos ganada a la costa i hácia el estero del Sauce, se proyecta una nueva poblacion i la estacion central de ferrocarriles del puerto.

Capacidad de las obras futuras

Realizado el proyecto completo se podria tener hasta 3 000 metros de atracaderos, que a razon de 600 toneladas como, mínimo, por metro, nos daria una capacidad comercial mínima de $3\,000 \times 600 = 1\,800\,000$ toneladas de carga, es decir, bastante mayor que el tráfico actual de Valparaíso.

Tipo de molo i malecones adoptados*Molo exterior.—*

Tiene dos secciones distintas. En la primera, apegada a la costa que va en poca profundidad: que no recibe las olas sino mui oblícamente i por consiguiente no resistirá grandes choques, se ha adoptado el tipo de enrocados de taludes tendidos, i en la parte que jira al norte, que deberá soportar esfuerzos mucho mayores, por recibir el choque de frente del oleaje, se ha abandonado el tipo de enrocado, reemplazándolo por un tipo misto, de enrocado en la base hasta un nivel en que no se tema el ataque de las olas, i de ese nivel hácia arriba una pared vertical constituida por grandes bloques de concreto, dispuestos por capas transversales inclinadas a 70°

Ambos tipos los encontramos perfectamente justificados en cada caso i su adopcion está en completo acuerdo con las ideas dominantes en los últimos Congresos de Navegacion.

Así, por ejemplo, en el Congreso de Paris de 1900, Nissens Hart sostuvo la necesidad de fundar la superestructura de los molos mistos, a una profundidad libre de la influencia destructora de las olas. Cordemoy sostuvo en ese Congreso la conve-

niencia de fundar a una profundidad mínima de 6 metros i constituyendo la superestructura con bloques de concreto arreglados a titán, como propone el señor Broekman.

En el Congreso de Milan de 1905, se definieron más las ideas i las conclusiones propuestas por el relator jeneral, Logatto, indicaban la adopción del tipo de molo de simple enrocado para parajes abrigados i en poca profundidad de agua, precisamente es el caso del llamado molo lateral de San Antonio.

En cuanto a los molos mistos con superestructura de paredes verticales, se declaró que debían adoptarse en los mares de marea i en los de débil marea, si la profundidad es considerable.

Mr. Joly sostiene ideas semejantes haciendo ver que a veces con bastante amplitud de mareas es imposible sostener un talud inclinado protegido con bloques entre A M i B M, como lo ha probado el ejemplo de Cherburgo, en que ha sido necesario construir un muro vertical sobre la base de enrocados.

En cuanto al nivel de fundación de los muros verticales, dice Mr. Joly:

«Los mares a mareas imponen casi siempre la adopción de una superestructura de muros verticales sobre el nivel de B M, fundándola a esa profundidad en Cherburgo, Havre i Boulogne con la condición de proteger el pie con una meseta o plataforma de talud muy suave con revestimiento de bloques artificiales.

«Esta defensa puede ser insuficiente en mares violentos, i sería probablemente ventajoso bajar la fundación de la superestructura, notablemente bajo el nivel de B M.»

Vernaut-Harcourt, delegado inglés al mismo Congreso, hace ver que las paredes verticales resisten mejor el choque de la ola que los taludes inclinados con parapeto superior, pero dice deben fundarse a bastante profundidad, como en Peterhead; que se ha fundado a 13,10 m, i a 9,37 en Colombo, a fin de evitar la remoción de la infraestructura por el oleaje.

Para evitar los efectos de los descensos desiguales que se producen, aconseja colocar los bloques por capas inclinadas como en Colombo i Madras, i como se propone para San Antonio.

Hace ver que en los últimos trabajos realizados se han ligado entre sí los bloques de cada hilada inclinada; i después de asentados definitivamente se les ha colocado concreto entre las juntas.

Creemos que con lo espuesto basta para demostrar que los tipos propuestos para el molo de San Antonio están perfectamente de acuerdo con la experiencia, cuyas conclusiones se han manifestado en los últimos Congresos de Navegación.

Si hemos insistido en este punto es por considerarlo de capital importancia, ya que el molo constituye la parte primordial del proyecto, i un fracaso acarrearía el del puerto entero.

La cota de fundación de la superestructura es de 10 m, que es suficiente dada la magnitud de las olas observadas en San Antonio, que seguramente no harán sentir su influencia a mayor profundidad. En todo caso, el pie está defendido por gruesos enrocados hasta la cota—8 m.

En cuanto a las dimensiones transversales, se han fijado por comparacion con obras existentes, teniendo en cuenta las mayores olas que podrian producirse. En esto el señor Broekman no ha hecho sino atenerse al estado actual de nuestros conocimientos, que no permite calcular de un modo satisfactorio el choque de las olas, i mucho ménos su efecto, que no solo es debido al choque mismo, sino a la repeticion de ellos que producen trepidaciones que van incrementándose hasta producir la ruptura i que escapan a todo cálculo.

Este punto fué objeto de especial discusion en el Congreso de Navegacion de 1905, ya citado, i se llegó a la conclusion siguiente:

«La potencia de las olas i los esfuerzos esencialmente dinámicos que ejercen sobre los molos exteriores, han escapado hasta aquí a toda medida precisa.

«Los esfuerzos de destruccion de las olas del mar, son debidos a una repeticion de los esfuerzos dinámicos que aun no ha podido hasta hoi ser determinada.

«En los proyectos de nuevas obras en el mar, el ingeniero encontrará indicaciones las mas preciosas en el exámen de obras existentes, teniendo en cuenta, comparativamente, el régimen del mar, la forma de las riberas i los fondos en las vecindades del puerto i toda otra circunstancia capaz de dar elementos útiles de apreciacion.»

Una vez mas, vemos que queda plenamente justificado el sistema empleado en el proyecto que estudiamos.

La superestructura del molo, como hemos dicho, se construye con bloques artificiales dispuestos por capas transversales inclinados a 70°. El peso máximo de estos bloques es de 60 toneladas.

La disposicion adoptada sin traba horizontal, permite el descanso de una hilada de bloques, sin comprometer los vecinos, en caso de asentamiento desigual de la infraestructura. La disposicion en capas inclinadas tiene ventajas para la colocacion de bloques a titan, i para hacerlos solidarios en cuanto al choque de las olas, pues el rozamiento entre ellos tiende a contrarrestar los efectos aislados.

Para dar solidaridad al conjunto, se proyectan, ademas, pozos inclinados que siguen las juntas i que se rellenarán despues con sacos de concreto.

Para la solidaridad longitudinal se colocará una gran viga de cemento armado que une los bloques superiormente i que servirá para transmitir los choques aislados de los bloques a sus vecinos.

Obtenido el asiento definitivo, se construirá una mampostería gruesa ligada a los bloques por grandes espigas de cemento armado.

A pesar de lo dicho sobre el cálculo del esfuerzo de las olas, como dato ilustrativo se ha calculado la estabilidad del rompe-olas con una presion de 25 toneladas por metro cuadrado, i resulta ampliamente satisfactoria.

Malecones.—

Los fracasos en malecones han sido frecuentes debido a diversas causas, i entre nosotros, con los temblores, esos fracasos son mas de temer.

Por las trepidaciones del suelo producidas por los temblores, el talud del material de relleno se tiende más i con esto se producen empujes mucho mayores que los previstos en el cálculo i que ocasionan el volcamiento o resbalamiento del malecon.

Para ponerse a cubierto de esta contingencia temible, el señor Broekman trató de calcular los malecones de San Antonio de modo que pudiesen resistir el empuje de las tierras sacudidas por un terremoto análogo al de Agosto de 1906.

Despues de varias experiencias i de observaciones en el terreno, llegó a determinar las cifras siguientes para los taludes de arena de las dunas, que, como hemos dicho, será el material de relleno:

Talud natural, en reposo i en seco.....	34°
» » » bajo agua	32°
» » con oscilaciones análogas a las del terremoto de 1906, en seco....	22°
» » » » » » » » » bajo agua.	20°

Verificada la estabilidad de los malecones con un talud de 18°, resulta con un coeficiente de seguridad 2, coeficiente que en condiciones normales, o sea sin terremoto, sube a 3.

Consecuencia de estas consideraciones ha sido el resultado de dimensiones mayores i por consiguiente, mayor costo que el corriente: \$ 6 000 contra 5 000 por m l.

El tipo adoptado tiene la ventaja de disminuir los empujes soportados por el malecon i de evitar la resaca que se forma en los malecones de pared vertical continua.

Consiste en una simple proteccion de los taludes de terraplenes, i fundando cada 12 m un machon de mampostería de 7 m en sentido trasversal al terraplen por 3,50 m de ancho en su base (a 3,50 bajo el nivel medio) i 2,50 arriba.

Sobre estos machones, cuya arista mas avanzada queda en la vertical del pie del talud protegido, va un tablero de cemento armado sobre el cual van las grúas i vías férreas del caso.

A mas este tipo tiene la ventaja de que las grúas i trenes que marchen sobre el malecon, le dan mas estabilidad, ya que no sobrecargan el terraplen.

Estos machones se fundarán sobre una base de mampostería de 6×17 m i 2,50 de alto apoyada a su vez en el terreno de fundacion preparado de antemano a fin de darle mas consistencia.

Para dar mayor rijidez longitudinal van, cada 80 o 90 metros, machones dobles reforzados.

Para no alargar demasiado, no entraremos en detalles sobre la ejecucion de los muelles proyectados, que consultan ideas orijinales dignas de estudio por parte de nuestros colegas, sobre todo en los sistemas de fundacion propuestos.

Ademas, se consulta el ensanche de la poblacion para el futuro en 75 hectáreas de nuevos terrenos al sur de la poblacion actual i la regularizacion de este último por el desaparecimiento de los demas que la obstruyen.

Costo de las obras i plazo de ejecucion

El plazo de ejecucion se estima en cuatro años i su presupuesto por obras separadas es:

	\$ oro de 18-d
Molo lateral de enrocados	1 917 000
Molo de abrigo, misto	6 619 000
Espigon o malecon principal.....	3 878 000
Terraplenes i enrocados menores	3 358 000
Muelle secundario	95 000
Malecon secundario	73 000
Obras en la ciudad.....	971 000
Grúa flotante de 50 toneladas, etc	89 000

Suma..... 17 000 000 \$ oro de 18 d

o sea 1 275 000 libras esterlinas que es el valor de las obras inmediatas.

En cuanto a las obras futuras, se calcula su costo en 20 millones más, i en 25, si se hace la prolongacion del molo.

Aspecto económico del proyecto

Tráfico probable del puerto.—

Basta recordar que San Antonio unido por ferrocarril a Santiago, como mui luego lo será, quedará a 112 kilómetros de esta ciudad, para convencerse de que necesariamente su habilitacion habrá de desviar parte de la corriente comercial que hoy entra i sale por Valparaíso, a 183 kilómetros de la capital i con una línea de explotacion mui costosa.

Un sentimiento de justicia me obliga a citar aquí a nuestro malogrado i distinguido colega don Enrique Vergara Montt. Ninguno de nosotros habrá olvidado seguramente su tenaz i convencida campaña en pro de San Antonio, i seguramente hoy se sentiria feliz al verlo próximo a su realizacion.

El señor Vergara Montt, despues de prolijos estudios estadísticos, llegó a fijar en el año 1900 los siguientes resultados: (1)

La zona de atraccion mínima de San Antonio la supone limitada el señor Vergara Montt entre Quilicura i Requínoa, suponiendo construido el ramal a Pichilemu, i estima el movimiento comercial probable del ferrocarril de Melipilla a San Antonio como sigue:

Internacion.—

	Tons.
Carbon, entrada probable en 1898.....	90 000
Carga de 1. ^a clase: aceite, maquinaria etc.....	6 300
» 2. ^a »	230
» 3. ^a » azufre, cemento, papel, etc.....	4 700
» 4. ^a » fierro, rieles, brea, etc.....	11 900
» 5. ^a » maderas.....	12 250
» 6. ^a » guano, salitre.....	2 010
Artículos de la Empresa	4 426
Varias mercaderías.....	4 440
Total internado.....	136 256

Esportacion.—

La estima el señor Vergara Montt en.....	80 000
--	--------

Suma total para carga del ferrocarril. **216 256 tons.**

Para entrar a estudiar la explotacion del ferrocarril basa sus cálculos en 250 000 toneladas de carga (paj. 436), agregando a las 216 000 ya calculadas el movimiento propio de la línea misma que seguramente se ha de desarrollar i que constituirá el comercio local de San Antonio.

Mas adelante, en la página 446, dice:

«Estudiando el aumento de la navegacion, se ve que desde 1880 a 1898, es el de un 5% anual, i que si éste continuara hasta 1910, tendria entónces Valparaíso 600 mil toneladas más de movimiento que lo que hoi tiene, de las que 500 000 se destinarian a San Antonio, i se llegaria, en conclusion, al resultado de que el nuevo puerto quitaria a Valparaíso lo que ya no va pudiendo contener, i que se prevé le llegaria en diez años mas, si no se abriera otra salida a los productos de la zona central».

I no debe olvidarse, como ya lo dijimos, que el señor Vergara Montt basaba sus cálculos en una zona de atraccion limitada entre Quilicura i Requínoa, supuesto construida las líneas de Talagante a Hospital i Alcones a Pichilemu.

De manera que en los primeros años de explotacion en San Antonio, si supone-

(1) ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS.

mos no realizadas esas vías, o a lo ménos no habilitado Pichilemu, como es de suponerlo, teniendo la zona de atraccion indicada en el proyecto Broeckman entre Montenegro i Quinta, indudablemente que el tráfico previsto se acercará mas a 400 000 toneladas.

El señor Broeckman ha realizado un nuevo estudio estadístico i llega a conclusiones perfectamente en armonía con las del señor Vergara Montt.

Acepta que se desviará por San Antonio la carga voluminosa, cuyo valor se afectaria en un 10% a un 3% con la diferencia de fletes entre la salida por Valparaíso i San Antonio, i que la mercadería valiosa afectada solo en un 1% no se movería de su ruta actual.

Con esta base, i estudiada la zona de atraccion en funcion de las largas virtuales, que resulta limitada por el norte algo mas allá de Montenegro i por el sur en Quinta, se ha llegado a determinar con la estadística hasta 1905 un tráfico probable mínimo de 300 000 toneladas anuales, descompuesto en

190 000 toneladas importadas,	
100 000 » esportadas, i	

ademas el lastre.

La parte principal la forma en la importacion, el carbon que se estima en 164 mil toneladas anuales, i en la esportacion la cebada, pasto i papas.

El aumento sobre el tráfico calculado por el señor Vergara Montt, se esplica por haberse hecho la estimacion 6 años despues.

Despues de 1906, i hasta el año en que el puerto entraria en esplotacion, digamos en 1913, el incremento natural del comercio, aumentaria seguramente esa cifra, quizas no a las 500 000 toneladas que preveía el señor Vergara Montt para 1910, pero sí a 400 000 toneladas, que estimamos una cifra que se acercará bastante a la realidad.

Rentabilidad.—

Veamos ahora si se justifica la inversion de \$ 17 000 000 oro de 18d en el puerto de San Antonio en sus obras inmediatas. Cabe decir aquí que indudablemente la primera época será mucho más desfavorable, ya que en las obras inmediatas se realiza el molo de abrigo. El ensanche futuro resulta mui económico, pues como vimos, con un gasto de 20 millones más, se atendería a un tráfico de cerca de 2 millones de toneladas de carga.

Primera esplotacion.—

Para tomar alguna base, supongamos que San Antonio se construyese por una empresa particular, a la cual debería abonársele un interes de 5% anual sobre el capital invertido i un 2% de amortizacion.

En estas condiciones, tendríamos que la *utilidad líquida* que el puerto debería producir sería:

Intereses.....	17 000 000 $\times$ 0,05 = \$	850 000 oro 18d
Amortización.....	17 000 000 $\times$ 0,02 =	350 000 „
Suma.....	\$ 1 190 000 oro 18d	

Veamos si San Antonio podría dar esa utilidad, o mejor, qué tarifas debería cobrar para obtenerla.

Tarifas.

Las tarifas deben comprender la utilidad de la explotación, mas los gastos de ella misma, i la conservación de las obras.

Los gastos de explotación i conservación en condiciones normales, pueden estimarse en *un peso* (\$ 1) oro de 18d por tonelada de carga, cifra media de varios puertos en explotación.

Los gastos serían entonces:

$$400\,000 \times 1,00 = 400\,000 \text{ pesos oro.}$$

Por consiguiente, la *entrada bruta* del puerto debería ser:

Intereses i amortizaciones del capital.....	\$ 1 190 000
Explotación i conservación.....	400 000
Suma.....	\$ 1 590 000

En consecuencia, cada tonelada de carga movilizada, debería pagar una tarifa de:

$$\frac{1\,590\,000}{400\,000} = \$ 3,97, \text{ digamos } \$ 4,00$$

Para apreciar debidamente lo que esta tarifa significa, debemos tomar en consideración la economía del flete de la mercadería en el ferrocarril. Si consideramos solo el aspecto fiscal, tenemos que solo en el acarreo de carbon para los ferrocarriles el Fisco economizaría anualmente una gruesa suma.

El señor Vergara Montt, en su estudio sobre el ferrocarril de Melipilla a San Antonio, publicado en nuestros ANALES en Octubre de 1900, calcula que entrarán por San Antonio 90 000 toneladas de carbon, de las cuales 54 000 destinadas a particulares i el resto de 36 000, fiscal.

Bajo esta base, calcula una economía de gastos de transporte total de \$ 249 166, o sea a razón de $\frac{249\ 166}{90\ 000} = \$ 2,75$ por tonelada de carbon.

La internacion de carbon fiscal calculada en 1906, se estima para San Antonio en 90 300 toneladas, siendo 170 000 el total.

Suponiendo una economía igual solamente a la calculada anteriormente, tendríamos:

$$90\ 300 \times 2,75 = 248\ 725 \text{ pesos}$$

como economía fiscal en el transporte de carbon, o sea, 145 000 pesos oro de 18-d.

Para ser lógicos, deberíamos, pues, agregar esa suma a las utilidades del puerto, lo que significaría una posible rebaja en las tarifas.

Ahora, si consideramos al comercio particular, la economía por fletes i por tonelada, segun resulta del prolijo estudio del señor Vergara Montt, seria al rededor de \$ 2,50 por el kilometraje medio de la carga, o sea \$ 1,45 de 18-d al cambio actual.

Por consiguiente, el costo de salida o entrada de una tonelada de mercadería por San Antonio, seria como promedio:

Carga o descarga en el puerto	=	\$ 4,00	•
Economía flete por ferrocarril	=	1,45	
Diferencia	=	\$ 2,55	

que seria la tarifa por tonelada que podria cobrar Valparaíso para que el costo de internacion o salida por este puerto fuese igual al de San Antonio en su primera explotacion.

Queda, pues, claramente espuesta la inmensa economía que acarrearía para el comercio la construccion del puerto de San Antonio, ya que Valparaíso, en ningun caso, podrá cobrar tarifas de \$ 2,55 oro por tonelada.

Ensanche futuro.—

Si estudiamos ahora la situacion del puerto en su ensanche futuro i con un tráfico de 2 millones de toneladas, sus condiciones financieras mejoran enormemente.

El costo total de las obras seria...		\$ 37 000 000
Intereses i amortizacion.....	$37\ 000\ 000 \times 0,07 =$	2 590 000
Gastos de explotacion i conservacion		2 000 000
		\$ 4 590 000

i las tarifas serian de:

$$\frac{4\,590\,000}{2\,000\,000} = \$ 2,30 \text{ por tonelada de carga}$$

tarifas sumamente bajas.

No debe olvidarse que hoy en Valparaíso la carga i descarga cuesta por tonelada al rededor de \$ 30,00 moneda corriente.

Para terminar, diremos que segun mi opinion, nos encontramos en presencia de un proyecto concienzudamente estudiado i hábilmente proyectado, que revela la vasta preparacion de su autor, i que económica i técnicamente se justifica su realizacion como una obra de verdadera conveniencia nacional.

EDUARDO REYES COX,

Ingeniero encargado del estudio del rio Valdivia i puerto de Corral.

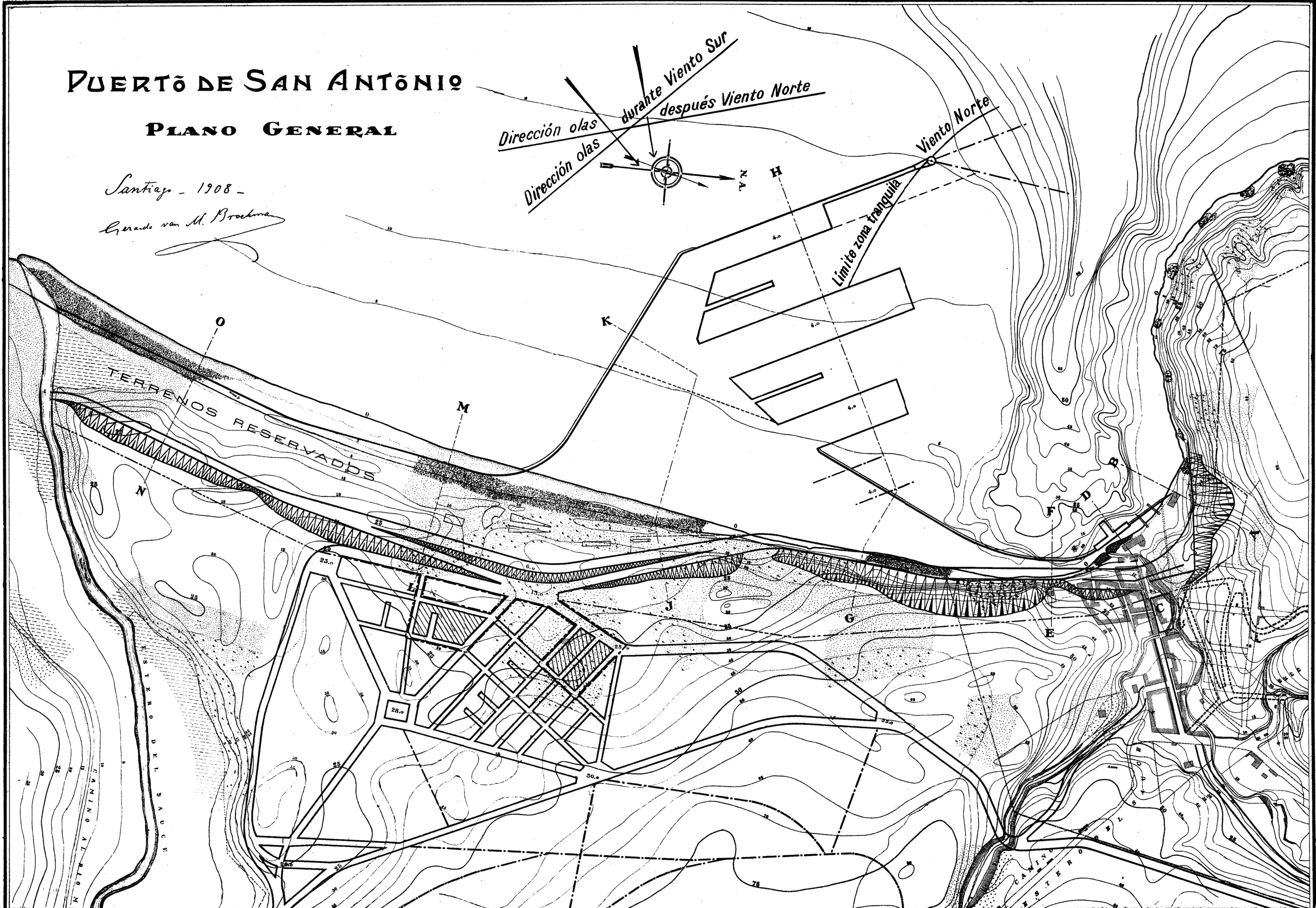
Profesor suplente del ramo en la Universidad
del Estado.

PUERTO DE SAN ANTONIO

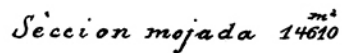
PLANO GENERAL

Santiago - 1908 -

Gerardo van M. Brockman



Perfil de N a S a la altura del 1º espigón Brockman


$$0.40 = W$$

Velocidad superficial, $v = 0.55 \text{ mt. x s}$

Gasto necesario, $Q = 14610 \times 0.49 = 7159 \text{ m}^3$

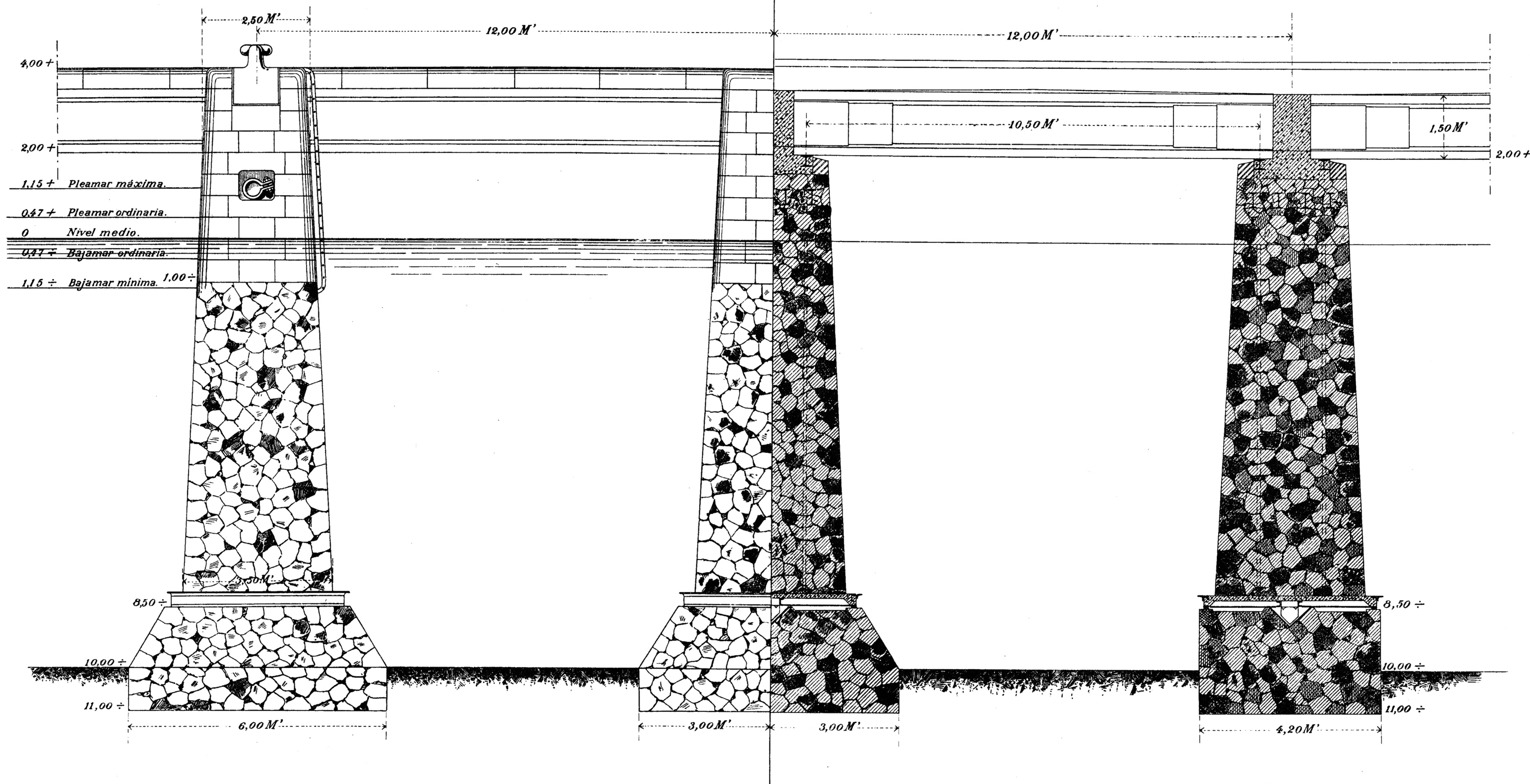
E. R. Roberts

PUERTO DE SAN ANTONIO

MALECON PRINCIPAL

VISTA

CORTE LONGITUDINAL



Santiago. 1908.

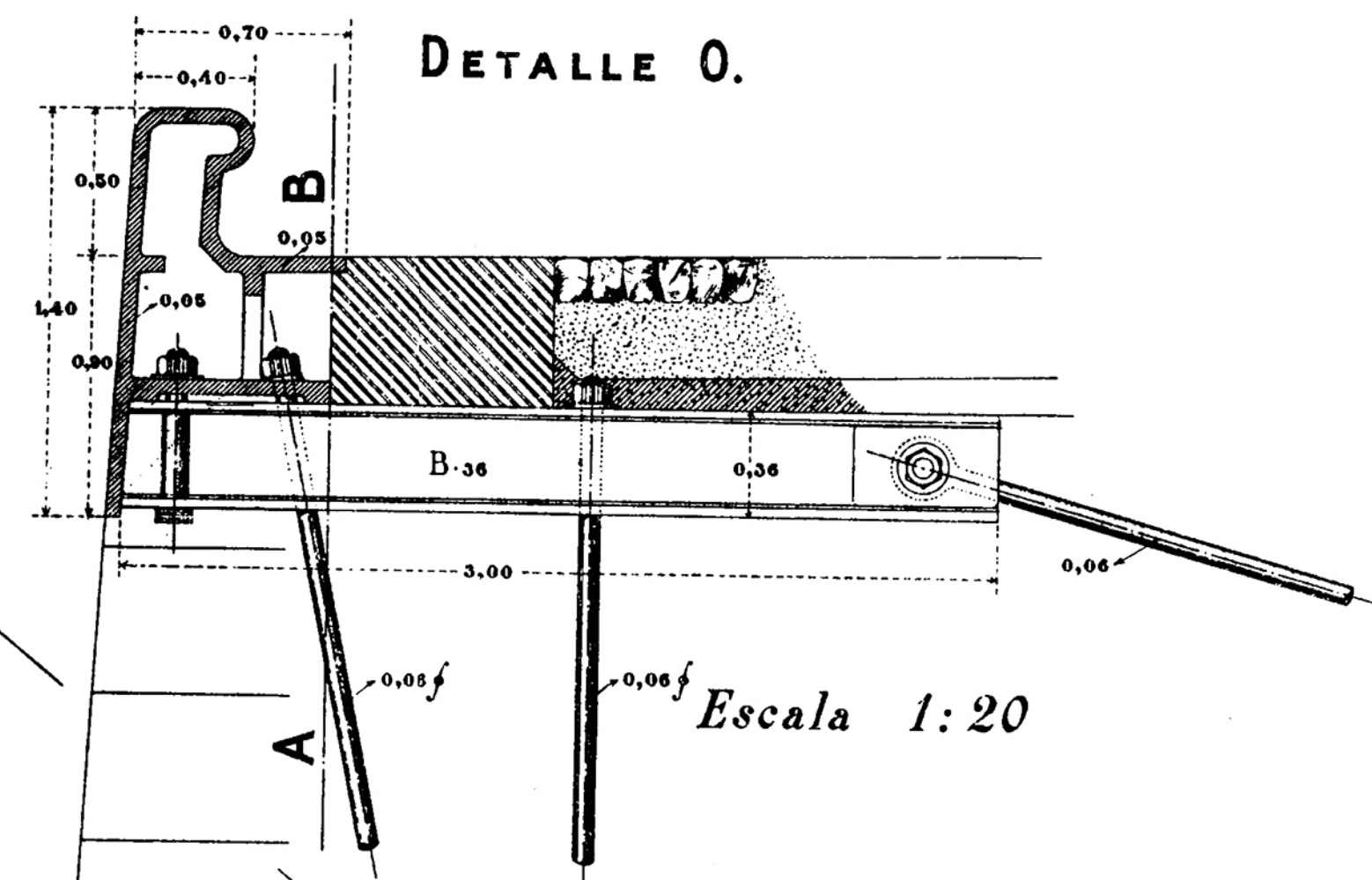
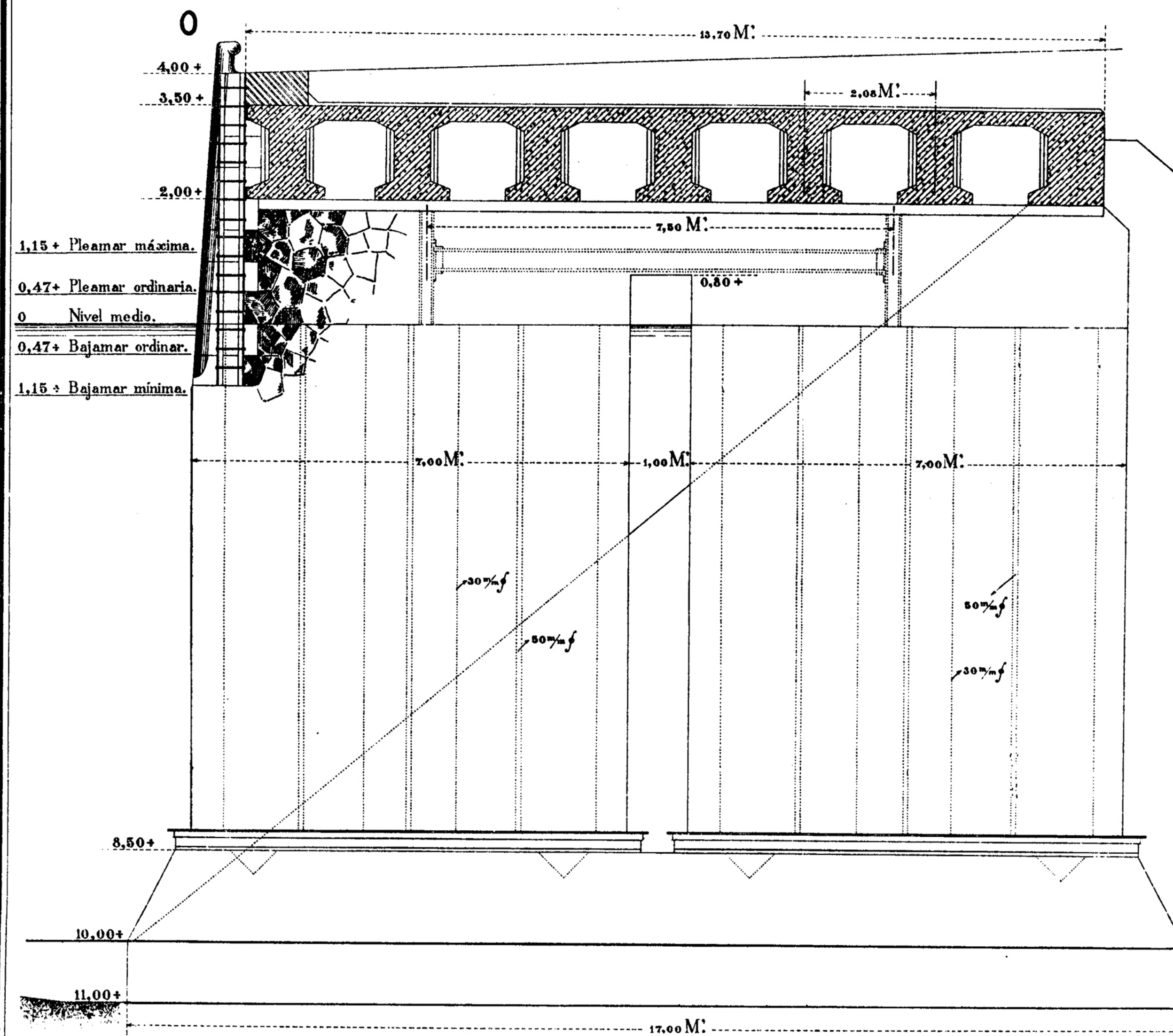
Gerardo van M. Bloelina

Escala 1:50

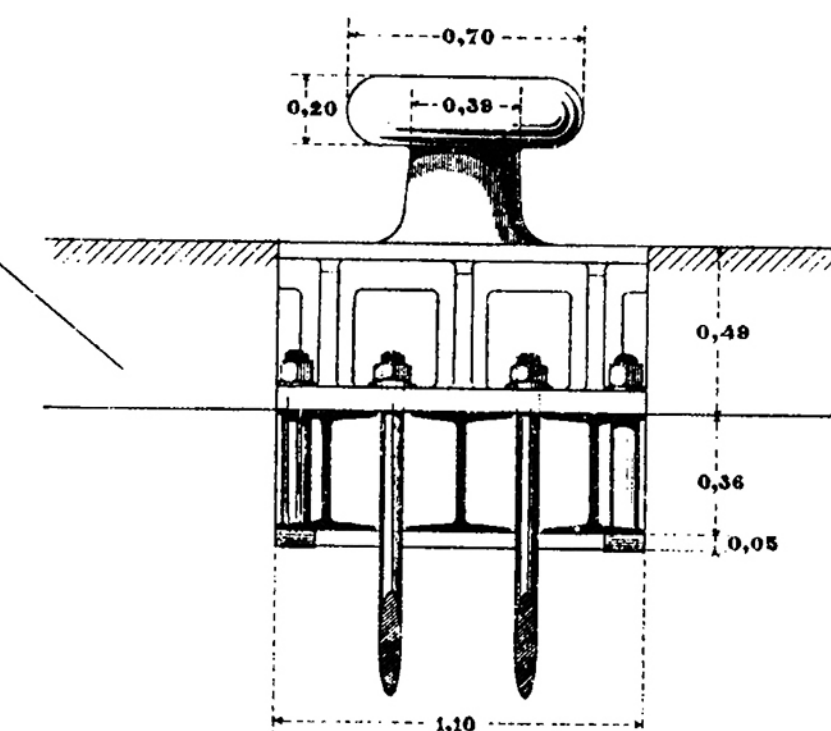
PUERTO DE SAN ANTONIO

MALECON PRINCIPAL

CORTE TRANSVERSAL



CORTE AB.

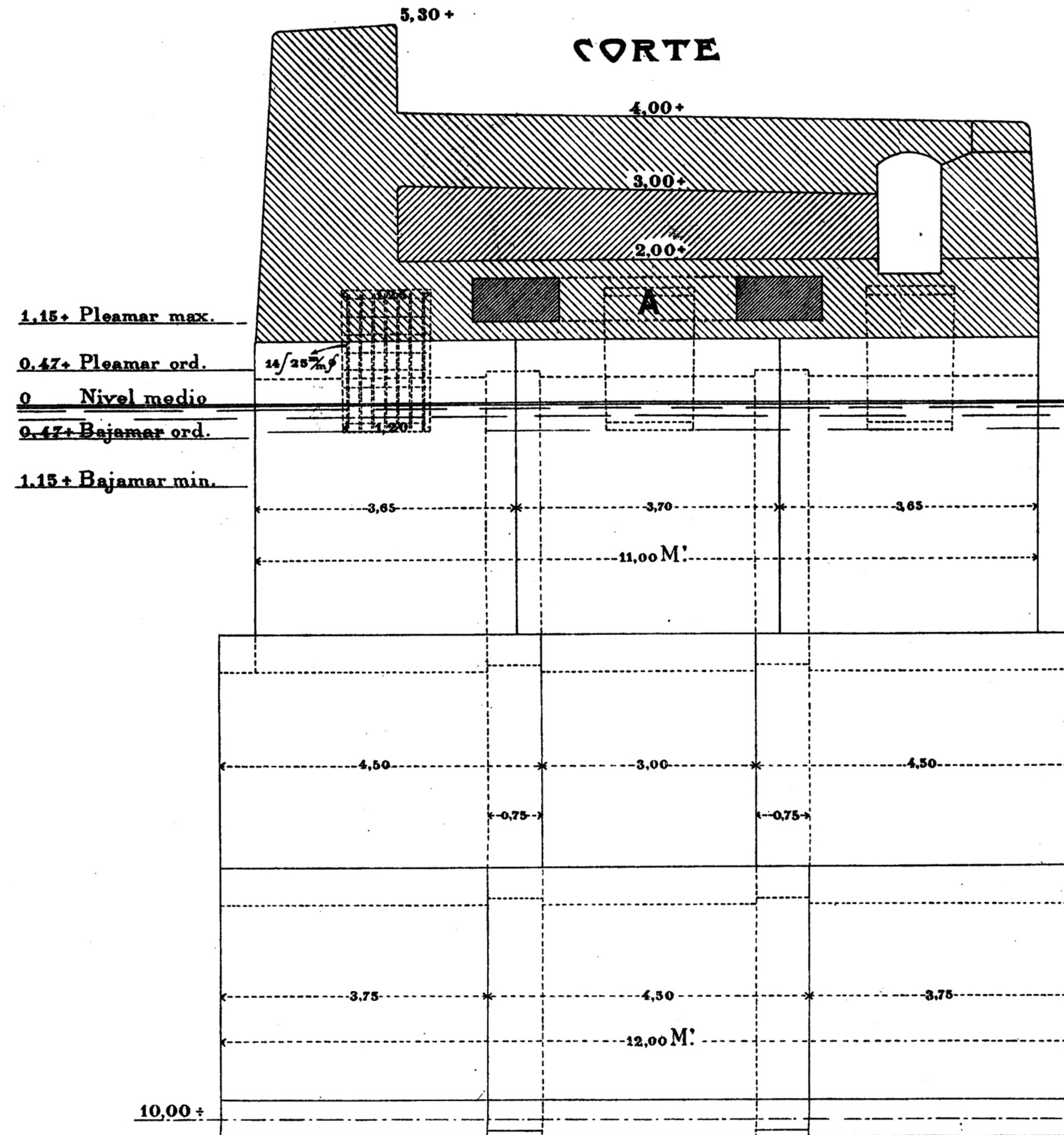


Santiago - 1908.

Operado por M. Prohman

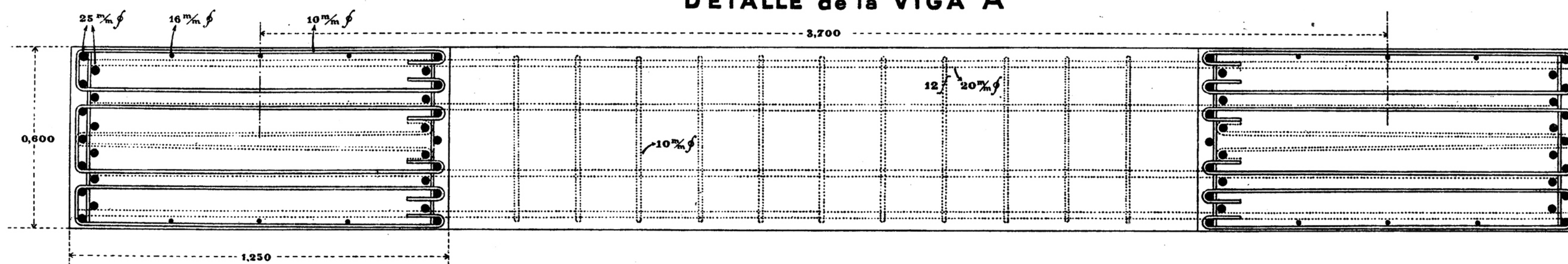
PUERTO DE SAN ANTONIO

MOLO EXTERIOR

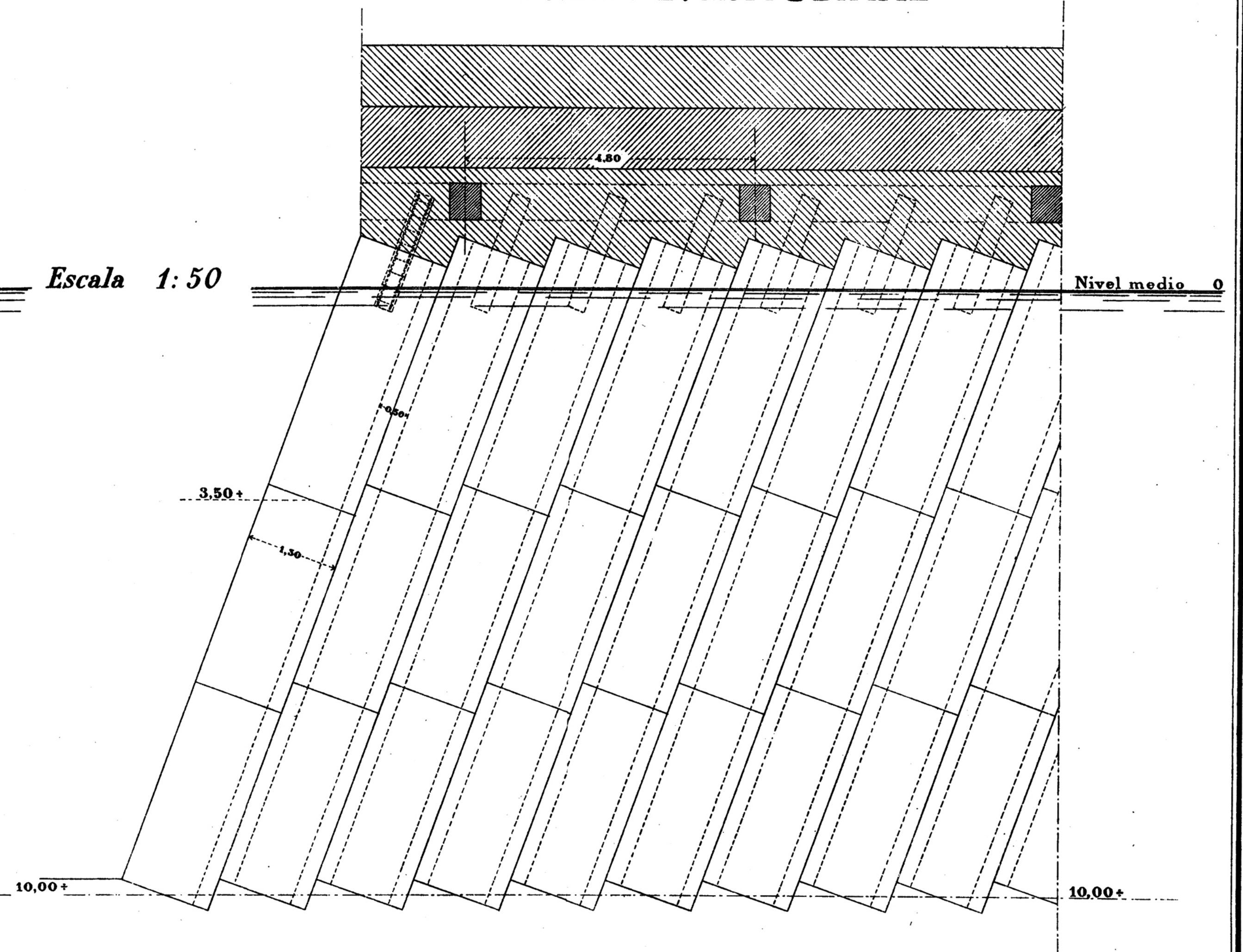


Escala 1:50

DETALLE de la VIGA A



CORTE LONGITUDINAL



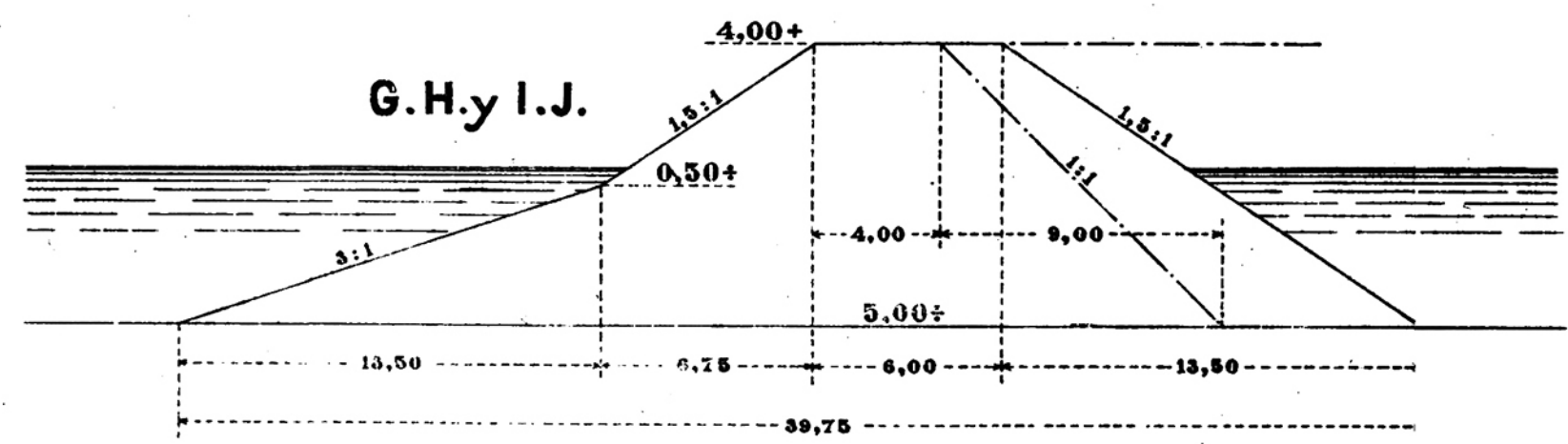
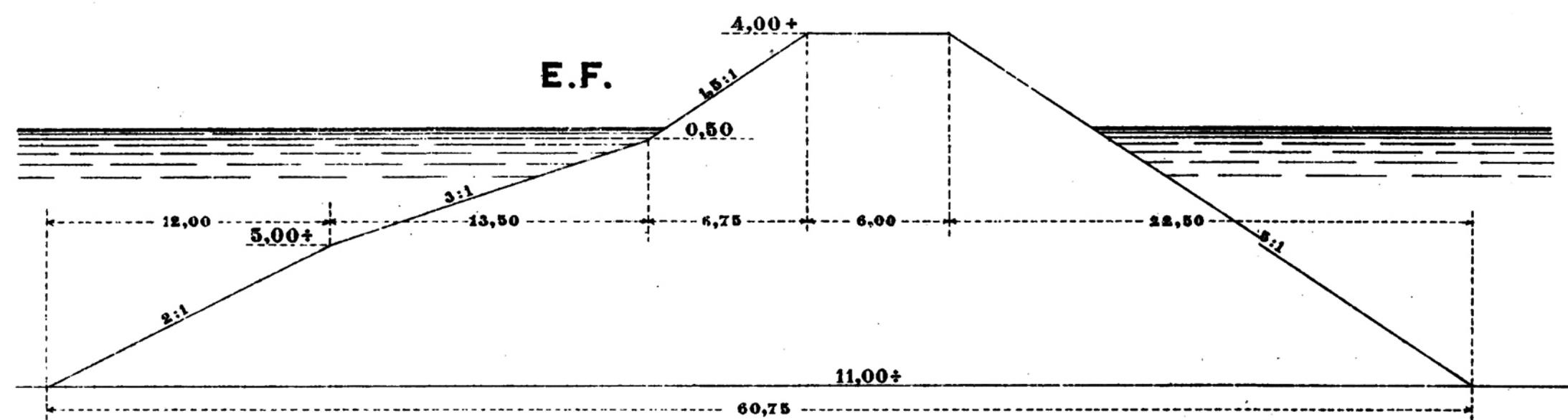
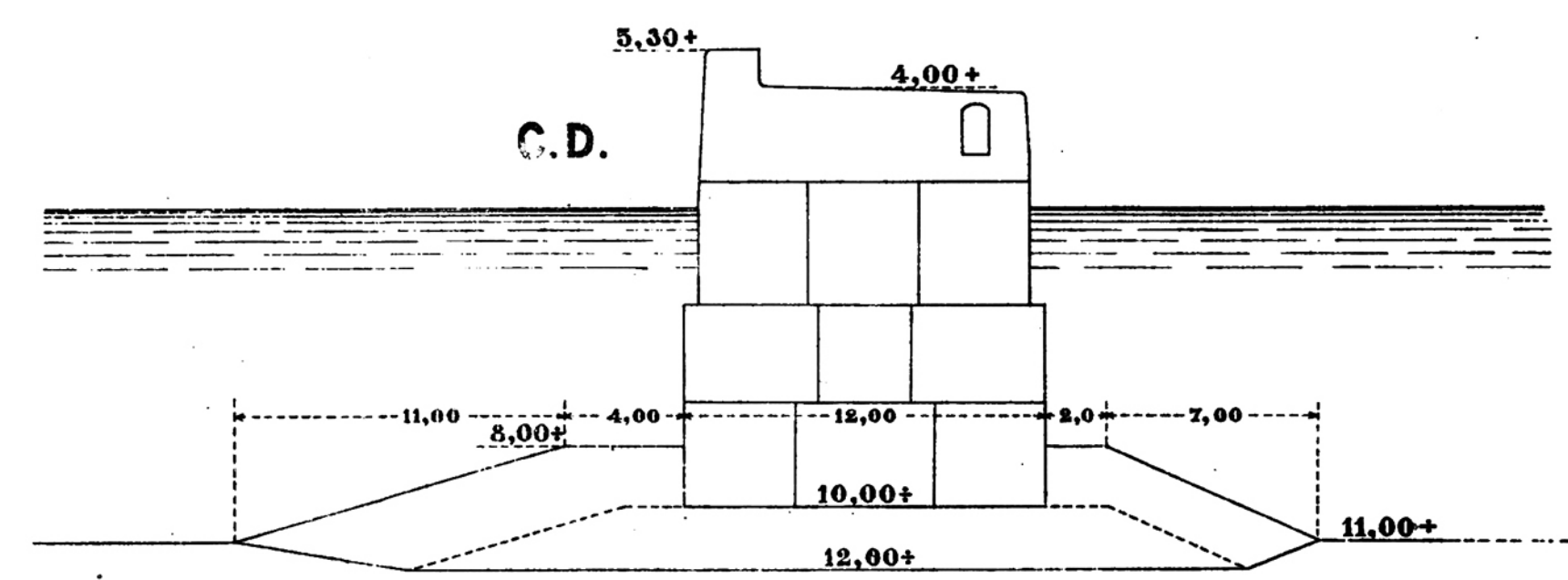
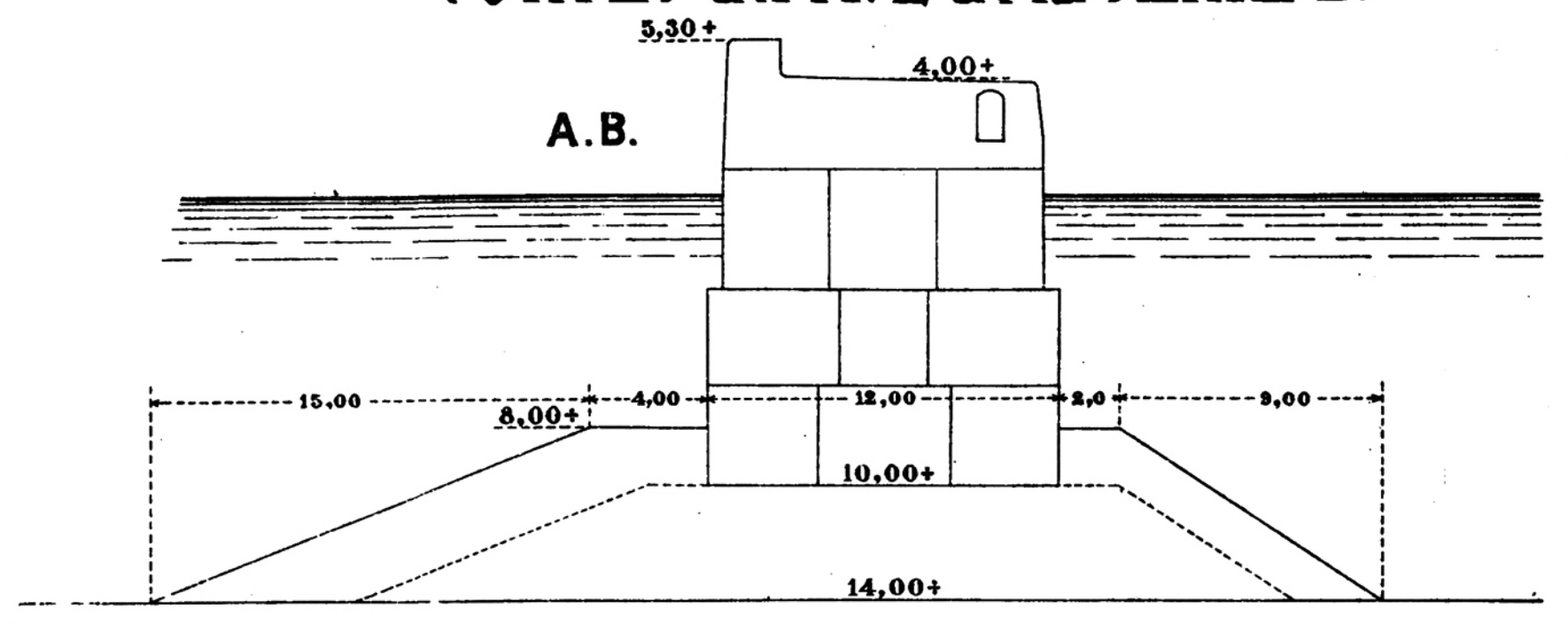
Santiago - 1908.
Gerardo von M. Moelma

Escala 1:10

PUERTO DE SAN ANTONIO

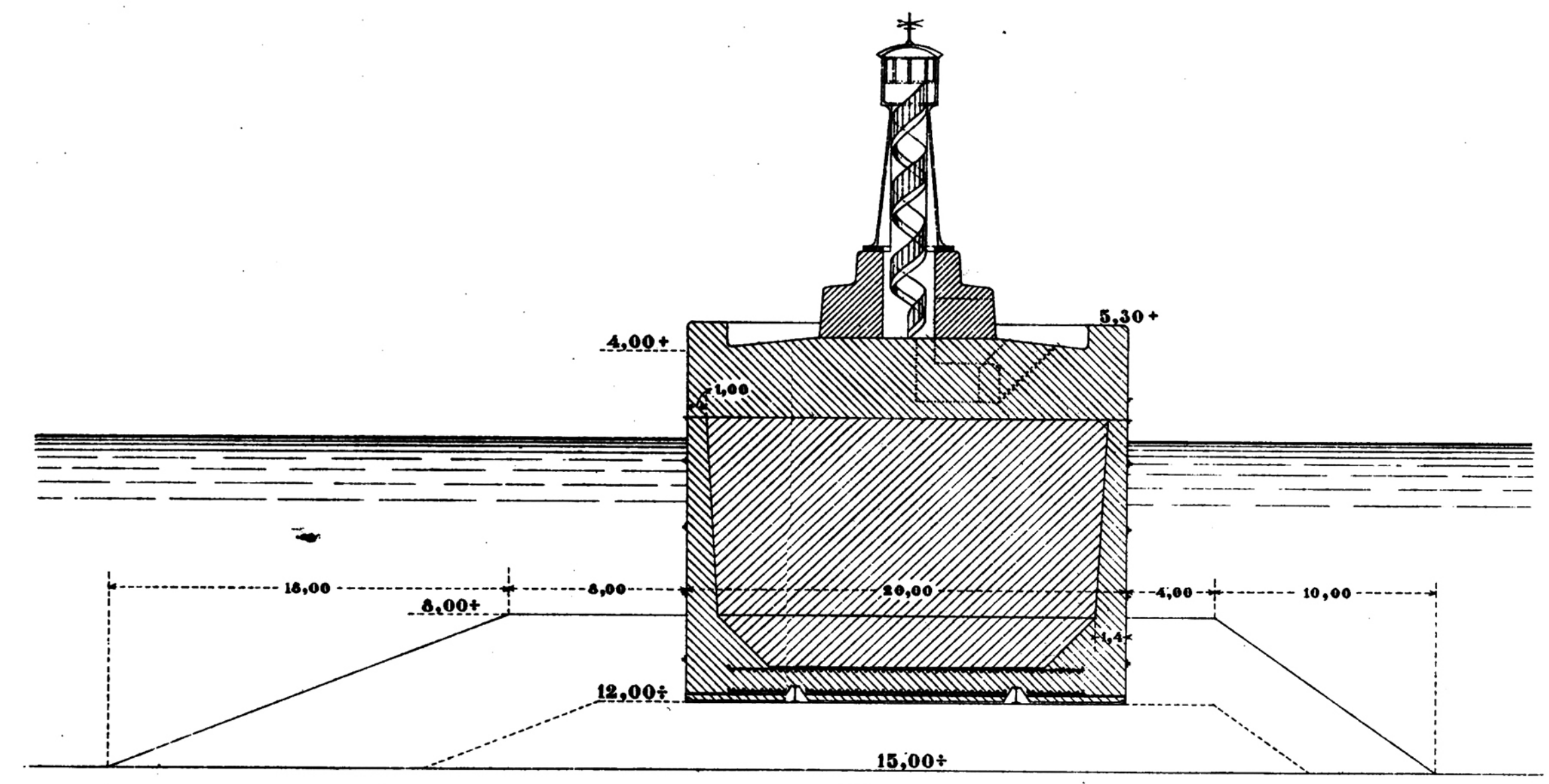
MOLO EXTERIOR

CORTES del Nº 2 de la SERIE B.

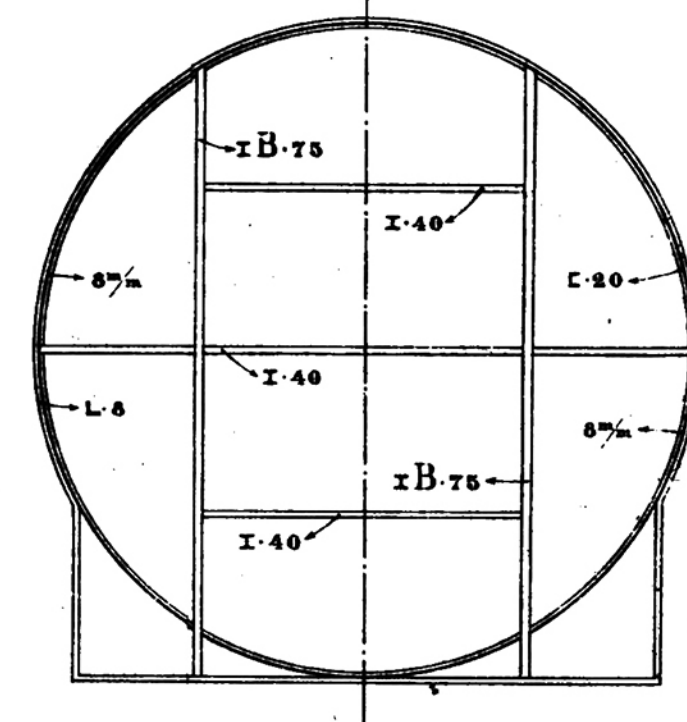


Escala 1:200

CONSTRUCCION TERMINAL

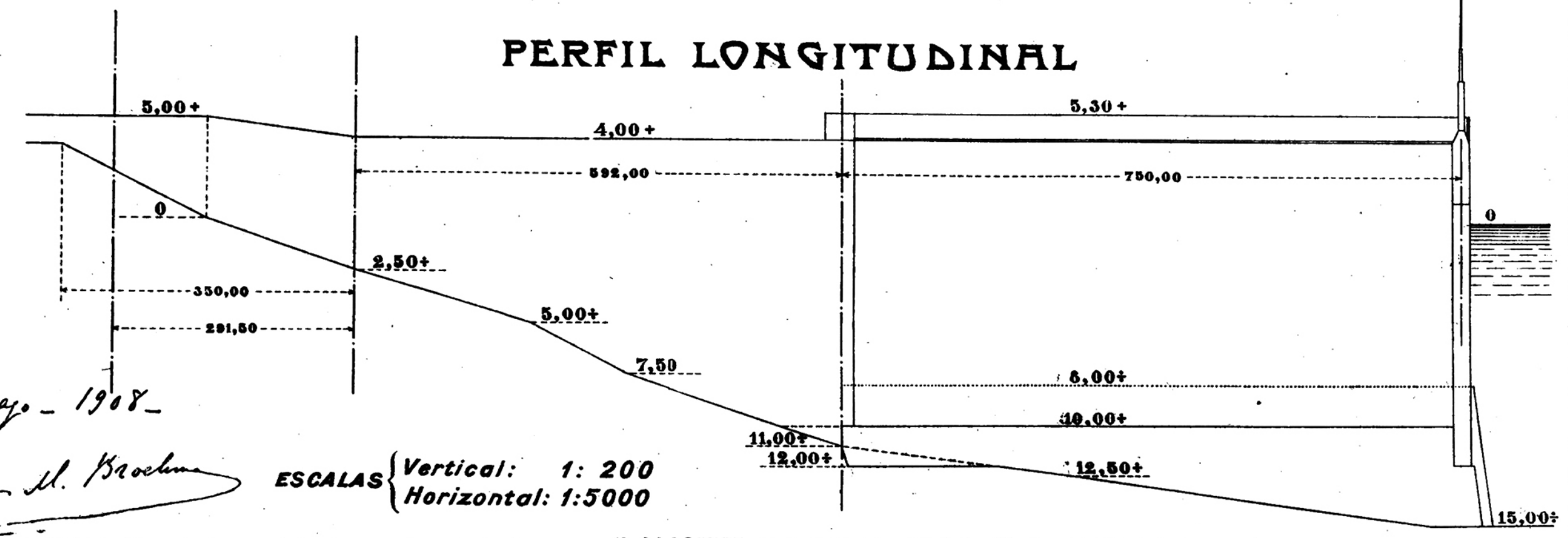


Planta



Escala 1:200

PERFIL LONGITUDINAL



Santiago - 1908 -
Gerardo van H. Broekman

ESCALAS { Vertical: 1:200
Horizontal: 1:5000