

ESTUDIOS RELATIVOS AL ESTABLECIMIENTO DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL EN EL LAGO VICHUQUÉN

Ministerio de Industria y Obras Públicas



BIBLIOTECA FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHILE

CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
BIBLIOTECA NACIONAL

BIBLIOTECA FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHILE

INICIATIVA DE LA CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN,
JUNTO CON LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
Y LA DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS

COMISIÓN DIRECTIVA

GUSTAVO VICUÑA SALAS (PRESIDENTE)
AUGUSTO BRUNA VARGAS
XIMENA CRUZAT AMUNÁTEGUI
JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ LEIVA
MANUEL RAVEST MORA
RAFAEL SAGREDO BAEZA (SECRETARIO)

COMITÉ EDITORIAL

XIMENA CRUZAT AMUNÁTEGUI
NICOLÁS CRUZ BARROS
FERNANDO JABALQUINTO LÓPEZ
RAFAEL SAGREDO BAEZA
ANA TIRONI

EDITOR GENERAL

RAFAEL SAGREDO BAEZA

EDITOR

MARCELO ROJAS VÁSQUEZ

CORRECCIÓN DE ORIGINALES Y DE PRUEBAS

ANA MARÍA CRUZ VALDIVIESO
PAJ

BIBLIOTECA DIGITAL

IGNACIO MUÑOZ DELAUNOY
I.M.D. CONSULTORES Y ASESORES LIMITADA

GESTIÓN ADMINISTRATIVA

CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN

DISEÑO DE PORTADA

TXOMIN ARRIETA

PRODUCCIÓN EDITORIAL A CARGO

DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DIEGO BARROS ARANA
DE LA DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS

PRESENTACIÓN

La *Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile* reúne las obras de científicos, técnicos, profesionales e intelectuales que con sus trabajos imaginaron, crearon y mostraron Chile, llamaron la atención sobre el valor de alguna región o recurso natural, analizaron un problema socioeconómico, político o cultural, o plantearon soluciones para los desafíos que ha debido enfrentar el país a lo largo de su historia. Se trata de una iniciativa destinada a promover la cultura científica y tecnológica, la educación multidisciplinaria y la formación de la ciudadanía, todos requisitos básicos para el desarrollo económico y social.

Por medio de los textos reunidos en esta biblioteca, y gracias al conocimiento de sus autores y de las circunstancias en que escribieron sus obras, las generaciones actuales y futuras podrán apreciar el papel de la ciencia en la evolución nacional, la trascendencia de la técnica en la construcción material del país y la importancia del espíritu innovador, la iniciativa privada, el servicio público, el esfuerzo y el trabajo en la tarea de mejorar las condiciones de vida de la sociedad.

El conocimiento de la trayectoria de las personalidades que reúne esta colección, ampliará el rango de los modelos sociales tradicionales al valorar también el quehacer de los científicos, los técnicos, los profesionales y los intelectuales, indispensable en un país que busca alcanzar la categoría de desarrollado.

Sustentada en el afán realizador de la Cámara Chilena de la Construcción, en la rigurosidad académica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, y en la trayectoria de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos en la preservación del patrimonio cultural de la nación, la *Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile* aspira a convertirse en un estímulo para el desarrollo nacional al fomentar el espíritu emprendedor, la responsabilidad social y la importancia del trabajo sistemático. Todos, valores reflejados en las vidas de los hombres y mujeres que con sus escritos forman parte de ella.

Además de la versión impresa de las obras, la *Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile* cuenta con una edición digital y diversos instrumentos, como *softwares* educativos, videos y una página web, que estimulará la consulta y lectura de los títulos, la hará accesible desde cualquier lugar del mundo y mostrará todo su potencial como material educativo.

COMISIÓN DIRECTIVA - COMITÉ EDITORIAL
BIBLIOTECA FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHILE

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y OBRAS PÚBLICAS

551.4830983 ESTUDIOS RELATIVOS AL ESTABLECIMIENTO DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL
N677e EN EL LAGO VICHUQUÉN/ RAMÓN NIETO; [EDITOR GENERAL, RAFAEL SAGREDO
2013 BAEZA]. -[1ª ED.]. - SANTIAGO DE CHILE: CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN:
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE: DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, AR-
CHIVOS Y MUSEOS, c2013.

xix, 404 p.: ILS. FACSIMS., 28 CM (BIBLIOTECA FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHILE) T LIII

INCLUYE BIBLIOGRAFÍAS.

ISBN: 9789568306083 (OBRA COMPLETA) ISBN: 9789569351051 (TOMO LIII)

1. Puertos-Chile-Lago Vichuquén. I. SAGREDO BAEZA, RAFAEL, 1959-ED.

© CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2013
MARCHANT PEREIRA 10
SANTIAGO DE CHILE

© PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 2013
AV. LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS 390
SANTIAGO DE CHILE

© DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS, 2013
AV. LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS 651
SANTIAGO DE CHILE

REGISTRO PROPIEDAD INTELECTUAL
INSCRIPCIÓN N° 237.203
SANTIAGO DE CHILE

ISBN 978-956-8306-08-3 (OBRA COMPLETA)
ISBN 978-956-9351-05-1 (TOMO QUINCUAGÉSIMO TERCERO)

IMAGEN DE LA PORTADA
NUDO MARINERO

DERECHOS RESERVADOS PARA LA PRESENTE EDICIÓN

CUALQUIER PARTE DE ESTE LIBRO PUEDE SER REPRODUCIDA
CON FINES CULTURALES O EDUCATIVOS, SIEMPRE QUE SE CITE
DE MANERA PRECISA ESTA EDICIÓN.

Texto compuesto en tipografía *Berthold Baskerville 10/12,5*

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR ESTA EDICIÓN, DE 1.000 EJEMPLARES,
DEL TOMO LIII DE LA *BIBLIOTECA FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CHILE*,
EN VERSIÓN PRODUCCIONES GRÁFICAS LTDA., EN DICIEMBRE DE 2013

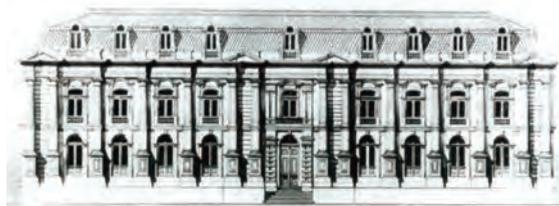
IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

MINISTERIO DE INDUSTRIA
Y OBRAS PÚBLICAS

ESTUDIOS RELATIVOS
AL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO
MILITAR Y COMERCIAL
EN EL
LAGO VICHUQUÉN



SANTIAGO DE CHILE
2013



MINISTERIO
DE
INDUSTRIA Y OBRAS PÚBLICAS
FACHADA

UN PUERTO MILITAR EN LLICO

Rafael Sagredo Baeza

Pocos años después de concluida la Guerra del Pacífico, en su mensaje presidencial de junio de 1888, en la sección dedicada al ramo de Guerra y Marina, y reflexionando sobre la necesidad de un puerto propiamente militar para Chile, el presidente José Manuel Balmaceda anunció al país:

“Se han ordenado estudios para la formación del puerto de Llico, los cuales, aunque incompletos todavía, comprueban la practicabilidad del proyecto”.

En su opinión, se trataba de una obra que “robustecería y completaría nuestro servicio y nuestro poder marítimo en el Pacífico”. La medida se justificaba, pues, sostuvo, “la bahía de Talcahuano, vasta y segura para las naves mercantes, no lo es en grado igual para las de guerra”. El plan gubernamental era:

“formado el puerto de Llico, se podría unir con la ciudad de Curicó por una línea férrea, de fácil realización, y se haría también un puerto comercial de la mayor importancia”.

Ante senadores y diputados y, en definitiva el país, el Jefe de Estado informó “que los estudios continuarán hasta terminarse”¹.

La iniciativa no era una idea improvisada, fruto del, para sus críticos, compulsivo afán realizador del Presidente. De hecho, desde 1887 se venía ocupando del tema y en abril de 1888 había viajado a la provincia de Curicó, arribado a Vi-chuquén, estudiado en terreno la “practicabilidad de la construcción de un puerto militar”, y regresado a Valparaíso luego de embarcarse en Llico².

No sobra señalar que, aunque la obra jamás se ejecutó, lo cierto es que se mantuvo por algún tiempo atento a su suerte. Así lo demuestra una carta fechada el 24 de enero de 1890 en Curicó, en la cual un corresponsal le hizo saber que venía

¹ Véanse los *Discursos de José Manuel Balmaceda. Iconografía*, tomo II, p. 326.

² Noticias sobre esta excursión en *El Buen Consejo* del 2 y *La Unión* del 24 de abril de 1888.

llegando de Llico, a donde había viajado acompañando al ingeniero, experto en puertos, Camile de Cordemoy, en su viaje de reconocimiento, informándole que había quedado “encantado de la laguna”, agregando todavía: “dice que es una de las maravillas del mundo para el objeto que usted la propone”³.

Consecuencia de la aspiración presidencial, que como podrá apreciarse implicaba la seguridad nacional desde el momento que se trataba de dotar a las naves de guerra de un fondeadero adecuado y seguro, fue el texto *Estudios relativos al establecimiento de un puerto militar y comercial en el lago Vichuquén*, que el Ministerio de Industria y Obras Públicas editó en 1889. Trabajo que más allá de ser un proyecto no concretado, ofrece planteamientos de gran interés y proyección para el desenvolvimiento económico y la defensa nacional que, finalmente, terminaron aplicándose, aunque en otras regiones. Pero que también ofrece indicios de la forma en que a fines del siglo XIX se evaluaban los grandes proyectos de obras públicas.

UN PUERTO MILITAR PARA CHILE

La construcción de una base naval segura fue una aspiración que las experiencias de la Guerra del Pacífico y el escenario internacional creado por el conflicto habían alentado en la década de 1880. En este contexto, surgió la iniciativa de construir en la costa de Curicó un gran puerto militar y comercial. Las naves llegarían a Llico y entrarían por un estrecho canal a las aguas del lago Vichuquén, donde estaría, en realidad, la base que, de este modo, quedaría totalmente guarecida de cualquier amenaza por mar.

La aspiración gubernamental se formalizó mediante un decreto supremo fechado el 30 de agosto de 1887, que ordenaba estudiar la posibilidad de construir un antepuerto en Llico y un canal que lo uniera con el lago Vichuquén. Para la realización del proyecto se comisionó a un ingeniero del Ministerio de Industrias y Obras Públicas.

EL PROYECTO ORIGINAL

Fue en agosto de 1888 que el ingeniero civil Ramón Nieto presentó su “Proyecto de un canal entre el lago de Vichuquén y el mar y un ferrocarril de Curicó a Llico” que, como se aprecia por su título, ampliaba el mandato gubernamental, pues aludía al ferrocarril Curicó-Llico. Sería a partir de este texto que se desarrollaría la discusión a partir de entonces.

Ramón Nieto inicia su planteamiento llamando la atención sobre la inexistencia de un puerto de salida fácil y expedito de la producción agrícola en la costa de Curicó; uno que permitiera sacarlos con un costo mínimo a los mercados internacionales. Más todavía, aseguraba que entre Valparaíso y Talcahuano no existía en realidad un puerto. Su proyecto resolvería esta carencia, pues,

³ Véase Correspondencia de José Manuel Balmaceda, tomo III, fs. 339-340.

“el hermoso y fértil valle del Mataquito permite eludir la travesía directa de la cordillera de la costa (el principal obstáculo para acceder al mar); y el gran lago de Vichuquén nos da el más extenso, cómodo y seguro puerto que pudiéramos desear”.

Palabras que explican por qué su proyecto incluía un ferrocarril, dado que, en definitiva, lo trascendente era favorecer, con las obras proyectadas, las exportaciones nacionales, la base del desenvolvimiento económico chileno. Como por lo demás ocurre también hoy, cuando además se proyectan iniciativas de infraestructura destinada a facilitar el comercio exterior. Como ocurre con el puerto de San Antonio.

Además de las consideraciones técnicas que se exponen para justificar el trazado de la línea férrea que propone, entre las cuales los costos y su operatividad en relación con los demás ferrocarriles son las principales, llama la atención sobre su plan desde el punto de vista de la defensa militar:

“hará, por consiguiente, posible también la circulación de trenes directos desde cualquier punto del valle central, por la vía de Mataquito. Y si llegara a hacerse del lago Vichuquén el puerto militar de la república, aquella condición tendría un valor inapreciable en caso de un conflicto exterior”.

De este modo, si a la fácil operatividad de la vía se sumaba

“la imposibilidad absoluta de ser atacada por un enemigo desde el mar, se tendría que este ferrocarril será de valor estratégico de que carecen los que van a nuestros dos puertos principales, Valparaíso y Talcahuano”.

Ventaja a la que se sumaba que por el lado del comercio, según Ramón Nieto, esta vía llena satisfactoriamente las necesidades de una salida al mar para la zona del valle central”.

Para fundar su propuesta el proyecto estudiaba no sólo las ventajas del ferrocarril Curicó-Llico, también las condiciones del lago Vichuquén y sus posibilidades de convertirlo en un puerto militar y comercial, recordando, de paso, que éstas ya habían sido reconocidas en 1855 por el ingeniero Horacio Bliss; las características del canal de navegación entre el lago y el mar que debía construirse; la situación, topografía, régimen de dunas, mareas, vientos y corrientes de la rada de Llico; la naturaleza de su fondo y las previsiones que las obras en aquel sitio ameritaban; las características del antepuerto; y, además proyectaba el valor de los trabajos. Pero también se ocupaba de hacer saber las facilidades del lago para la construcción de diques flotantes. Respecto de este último punto, y mostrando cuál era la alternativa en discusión, sostenía que Vichuquén ofrecía mucho mejores condiciones que Talcahuano para la construcción de diques de carena.

Cabe señalar que para la apreciación de las ventajas de Vichuquén y Llico para su proyecto, se habían estudiado las características del terreno y la topografía del valle; se habían hecho sondajes hidrográficos; observado las mareas; estudiado

el movimiento de arenas de la costa y apreciado la barra que se formaba en Llico, entre otros trabajos destinados a reunir antecedentes para resolver mejor sobre el asunto que se planteaba. Reconociendo que sería necesaria la construcción de un antepuerto en Llico, no sólo se había recurrido a las observaciones de los oficiales de la Marina para evaluar las condiciones del mar en la zona, también, se había sometido a consideración del Ministerio de Marina los puntos relativos a la exposición de la boca del antepuerto y su anchura. Resultado de lo cual se había nombrado una comisión de oficiales de la Armada Nacional que, según Ramón Nieto, habían aprobado su proyecto, con la recomendación de que se ensanchara la boca del antepuerto hasta los 240 m, a fin de garantizar la expedita navegación de las naves y la mayor duración de las obras⁴.

Recurriendo a expertos y tratadistas, y a ejemplos nacionales como extranjeros, Ramón Nieto expuso en su proyecto las razones para adoptar cada una de las soluciones que había ideado para enfrentar los desafíos de la naturaleza. Mostrando fórmulas, cálculos y otros elementos técnicos, así como también figuras y planos; exponiendo todo con detalle y claridad, analizando y sacando conclusiones, terminó su trabajo asegurando

“una vez ejecutadas las obras de Llico, se tendrá un magnífico puerto casi medianero con Valparaíso y Talcahuano”,

y que sus beneficios no sólo se extenderían a la zona del valle central sino, también, a una gran parte de la región de la costa. Entre éstos mencionaba el incremento de la producción agrícola gracias a las nuevas vías de comunicación y a las obras portuarias propuestas y, por último, pero esencial para el país, la posibilidad de concentrar el servicio naval en aquel lugar.

TRAYECTORIA Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

La presentación del proyecto de construcción de un canal entre el lago Vichuquén y el mar, así como de un ferrocarril entre Curicó y Llico preparado por el ingeniero Ramón Nieto, dio origen a diversas iniciativas estatales destinadas a reunir antecedentes y ponderar los méritos y posibilidades del mismo.

Una de las primeras fue la formación de una comisión que el ministro de Marina mandó formar por decreto del 23 de julio de 1888 para analizar aspectos específicos de la propuesta, como lo era el de las características del antepuerto que se proponía construir en Llico, en particular, los relativos a la exposición de su boca y su anchura. Muestra del interés con que se apreció entonces el tema, la Comisión, constituida por altos jefes de la armada nacional se reunió el 26 de julio siguiente

⁴ La Comisión de jefes de la marina fue creada por decreto supremo del 23 de julio de 1888, y estuvo compuesta por Luis Uribe, Williams Rebolledo, Oscar Viel, Francisco Vidal Gormaz y Galbarino Riveros, a los que se sumó Ramón Nieto.

y aprobó en líneas generales los trabajos que se proyectaban para convertir a Llico en un puerto seguro y unirlo con el lago Vichuquén, contribuyendo a sustentar las obras proyectadas.

En el ámbito estrictamente técnico, el director general de Obras Públicas, domingo Víctor Santa María, siguió las instrucciones del ministro de Obras Públicas y junto con solicitar la opinión de Valentín Martínez, Jefe de la sección Hidráulica de la Dirección, lo citó a una serie de conferencias junto con el director de Obras Fiscales Enrique Budge, y los ingenieros Rafael Pottier y Ramón Nieto, de las que resultaron una serie de observaciones que debían ser tomadas en cuenta por el ingeniero consultor Rafael Pottier durante su visita a la localidad para elaborar el informe que se le había solicitado como parte del proceso de evaluación del proyecto. Entre ellas, la necesidad de conocer el fondo del lago en la desembocadura

MEMORIAL

PRESENTADO A S. E.
EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
SOBRE EL
FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO

POR EL INGENIERO

J. RAMON NIETO



SANTIAGO DE CHILE
SOCIEDAD "IMPRESA Y LITOGRAFIA UNIVERSO"
HUERFANOS 1036
1907

La construcción del puerto de Llico estaba estrechamente relacionada con el proyecto del ferrocarril que el trabajo de J. Ramón Nieto proponía.

del canal, revisar el trazado del canal, realizar sondeos geológicos en Llico, estudiar las canteras que abastecerían las obras y examinar el presupuesto de las mismas.

El informe de Rafael Pottier, fechado el 15 de noviembre, y en cuyo título sobresale que trata sobre el “proyecto de construcción de un puerto en el lago Vichuquén”, analiza diversos aspectos relacionados con las características del lago, el canal que lo uniría con el mar y el antepuerto.

Como manifestación de la receptividad con que era analizada la propuesta, el ingeniero, en la primera línea de su texto asentaba:

“La situación del lago Vichuquén, cuya superficie es de 1.500 hectáreas, ofrece grandes ventajas para establecer un puerto militar, comercial y de refugio para las naves de cualquier especie. En efecto, protegido como está por elevados cerros, se halla al abrigo de los vientos y goza de una calma perfecta en toda su extensión. Por otra parte, la entrada larga y estrecha que lo pondrá en comunicación con el mar reúne las condiciones deseables para defender su acceso”.

Por su profundidad, permite fondear las naves en cualquier punto de su extensión. La conclusión sobre las posibilidades del lago se fundó, entre otros antecedentes, en los sondeos practicados por Rafael Pottier para conocer su hondura, como la composición de su lecho.

Hizo observaciones al trazado del canal a raíz de la acción de las arenas existentes en la costa, sugiriendo un cambio para evitar el corte de la duna. Fue su única prevención, pues concluyó:

“las dimensiones adoptadas para la sección del canal en el proyecto del señor Nieto, ya que permiten la navegación a los blindados de la marina nacional y a los mayores vapores de la marina mercante que recorren las costas de Chile, son suficientes para el establecimiento del puerto”.

En relación con el antepuerto, examinó las ventajas y desventajas de las opciones existentes, las cuales se habían incrementado a raíz de la sugerencia del Consejo de Obras Públicas de trasladar los molos originalmente considerados hacia el sur, aunque conservando la misma orientación que les había dado Ramón Nieto. Con impecable criterio técnico; Rafael Pottier expone las características de la pendiente en la bahía de Llico, elemento esencial para juzgar la situación de los molos, advirtiendo sobre las consecuencias de adoptar cualquiera de las opciones en juego⁵. Consciente de los subidos gastos que las obras significarían, escribió:

“El punto capital que hay que tomar en consideración es que estas costosas instalaciones servirán en el porvenir a un tráfico bastante considerable para pagar su conservación”.

⁵ Su evaluación sobre este aspecto del proyecto se fundó a su vez en un informe que encargó a Rodrigo Medina, en el cual le pidió sondeos geológicos del lago Vichuquén y de la rada de Llico. Éste entregó su trabajo con fecha 6, 13 y 20 de diciembre de 1888.

Respecto del puerto comercial que se planeaba construir en la desembocadura del lago en el canal que lo uniría con el mar, Rafael Pottier opta por el lado sur de la embocadura, atendiendo a la comunicación con el interior del país por medio del ferrocarril.

Como se puede apreciar gracias a las láminas que forman parte de este libro, Rafael Pottier, como todos los demás, acompañó sus informes y opiniones con numerosos croquis, planos y cálculos, estos últimos, a propósito de los presupuestos involucrados, como la lectura de su informe lo demuestra.

Cinco meses después de evacuado su primer informe, Rafael Pottier volvió a escribir al director general de Obras, esta vez para opinar sobre los cubos de materiales que debían entrar en los molos. Su trabajo, fechado el 11 de mayo de 1889, muestra que el proyecto de Manuel Nieto seguía siendo sometido a una prolija evaluación, entre otras razones, por la consideración que merecían las recomendaciones de la Comisión de la marina nacional nombrada para analizarlo.

No debe extrañar entonces que el gobierno, a través del ingeniero Víctor Domingo Santa María, aprovechara la experiencia en construcciones hidráulicas del inspector real prusiano Gustavo Prowe, para conocer su opinión sobre el proyecto en discusión. Destacan en el informe del ingeniero europeo dos cuestiones: que hiciera saber que no había visitado el sitio destinado a la ejecución de las obras y su mirada general sobre el problema, tal vez producto de lo primero. Su trabajo fue hecho sobre la base del proyecto de Ramón Nieto y las evaluaciones de Rafael Pottier y comienza estableciendo los criterios generales que debían tenerse presente para elegir un lugar para establecer en él un puerto, advirtiendo que diferían mucho si se trataba de uno militar o comercial, ofreciendo así una útil perspectiva, hasta entonces ausente en las evaluaciones realizadas.

Aunque no se pronuncia hasta qué punto el lugar cumplía con todas las exigencias de una base naval, señalando que la situación del puerto en el lugar elegido escapaba a su dictamen, sí escribió que,

“según las descripciones del señor Nieto, la laguna de Vichuquén aparece, sin duda, particularmente a propósito para la construcción de un puerto de guerra; pero la cuestión de saber si este lugar está felizmente escogido, con respecto a fácil comunicabilidad del lado de tierra para establecer en él un puerto comercial, no es posible decidirla sin conocimiento y estudio personal de la localidad respectiva, como también de todas las circunstancias relativas a ella”.

Ofreciendo, a continuación, un detallado análisis de las condiciones del lago, del canal y del antepuerto, todo en relación con las exigencias de obras de la naturaleza de las planificadas para justificar sus opiniones. Transformando su informe en un antecedente muy apropiado para evaluar el proyecto debido a las reflexiones y requisitos que enumeraba para juzgar este tipo de trabajos. Algunos de los cuales no sólo no habían sido advertidos sino que implicaban emprender todavía más obras. Así, por ejemplo, escribió:

“No quiero aquí dejar pasar por alto que para servirse de la laguna de Vichuquén como puerto, se hace indispensable la canalización de los arroyos y corrientes de agua que desembocan en ella, por cuanto se consigue con esta medida que las sustancias pesadas que arrastran consigo, las depositen antes de llegar al puerto, evitándose de este modo que se ensucie, y aplane el puerto”.

También sugirió la modificación del canal que comunicaría el lago con el mar y, en especial, cambios en el diseño del antepuerto, advirtiendo:

“la cuestión de qué modo ha de construirse la entrada para un puerto de esta naturaleza (por molos que lo encierran), es en extremo difícil de resolver y exige una observación larga y detenida para estar completamente al cabo de todas las circunstancias relativas a ella”;

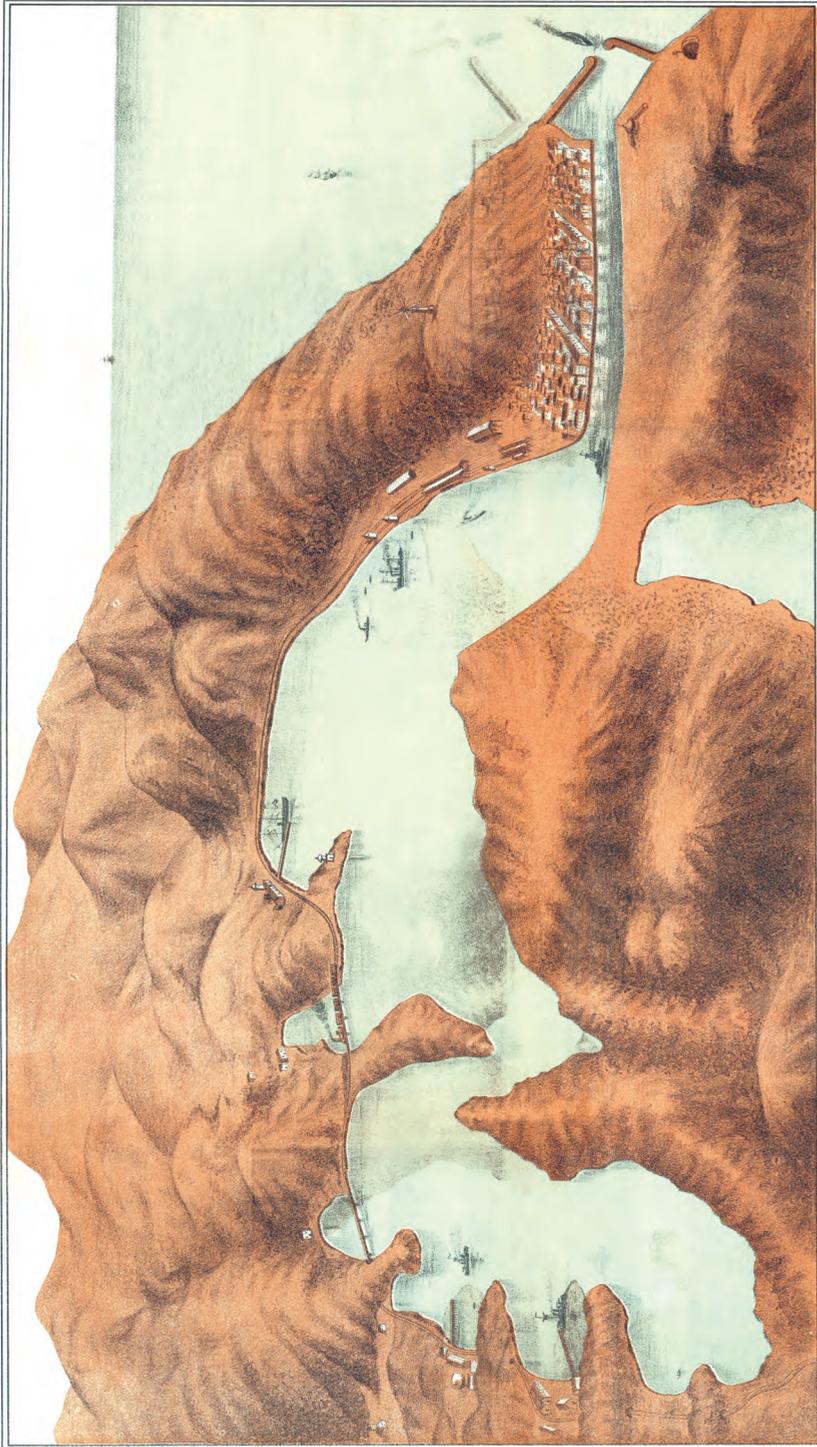
requisito que al parecer no se había cumplido y que explican las modificaciones que sugería a esta parte de las obras.

Gustavo Prowe se ocupó, además, de los establecimientos auxiliares a las obras y de los aparatos necesarios para su ejecución, por ejemplo, una línea férrea que las comunicaría con las canteras de donde se extraería el material para la construcción de los molos, y la draga y las grúas, todos elementos que aumentaban los costos del conjunto, según muestra en su “cálculo de los gastos para el establecimiento de un puerto comercial y de guerra en el lugar de Llico”.

Una de las consecuencias del Informe Prowe fue que a partir de entonces existieron a lo menos dos proyectos de antepuerto en Llico. Así lo deja ver el informe de la Comisión de Marina sobre las modificaciones que debían emprenderse en las obras proyectadas que, fechado el 12 de enero de 1889, se iniciaba aludiendo a un decreto del día anterior que la comisionaba para estudiar

“los proyectos presentados por los señores Nieto y Prowe relativos a la construcción de un antepuerto en la rada de Llico y la comunicación de ésta con la albuhera de Vichuquén”.

La discusión sobre la que resolvió la Comisión de Marina, luego de escuchar a Ramón Nieto, Gustavo Prowe y a Rafael Pottier, fue sobre la sugerencia de Gustavo Prowe de modificar la disposición de las escolleras que unirían el antepuerto, ensanchándolo, la cual fue escogida. Respecto del canal de unión, se aceptó la línea recta propuesta por Ramón Nieto, aunque no se desechó la curva si así lo aconsejaba la economía. Firmado por Williams Rebolledo, Galvarino Riveros, Luis Uribe y Francisco Vidal Gormaz, el informe de los oficiales navales, más que a consideraciones técnicas relacionadas con la ingeniería, atendió a “los principios náuticos y a la facilidad de las maniobras para tomar y dejar el antepuerto”. La maniobras marineras, mejores condiciones de abrigo y de amarre de las naves, fueron las principales preocupaciones de los marinos a la hora de aprobar el ensanche de la boca del antepuerto, aunque también justificaron su decisión en la posibilidad de libre curso hacia el canal que la alternativa aprobada daba aun cuando hubiera naves en el antepuerto si éste se usaba como surgidero de espera.



TRAZADO LA SOCIEDAD NÁUTICA DE BAHÍA

LAGO DE VICHUQUEN I RADA DE LLICO

PANORAMA DE LAS OBRAS EN PROYECTO

El 20 de mayo de 1889 el director general de Obras Públicas, Domingo Víctor Santa María envió una nota al ministro de Obras Públicas en la que analiza los estudios presentados hasta ese momento, deteniéndose en los costos de construcción del puerto militar y comercial de Vichuquén. En la misma resume las etapas que había transitado el plan de Ramón Nieto desde su presentación hasta esa fecha y en los informes recibidos, deteniéndose en la reunión que el Consejo de Obras Públicas había celebrado el 7 de enero de aquel año. Ahí se había concluido que era preciso modificar el trazado del canal para evitar las dunas; hacer revisar por los jefes navales el proyecto de antepuerto, que decidieron ampliar su boca; y aceptar la sugerencia de Gustavo Prowe de modificar el perfil de los molos para incluir una muralla de albañilería que les sirviera de coronamiento. Además relata que se revisaron los presupuestos existentes.

Domingo Víctor Santa María dejó constancia también que en el Consejo de Obras Públicas hubo unanimidad respecto de la necesidad de realizar obras en el lago para recibir de manera adecuada los buques, sin las cuales, las proyectadas “no sólo quedarían incompletas sino que no prestarían todos los beneficios que de ellas se esperaban”. Respecto de los puertos en consideración, el Consejo no se pronunció por el establecimiento de uno militar, por requerir un estudio especial; y acordó aceptar la propuesta del puerto comercial hecha por Rafael Pottier.

Sin embargo, y como prueba de la ambición gubernamental, en su mensaje al país de junio de 1889, el presidente José Manuel Balmaceda, recordando que

“la mejor organización del Ejército y de la Marina y la provisión de los materiales de guerra más perfectos y cavados será siempre uno de los primeros deberes de los mandatarios de Chile”,

volvió sobre el plan para la zona adyacente a Vichuquén. Entonces anunció que en poco tiempo presentaría al Congreso Nacional el proyecto de ley “que autoriza la construcción del puerto de Llico”.

Citando la opinión de “nuestros más distinguidos marinos”, señaló que como para el gobierno “la escuadra de Chile, aun reforzada con naves poderosas, carece de un puerto seguro donde basar sus operaciones en tiempo de guerra”, se había proyectado la construcción de “un puerto seguro e inexpugnable, con dique, astilleros y arsenales completos”. El objetivo era resguardar el poder marítimo nacional, y según José M. Balmaceda “Llico reúne todas las condiciones, a más de las que encierra como puerto comercial”⁶.

Nuevos antecedentes del proyecto en Llico aparecen en 1890, a propósito de los sondeos efectuados en la rada de Llico, que en enero confirmaron la existencia de capas firmes y que, por lo tanto, los molos proyectados por Ramón Nieto podrían resistir la carga para la que estaban siendo proyectados, pero sobre todo en marzo, cuando el ingeniero Camilo de Cordemoy evacuó su informe “Relativo al

⁶ Véase *Discursos...*, *op. cit.*, tomo III, p. 338.

establecimiento de un puerto militar y comercial en el lago Vichuquén”, título que demuestra que el plan de una base naval seguía presente⁷.

Camilo de Cordemoy visitó la zona de las obra en enero de 1890, concluyendo, como ya hemos asentado al comienzo de este texto, que “todo concurre para dar la idea de construir un magnífico puerto”. Un puerto militar es el que está detrás de sus planteamientos sobre el proyecto y el diseño de sus diferentes obras. Resumiendo su texto, en el cual por lo demás llamó la atención sobre el comportamiento de las arenas, “todo el porvenir del puerto de Llico depende de eso”, y del mar, por “las tempestades del Pacífico, escribió, al final: “Estimamos que la construcción del puerto de Llico daría a Chile el puerto más hermoso que se puede desear”, advirtiendo sin embargo,

“pero las condiciones de su establecimiento tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista financiero, no pueden establecerse sino después de un estudio más profundo”.

De la publicación del Ministerio de Obras Públicas que se reedita se desprende que luego de la recomendación de Camilo de Cordemoy sólo el que se llamó “Proyecto definitivo del ferrocarril de Curicó a Llico”, fue objeto de un estudio concienzudo, “definitivo”, como lo llamó su autor Ramón Nieto⁸. En éste, luego de pasar revista a los diferentes aspectos de la línea férrea, el ingeniero también defendía su proyecto basándose en consideraciones militares que, según afirmó, “como se ve, son espléndidas”, agregando, además, “que lo son menos las que se presentan bajo el punto de vista comercial”. Recordando también, y como siempre se había reconocido, que “el lago Vichuquén ofrece soberbias condiciones como puerto interior”, para lo cual reproducía diversas opiniones de especialistas, en particular la del capitán de fragata Arturo E. Wilson, quien en la *Revista de Marina* había escrito sobre el proyecto de Nieto lo siguiente:

“Este proyecto llevado a cabo, llenaría todas las condiciones exigibles para un verdadero puerto militar; una seguridad absoluta para las naves y todo nuestro material naval; a cubierto de todo ataque por mar; alejado de la costa; con sus aguas en todo tiempo en completa calma; con hermosas y espaciosa ensenadas de fondos moderados y lugares adecuados para la construcción de diques y arsenales, etc., donde nuestros buques podrán estar siempre al abrigo de los malos tiempos y amarrados a malecones de muy fácil construcción, permitiendo así a nuestras tripulaciones el poder ser alojadas en cuarteles en tierra, comodidad que significaría

⁷ El tomo 73 de la Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile contiene informes de Camilo de Cordemoy sobre diferentes proyectos de puertos que idearon en la época. La introducción de Eduardo Cavieres, que abre el libro, ofrece una explicación sobre la trayectoria del ingeniero y sus trabajos en Chile.

⁸ Como este informe está fechado el 16 de agosto de 1890, pero el libro de que forma parte tiene fecha de edición en 1889, sólo cabe suponer un error o, bien, que a propósito se decidió colocar 1889, año del texto que dio origen a todo el proyecto en discusión.

una ventaja positiva para hacer desear nuestro servicio de guerra a los hombres de mar, hoy tan difíciles de reclutar; en una palabra, reúne este proyecto un conjunto tal de ventajas materiales y morales para el servicio y eficacia de nuestra armada, que no podemos menos de sentirnos entusiasmados al considerarlas”.

El entusiasmo del oficial contrasta con la que tiene por opinión de otro marino, quien, después de conocer el proyecto, habría declarado: “Pensar en hacer esto, es de locos. Basta con que un barco enemigo cruce la entrada, y los barcos quedan atrapados en la laguna”⁹.

EL DESTINO DE UN PROYECTO

La situación política nacional que llevó a la Guerra Civil de 1891 tuvo durante 1890 un período de incubación que, seguro, impidió cualquier trabajo, estudio y análisis de proyectos de la magnitud del ideado para Llico y Vichuquén. De este modo, no es extraño que nunca volviera a mencionarse. Junto con lo anterior, el hecho de que los informes, más allá de la evaluación positiva general, plantearan reservas y preguntas que abrían serias interrogantes sobre la viabilidad de la obras, también debe haber mellado las posibilidades de un plan que, al igual que el gobierno que lo sustentó, terminaría zozobrando¹⁰.

Todavía se puede agregar que luego de la Guerra Civil las finanzas públicas no habían quedado en condiciones de enfrentar un gasto como el que el proyecto implicaba, y menos si se trataba de una propuesta incierta desde el punto de vista técnico y en su mayor parte sustentada en ventajas y atributos de orden militar de naturaleza muy general, aplicables también a otras zonas del país como, por ejemplo, Talcahuano¹¹.

El proyecto de Ramón Nieto ejemplifica la forma en que en la época se tramitaban proyectos de esta naturaleza que, y más allá de la voluntad presidencial, en este caso muestran que las opiniones técnicas resultaban determinantes a la hora de decidir el destino de una obra. Aunque la variable económica resultó esencial, como también ocurre en la actualidad, y lo demostró el proyectado puente sobre Chacao para unir la isla de Chiloé con tierra firme en el continente, desechado originalmente por su alto costo pese a su indudable mérito como obra social y naturaleza estratégica en términos de conexión terrestre.

Proyecto frustrado en lo relacionado con Llico y Vichuquén, aunque no en lo relativo a dotar al país de vías adecuadas para la salida de sus productos al mar y

⁹ Véase <http://proyectollico.blogspot.com/2010/04/analisis-llico-ii.html>. Visitada el 28 de febrero de 2012.

¹⁰ Aunque en diciembre de 1890, en la inauguración de los trabajos del dique de Talcahuano, el presidente José M. Balmaceda mantenía su proyecto, ya que en su discurso aludió a él, informando que en “pocos días se pedirán propuestas públicas”. Véase *Discursos...*, *op. cit.*, tomo III, p. 237.

¹¹ Al respecto véase la obra de Alberto Fagalde, *El puerto de Talcahuano y sus obras de mejoramiento*, capítulo IV.

una base naval segura. Ambos objetivos nunca satisfechos totalmente entre otras causas por, en ocasiones, el acelerado crecimiento de nuestro comercio exterior, o por las condiciones propias del litoral y mar chilenos. Pero siempre presentes, hoy también en por lo menos lo relativo a la infraestructura para servir al comercio exterior, y además por las mismas razones que en el siglo XIX se proyectó un puerto como el de Vichuquén y la línea férrea de Curicó a Llico.

BIBLIOGRAFÍA

Correspondencia de José Manuel Balmaceda, Sala Medina, Biblioteca Nacional de Chile.

Discursos de José Manuel Balmaceda. Iconografía, Rafael Sagredo Baeza y Eduardo Devés Valdés (recopiladores), Santiago, Ediciones de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana, Colección Fuentes para la Historia de la República, 1991-1992, vols. I-III.

El Buen Consejo, Curicó.

Fagalde, Alberto, *El puerto de Talcahuano y sus obras de mejoramiento*, Santiago, Cámara Chilena de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile y Biblioteca Nacional de Chile, Colección Biblioteca Fundamentos de la Construcción de Chile, 2012, vol. 72.

La Unión, Curicó.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y OBRAS PÚBLICAS

ESTUDIOS

RELATIVOS AL ESTABLECIMIENTO

DE UN

PUERTO MILITAR Y COMERCIAL

EN EL

LAGO DE VICHUQUÉN



SANTIAGO DE CHILE

IMPRESA DE LOS DEBATES

MONEDA 29 B

1889

PROYECTOS DE UN CANAL
ENTRE EL LAGO DE VICHUQUÉN Y EL MAR
Y UN FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO

I. FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO

Topografía general de la zona entre Chacabuco y Angol. Vía del Mataquito y lago de Vichuquén. Trazos que en esta dirección se presentan como probables. Elección del paso de Los Buitres. Pendiente máxima ensayada. Obras de fábrica más notables. Longitud total aproximada. Coste total. Breves consideraciones sobre esta vía de comunicación.

Si echamos una mirada sobre la carta topográfica de la república y examinamos con alguna atención la parte del territorio comprendida entre las serranías de Chacabuco por el norte, y Angol por el sur, llamará inmediatamente nuestra atención esta circunstancia: el hermoso y feraz valle central situado, como se sabe, entre la cordillera de los Andes y la de la Costa, sólo presenta salidas al mar por los valles de los siguientes ríos: Maipo, Rapel, Mataquito, Maule, Itata y Biobío.

Nada habría tenido Chile que envidiar a los más felices países de la Tierra, si a los dones de su excelente clima y de su riqueza agrícola y minera, se hubiera unido este otro, no menos precioso y necesario: las salidas fáciles y expeditas hacia el mar.

Nuestro comercio con el exterior sólo está representado por los productos naturales de nuestro suelo, es decir, lo que produce la tierra en casi toda la superficie del globo; y de aquí la necesidad de producir siempre lo más barato que sea posible y salir con un coste mínimo a los lugares de exportación. Éste es un ideal que debemos perseguir sin tregua ni descanso, y de cuya evidencia, felizmente, el gobierno y pueblo de Chile se encuentran convencidos.

En general, son cortas las distancias que separan los centros productores del valle central de las orillas del océano, pero son grandes las dificultades que se oponen a la realización de las vías que lleven nuestros productos hacia el mar: si se trata de ir directamente de un punto cualquiera del valle central a la costa, la cordillera occidental presenta obstáculos insuperables, atendiendo a nuestros recursos públicos y privados. Si elegimos los valles de los ríos, es verdad que de este modo las dificultades se atenúan notablemente, pero al llegar al término se presentan otras no menos graves que la anterior, la falta casi absoluta de un puerto en el extenso litoral de Valparaíso a Talcahuano.

El presente trabajo tiene por objetivo hacer luz en este importante asunto y probar que felizmente se ha encontrado una solución más o menos económica a este grave y delicado problema.

El hermoso y fértil valle del Mataquito permite eludir la travesía directa de la cordillera de la Costa; y el gran lago de Vichuquén nos da el más extenso, cómodo y seguro puerto que pudiéramos desear.

Reglas muy simples y elementales sirven de guía al ingeniero para elegir los trazos en el estudio de las vías de comunicación.

Dice una de ellas:

“cuando se trata de ir de un valle a otro, debe preferirse el curso de los ríos, porque aquí se presentan las dificultades en su *mínimum*. La travesía directa de las cumbres ofrece el *máximum* de las dificultades y a veces la imposibilidad absoluta”.
(Baudson, *Tracé des chemins de fer*).

Según este precepto, el primer trazo que se ofrece a la vista para unir la ciudad de Curicó con el lago de Vichuquén, sería el siguiente: ir desde Curicó hasta la confluencia del Teno y del Lontué, es decir, al comienzo u origen del Mataquito; seguir por la orilla derecha de este río hasta el océano, doblar al norte por la orilla del mar y tomar en Llico el lago por su desembocadura.

Este trazo, conforme en un todo con la regla que precede y que da la pendiente mínima, es, no obstante, inaceptable.

Por el lado del mar, las dunas de las playas del Médano, el Peñón, Iloca, etc., ofrecerían un constante y serio peligro en la explotación de la vía; y más allá de Lipimávida, las faldas abruptas de la montaña obligarían a obras de fábrica de un coste enorme.

Aparte de las consideraciones que anteceden, restan todavía otras no menos atendibles: la línea tendría en esta dirección el *maximum* de su longitud; y desde el punto de vista militar, sería perfectamente vulnerable desde el mar en todo el trayecto de la costa.

En orden decreciente de dificultades podríamos colocar el del lugar llamado Licantén.

Siempre por la misma ribera del río, se llegaría sólo hasta la aldea de aquel nombre. Se franquearía la montaña en dirección hacia Vichuquén y, por el estero del mismo nombre, se llegaría a la orilla oriental del lago.

Es verdad que por este rumbo se obtienen las ventajas siguientes: alejamiento de la ribera del mar y menor longitud del trayecto; pero en cambio otros obstáculos no menos graves se presentan.

La cumbre de la montaña en Licantén es uno de los puntos más culminantes de la cadena que desde el Morrillo hasta el mar, corre paralela al Mataquito por la orilla norte. Hay, además, una meseta en la cima, a lo cual se une la ausencia de valles en ambas faldas y que se correspondan por sus cabeceras.

La obra de arte que permitiera el paso de la cumbre sería de un coste considerable, y para llegar a ella se tendría que hacer uso de rampas largas con el *maximum* de declive.

Esta serie de dificultades, no menos atendibles e importantes que las encontradas en el trazo precedente, son motivos bastante para abandonar esta dirección y optar por la que paso a describir enseguida.

El camino carretero que conduce a las salinas de la costa cruza el cordón de cerros ya mencionado en el punto llamado Los Buitres¹.

Dos quebradas que nacen del mismo punto de la cumbre, la de las Higueras por el sur y la de los Sauces por el norte, hacen que la cumbre en el origen de las referidas quebradas sea un *minimum*.

“Cuando dos ríos o quebradas tienen su origen en el mismo punto de una cumbre y son de rumbos contrarios y paralelos, este punto es un *minimum* o un *maximum* (Baudson, *Tracé des chemins de fer*).

En el caso de Los Buitres es lo primero lo que sucede.

Se reúnen, además de esta noble condición, la de no haber meseta en la cumbre, y que las quebradas permiten, por sus suaves faldeos, la fácil colocación de una vía.

Efectivamente, del lado del Mataquito he ensayado una rampa al 2%, la cual permite el paso de la cumbre, y por el lado norte, esta misma pendiente combinada con el 1,5%, permite la bajada.

La vía tomaría por una de las faldas de la quebrada de Los Sauces para ganar el valle de Tilicura, seguiría por este valle hacia el oeste, hasta el lugar denominado Las Juntas en la ribera oriental del lago de Vichuquén.

Para llegar de este punto a Llico sólo habría que orillar el lago por el sur.

El trayecto por el valle de Tilicura puede hacerse con pendientes comprendidas entre el 1% y el nivel, hasta el lugar denominado La Quesería, y desde este punto hasta Llico podría tenerse un trazo a nivel.

Resumiendo las circunstancias peculiarísimas de este trazo, llegamos a las siguientes conclusiones:

- El paso de Los Buitres da la línea más corta entre Curicó y el lago de Vichuquén;
- La cumbre del cordón en ese punto es un *minimum* relativo;
- La pendiente máxima posible es el dos por ciento.

Tales son los motivos que me obligan a pronunciarme por el trazo que acabo de describir.

Las obras de arte más notables que tendría esta línea sólo serían dos: el puente sobre el Teno en el Morrillo y un corte profundo o un túnel en la cumbre de Los Buitres.

Puede apreciarse en 130 km la longitud de esta vía (entre Curicó y Llico); su coste en 432.000 £, al cambio de 26 peniques por peso.

La duración de los trabajos puede estimarse en cuatro años solamente, porque la construcción puede comenzarse por Llico y Curicó a la vez.

¹ En este punto está marcado Gualañé en la carta de Pissis, y su situación es: longitud 1°13' al O (Mer. de Santiago) y latitud sur 34°58'10”.

Concluiremos lo relativo a este ferrocarril con algunas breves consideraciones.

La pendiente máxima que permite el paso de Los Buitres por una parte, y lo suave de las faldas de las quebradas que dan el acceso a la cumbre, por otra, facilitarán, me inclino a creerlo así, el trazo definitivo de la vía con curvas de gran radio.

Estas dos circunstancias harán que esta línea pueda explotarse con el material actual de las líneas del Estado y hará, por consiguiente, posible también la circulación de trenes directos de cualquier punto del valle central por medio de la vía del Mataquito.

Si llegara a hacerse del lago de Vichuquén el puerto militar de la república, aquella condición tendría un valor inapreciable en caso de un conflicto exterior.

Si a la circunstancia de la fácil explotación de la vía se agrega la imposibilidad absoluta de ser atacada por un enemigo desde el mar, se tendría que este ferrocarril será de un valor estratégico que carecen los que van a nuestros dos puertos principales, Valparaíso y Talcahuano.

Por el lado del comercio, como ya hemos dicho, esta vía llena satisfactoriamente las necesidades de una salida al mar para la zona del valle central. Su situación, casi media entre Valparaíso y Talcahuano, le da esta inmensa ventaja.

Las salinas de Bolleruca, Bucalemu y otras, darán a esta vía como retorno de carga al interior, el de un producto natural con que no cuenta ninguna otra.

Las referidas salinas explotan actualmente 280.000 quintales, y no sería aventurado creer se duplicará en vista del abaratamiento del flete y facilidades del transporte que ofrece el ferrocarril.

Los 500.000 quintales, al precio medio de 20 centavos el quintal, darían una entrada anual de 100.000 pesos, lo cual representa por este solo ramo de transporte, el 2 ½ por ciento sobre el capital de 4.000.000 de pesos.

II. EL LAGO DE VICHUQUÉN

Situación y descripción. Superficie. Sondajes hidrográficos (anexo N° 1). Posibilidad de convertirlo en un puerto militar y comercial.

El lago de Vichuquén está situado en la extremidad SO del macizo de montañas comprendido entre los ríos Rapel y Mataquito.

Por el sur, una alta y escarpada serranía lo separa de este último río y este mismo cordón, que vuelve hacia el norte, lo separa del mar.

Por los 34°6'2" de latitud S y los 72°6'12" de longitud O de Greenwich, el cordón de la costa termina y deja un valle que tiene la dirección NO a SE y de un ancho medio como de un kilómetro.

En este valle serpentea el canal que actualmente une el lago con el mar y en su orilla sur se encuentra el pueblo o aldea de Llico.

Por el oriente, en el lugar denominado Las Juntas el lago recibe el estero que pasa por la ciudad de Vichuquén y el de Tilicura que, como se ha dicho al tratar del ferrocarril, tiene su origen en las inmediaciones de la cumbre de Los Buitres.

Fuera de los valles que se acaban de describir, el lago se encuentra rodeado en el resto de su perímetro por cerros muy elevados y de cuyas quebradas nacen numerosos arroyos que se vierten en él y que dejan en sus márgenes fértiles y pintorescas campiñas.

Las faldas de los cerros caen por lo general suavemente hacia el lago, lo cual permite establecer fáciles vías de comunicación a lo largo de sus orillas.

La superficie del lago es como de 1.500 hectáreas, casi en su totalidad aprovechable como surgidero de naves.

Está dividido en dos zonas unidas por un canal que forma la península llamada La Isla. La porción más occidental se denomina El Ancho.

A fin de conocer lo más exactamente posible el relieve y naturaleza del fondo del lago, se practicaron los sondajes hidrográficos que detallan el anexo N° 1.

Se tomaron dieciocho líneas generales y se echaron cuatrocientas nueve sondas.

Estos sondajes han puesto en evidencia los hechos siguientes:

No hay variación o diferencia sensible con las profundidades que indica la carta inglesa núm. 1.312 hecha con datos tomados por oficiales de la marina nacional en 1872.

La mayor profundidad encontrada alcanza a 36 m.

La zona más profunda del lago es la llamada El Ancho y la más baja, la del sur.

Clasificando las sondas por serie se tiene:

68	sondas	de	0	a	10	metros
110	sondas	de	10	a	20	metros
133	sondas	de	20	a	30	metros
95	sondas	de	30	a	36	metros

La orilla más acantilada es la oriental y la más tendida la del sur. No existen bancos ni arrecifes ni escollos de ningún género que puedan ser obstáculos a la libre y expedita navegación interior del lago.

Siendo de fango y arena el fondo, puede ser dragado en cualquier sentido, si en alguna época las necesidades de los servicios así lo hicieren necesario.

Las ventajas naturales que ofrece este lago como puerto, ya en 1855 el ingeniero don Horacio Bliss las recomendaba del modo siguiente:

...“El lago de Vichuquén, si se formase alguna vez una entrada cómoda, ofrecería una de las bahías más seguras y más cómodas que se conocen. De cerca de ocho millas de largo y de una anchura que varía de media a una milla, de un excelente fondo para ancladero, protegido de todos lados por alturas que sujetan completamente los vientos peligrosos, nada deja que desear como bahía.

Poseyendo estas ventajas naturales, habría toda facilidad para construir astilleros, ferrocarriles marinos, muelles, etc. Como puerto de comercio o depósito naval y astillero, me inclino a creer que sería preferible a cualquier otro punto de la costa de Chile.

La longitud y estrechez de su entrada lo harían, con unas pocas piezas de artillería gruesa bien colocadas, inexpugnable para las más poderosas escuadras de los tiempos modernos. Y al mismo tiempo las largas líneas de costa dura, impenetrable, que se encuentran al norte y al sur de él, harían sumamente difícil y peligrosa la línea de operaciones que necesariamente habría de seguir el ejército invasor de un enemigo extranjero. Su posición estratégica sería pues admirable, y por lo tanto se recomienda al gobierno para objetos navales” (*An. de la U.*, 1866).

III. CANAL DE NAVEGACIÓN ENTRE EL LAGO Y EL MAR

Topografía del valle que une el lago con el mar. Eje del canal. Descripción geológica de la zona del canal (anexo N° 2). Modo de ejecutarlo. Perfil longitudinal del proyecto. Perfil transversal tipo: ancho al nivel medio del mar; profundidad a la misma *cota*. Velocidad del paso. Remanso. Perfiles transversales en el eje del proyecto; volumen total de las excavaciones (anexo N° 5). Terrenos conquistados. Revestimiento de los taludes del canal y escaleras de descenso. Bocas del canal.

En párrafos anteriores hemos dado algunas noticias acerca del valle que une el lago con el mar. Réstanos ahora completar su descripción topográfica.

Por el lado del mar, el valle desemboca en la rada de Llico y en su extremidad opuesta se divide en dos ramas: una de ellas dobla al norte y forma la laguna de Torca, y la otra va al sur terminando en el lago de Vichuquén. Tiene, pues, este valle, la forma de una Y.

Un cordón de cerros, actualmente cubiertos por las dunas del mar, limita este valle por el NE.

El valle cae casi normalmente y al centro de la rada de Llico. Esta circunstancia, y la no menos notable de la forma más o menos horizontal de su suelo, indican a primera vista la gran posibilidad de practicar en su centro el canal que uniría el lago con el mar.

Referidas al nivel medio del mar, las acotaciones generales del valle, resulta que es casi de nivel, pues la altura media es de 2,50 a 3,00 m y, por consiguiente, los desmontes y terraplenes serán un *minimum*.

Casi al centro de este valle se ha colocado el eje del canal, el cual está formado así: partiendo de la orilla del mar hacia el lago, se tiene una recta de 2.841 m y bajo la dirección magnética N 126° E y otra de 363 m, que termina en el lago y en la dirección del meridiano magnético. Estas rectas están unidas por una curva de 1.000 m de radio que tiene su concavidad vuelta al SO. y un desarrollo total de 923 m.

Por el lado del lago el canal desemboca perpendicularmente y al centro del seno que forman las puntillas del Rodeo y del Barco (plano N° 3).

El radio de 1.000 m elegido se ha adoptado en Francia en el proyecto del gran canal de ambos mares, aunque en una sola curva, pero en el proyecto del Báltico al mar del Norte, se ha llegado hasta 750 m (*Annales des travaux publics*, 1886, p. 1.629).

Si en el caso de que tratamos se presentaran inconvenientes, que no diviso, para el gobierno de las naves en el paso de la curva, podría ensancharse su sección hacia el interior; o bien, aunque el trazo perdiera su elegancia, sacar el segmento comprendido entre la cuerda y el arco, y entonces se pasaría cerrando el timón a estribor.

Reconocida la posibilidad de colocar el canal en toda su extensión en el valle, queda por averiguar si podría o no ejecutarse con dragas.

Con este objetivo se practicaron catorce piques de sondajes, cuya descripción se encuentra en el anexo N° 2.

En ninguno de ellos se encontró roca ni terreno que no pueda ser dragado.

Resulta, tanto de este hecho como del estudio de la topografía del valle, que el canal que se proyecta reúne las condiciones siguientes:

Es la línea más corta posible entre el mar y el lago.

El cubo de las excavaciones es un *minimum*, puesto que el eje está situado en un valle casi a nivel.

Finalmente, puede trabajarse en toda su extensión con dragas.

Todas estas condiciones se resumen en esta otra: *minimum* de coste.

El plano N° 4 representa el perfil longitudinal del proyecto.

El fondo o solera del canal está situado a la costa 8,50 del nivel medio del mar y la arista de intersección de los taludes con el plano de los terrenos conquistados, a la de +2,50.

El nivel medio del mar está marcado por la línea 0,00; la pleamar por +0,75 y la baja por -0,75.

Se indican también en el perfil las tangentes, la curva, las distancias en kilómetros y la situación de los piques de sondajes.

El perfil transversal tipo indica las demás dimensiones del proyecto: ancho al nivel medio del mar, 60 m; ídem arriba, en la arista de los taludes, 72,80, y en el fondo o solera 24 m².

Estas magnitudes dan taludes con una inclinación de 25°, o sea, de 2 de base por uno de altura. Planat, en su obra titulada, *Mecanique appliquée a la résistance des matériaux* (p. 772), admite para esta clase de terrenos un ángulo de 33°0'.

Hay, pues, 8°6' más a favor de la estabilidad en este proyecto.

Las secciones de escurrimientos serán, según el estado de la marea, las siguientes: al nivel medio, 357 m²; en la estoa de pleamar, 522,03, y en la de bajamar 273,10.

Se admite generalmente (*Annales des T. P.*, 1887, p. 1950), que la marcha de un buque en un canal será la mitad de la velocidad en mar libre, cuando la sección del canal sea triple de la cuaderna maestra de la nave.

² La profundidad de 8,50 queda reducida en la bajamar a 8,50, 0,75 = 7,75 m = 25,42 pies ingleses. Si de esta cantidad deducimos 0,50 como excedente de inmersión de las naves, (*Cialdi, Ports, Chenaux et port Saïd*, p. 108) tendremos que aun en el caso de bajamar, el canal puede ser franqueado por los buques de nuestra escuadra y aun por blindados de 9.000 toneladas como el *Collingwood* que cala 7 m.

En el *Blanco* y el *Cochrane* ésta es de 87,7 m y como la sección en estoa de bajamar es de 273,10, resulta que aún en este caso extremo nuestros blindados pueden surcar el canal con la velocidad reglamentaria de seis millas por hora, que es la adoptada en los canales de Europa. Esta velocidad permitirá ir del antepuerto al lago en veintitrés minutos.

La velocidad de 6 millas por hora producirá hacia la proa de la nave un remanso cuya altura será dada por la fórmula

$$h = \frac{V^2}{2g} = 0,45 \text{ m}$$

En el caso de navegar en la estoa de pleamar, el remanso tendrá la cota +1,20 m en la cúspide de la onda, quedando todavía 1,30 para la cota general de la formación al nivel de la arista de los taludes. No hay, pues, peligro de que el remanso desborde lateralmente.

Vamos a examinar ahora la velocidad del escurrimiento en el refluo, para ver si su acción puede corroer el fondo o los taludes del canal.

El 14 de enero del corriente año el mareógrafo provisorio, instalado cerca de la orilla del mar, daba el siguiente estado de la marea:

11:30 am + 0,25. Era la estoa de pleamar.

12:30 pm + 0,10. Es decir, el descenso había sido de 0,15 m.

Según esto, las moléculas de agua que en ese momento estaban en la orilla del lago tenían que hacer una caída de 0,15 m en un trayecto de 4.000 m.

Su velocidad media será dada por la fórmula

$$u = 25 V \sqrt{\frac{1}{Ri}}$$

(*Graëff, Hydraulique*, tomo II, p. 159). En el caso de que tratamos se tiene $u=0,107$ m.

Ahora bien, según Llauradó (*Aguas y riegos*, tomo 1, p. 121) las velocidades límites son las siguientes:

Tierra esponjosa y lodo	veloc. media	0,101	al fondo	0,076	superf.	0,127
Arcilla tierna	veloc. media	0,202	al fondo	0,152	superf.	0,254
Arena	veloc. media	0,405	al fondo	0,305	superf.	0,509

Este raciocinio deja establecido que la corriente de vaciante no tiene acción sobre los taludes del canal ni sobre el fondo (que los sondajes geológicos han demostrado ser de arena) ni aun en el caso de que esta velocidad llegara a ser el doble de la calculada.

El anexo N° 5 contiene los perfiles transversales del proyecto; al final se encuentra el cuadro del cálculo del volumen total. Este asciende a un millón novecientos sesenta y seis mil cuarenta y nueve metros cúbicos (1.966.649).

Con los productos del dragado colocados al sur del canal en una meseta uniforme a la cota + 2,50, se conquistarán los terrenos que hoy ocupa el canal hasta las pleamares de aguas vivas.

En ellos se ha trazado una planta de ciudad en manzanas de una hectárea cada una y separadas por calles de veinte metros.

Desde la ribera del mar hasta el lago y por la orilla sur del canal, quedará una avenida de 140 m de ancho y de 4.128 m de largo.

El ensanche futuro del canal puede hacerse, si más tarde las necesidades del servicio lo hicieren necesario, al lado norte.

Aunque el cálculo relativo a la velocidad del reflujo deja toda seguridad respecto a la estabilidad del perfil transversal del canal, no obstante puede suceder que éste se modifique, ya sea porque la naturaleza del subsuelo varíe, ya sea por causa de las filtraciones de los terrenos superiores que al verterse en el canal desagreguen el talud, ya sea por aumento de velocidad en el paso de las naves, o en fin, por la acción de las heladas. En tal caso habrá que acudir al revestimiento, el cual podría hacerse con fajina, cascajo o ripio grueso, bloques naturales de cantera y quizá en algunos casos, con bloques artificiales de hormigón hidráulico.

El estudio de los fenómenos que se produzcan y de su magnitud, harán excogitar los medios más adecuados para subsanar estos vicios se llegaran a presentarse.

Las escaleras de descenso al canal se establecerán en ambas orillas y alternadas las de una ribera con las de la otra. Éstas serán dobles, es decir, que desde un punto de la arista del talud, bajen a derecha e izquierda.

Su número y situación se determinarán por las necesidades del servicio.

El revestimiento de las bocas del canal, tanto en el antepuerto como en el lago, convendría no fijarlo de antemano, porque, como en el caso de los taludes, bien pudieran resistir y conservar su perfil de construcción.

Si la alteración llega a producirse, se podría estudiar el medio más adecuado a la magnitud y naturaleza del daño.

IV. LA RADA DE LLICO

Situación. Topografía. Régimen de las dunas, mareas y vientos. Corriente costanera. Cordón litoral. Barra. Tasca. Sondajes hidrográficos (anexo N° 1). Naturaleza del fondo y consideraciones que respecto a la estabilidad de las obras esta circunstancia sugiere.

El *Anuario Hidrográfico de la Marina de Chile* (1880, p. 292) hace la siguiente descripción de la rada de Llico:

“Desde punta Iloca la costa va N $\frac{1}{4}$ O. alta y escarpada, con ligeras inflexiones hasta llegar a la punta de Llico³, pero sin ofrecer a sus inmediaciones peligros insidiosos.

La rada de Llico tiene 2,5 millas de abertura por dos y medio cables de saco, y la punta sur llamada *Llico*, se halla por 34°45'35" S y 72°7' O. Se encuentra expuesta a todos los vientos y por consiguiente a la mar que ellos producen. La parte E de la rada está formada por un extenso arenal que altea considerablemente de sur a norte. Al sur de la parte arenosa desagua la albufera de Vichuquén.

Yendo del SO se reconoce fácilmente la rada de Llico con motivo de los altos médanos de arena parda que se elevan al oeste de la ensenada; caso que no se ve en toda la costa desde el río Mataquito hasta el puerto de Llico.

El mejor fondeadero se encuentra en 27 a 29 m de agua al S 55 E y al S $\frac{1}{4}$ SO de la punta sur de Llico. Desde el punto sólo deben verse las bodegas exteriores y de ninguna manera las casas del interior, pues esta visual indica que la embarcación está muy a sotavento. Conviene, por otra parte, aquel surgidero para que las lanchas cargadas que saliesen de tierra no tengan ni la mar y el viento por el través, durante el viaje y al abordar los buques, y de igual manera para cuando regresen a la costa.

Aunque el fondeadero se encuentra en plena mar abierta, como el tenedero para las anchas es bueno, los buques pueden sostenerse con una sola ancla y cuatro grilletes de cadena, siendo raros los casos en que hay que largar una segunda; pero con los vientos del N es prudente hacerse a la vela y mantenerse afuera mientras dura el mal tiempo. Sin embargo, varios buques han aguantado al ancla fuertes vientos del cuarto cuadrante sin experimentar contratiempo alguno; mas si no se tiene plena confianza en las amarras, ello sería imprudente”.

³ Llico; orificio de agua.

NOTICIAS Y DATOS

“No hay semáfora en Llico, por lo que los buques que surjan en su rada no deben mandar sus embarcaciones a tierra, debiendo esperar que de ésta vayan lanchas, lo que sucederá cuando el estado del mar lo permita. Los botes de los buques, por otra parte, son de ordinario inadecuados para salvar la barra y la tasca sin peligro”.

MAREAS

“Las mareas en Llico se elevan de 1,30 a 1,70 m. En el caño de la albufera no pasa de un metro, pero en la albufera misma, la diferencia de nivel entre el flujo y el reflujo varía de 3 a 4 decímetros, siendo apenas sensible con las mareas muertas. El establecimiento del puerto tiene lugar a las X horas”.

A la descripción que precede sólo tengo que agregar que la playa arenosa se extiende desde la desembocadura del caño de la albufera hasta la quebrada de *Ucura* (carta inglesa N° 1.312) en una extensión de 2.500 m, y que más allá de este punto la costa vuelve a ser acantilada, como lo es desde la punta de Llico para el sur, hasta la quebrada de Lipimávida.

Para completar la descripción de la rada de Llico, me resta hablar del régimen de las dunas, mareas y vientos, tres elementos que unidos a la topografía de la rada, darán la fisonomía actual del puerto.

Por su acción sobre las costas y los puertos, los vientos se clasifican generalmente en dos grandes categorías: reinantes y dominantes (Cialdi, *Les ports Chenaux et Port Saïd*, p. 11).

No se hicieron en Llico estudios especiales sobre los vientos. No teníamos ni los recursos ni el personal suficiente para entregarnos a una observación seria y meditada de este fenómeno.

Creímos que los datos que a este respecto nos suministraría el *Anuario Hidrográfico de la Marina de Chile* podría reemplazar con ventaja nuestras propias observaciones.

Recorriendo con este objetivo el referido *Anuario*, hemos encontrado respecto a los vientos generales de la costa, los datos que van enseguida.

En el tomo III, p. 15, el capitán de fragata don D. Salamanca dice, a propósito de los vientos que dominan en el tramo de costa comprendido entre punta *Duao* y la bahía *Coliumo*.

VIENTOS, CORRIENTES Y MAREAS

“Puede decirse que en todo el tramo de la costa que acabamos de describir, no existen más que dos vientos reinantes en cada estación, prevaleciendo en verano los del 2° y 3° cuadrantes y los del 1° y 4° en el invierno. Cerca de la costa, los fuertes vientos del sur caen en la tarde, haciéndose galenos y no pocas veces

calmando, para convertirse en terrales por la mañana, hasta las 8 o 9 A.M. a cuya hora se entabla nuevamente por el sur”.

En el tomo IV, p. 385, se encuentra lo que a propósito de los vientos en el puerto de Lebu dice el ingeniero don Alfredo Lévêque:

“Aunque los vientos reinantes son los del S al O, los más violentos, los que dan origen a las mares más bravas y producen los temporales, son los vientos del NO al NNE”.

En el tomo XI, p. 7, hablando de la rada de Pichilemu, el director de la Oficina Hidrográfica, dice lo siguiente:

Vientos

Los vientos que prevalecen desde septiembre a abril, son los del 3^{er} cuadrante (SO) que soplan a veces duros, pero los buques provistos de buenas amarras pueden soportarlos bien.

“Los vientos del 4^o cuadrante son más frecuentes desde mayo hasta agosto. Soplan a veces tempestuosos con mar muy arbolada...; –y más adelante hablando de la climatología de esta región, agrega–:

Los vientos que prevalecen en el verano son los del S SO al SO, que son secos y a veces duros...

Los vientos del N al O que dominan en el invierno son de moderada fuerza, alta temperatura, etcétera...”.

El ingeniero don Valentín Martínez, en el proyecto de puerto para Pichilemu, dice lo siguiente respecto a los vientos (*Revista de Marina*, tomo V, N^o 26).

“No son menos graves los inconvenientes que ofrecen los vientos periódicos del SO y los temibles vientos del NO, por la falta de abrigo en estas direcciones y por las dificultades que ellos crean a la formación de un puerto artificial, etcétera...”.

Con las citas que preceden creo dejar demostrado que los vientos principales que soplan en el tramo de costa comprendido entre Valparaíso y Lebu, son los del NO al O, desde abril a septiembre, y los del SO al O en el resto del año.

Por la impetuosidad con que soplan los primeros y su corta duración los llamaremos dominantes, y reinantes a los otros.

La falta de elementos por una parte, y de un lugar a propósito por otra, hicieron que la observación de las mareas en Llico no tuviera el grado de prolijidad que se exige en el estudio de este fenómeno cuando se trata de proyectar grandes obras en el mar.

Sin embargo, un mareógrafo fue instalado cerca de la orilla del mar en un lugar más o menos a propósito y en él se hicieron las observaciones de las pleamares desde el 13 de diciembre de 1887 hasta el 23 de enero del corriente año.

Las observaciones se hacían cada media hora desde las 6 A.M. hasta las 6 P.M. y el resultado se encuentra consignado en el anexo N° 4.

Las bajamares fueron observadas directamente en los días 16, 17, 18, 19 y 20 de enero.

No habiendo sido posible, como se ha dicho, instalar un mareógrafo en condiciones más regulares, ha habido necesidad de proceder a verificar el cero provisorio de la escala por medio de alguna fórmula.

Tomé al efecto la que indica E. Dubois en su *Cours d'astronomie et de navigation* y de ella se deduce que el nivel medio verdadero del mar está 0,18 m más bajo que el tomado provisoriamente en la escala y al cual se refieren las acotaciones generales de todo el proyecto.

Durante el curso de la iniciación de los trabajos convendría instalar un buen mareógrafo y hacer las observaciones durante bastante tiempo para llegar a conocer con exactitud los siguientes datos que son esenciales para organizar los servicios de un puerto: la unidad de altura, el establecimiento del puerto, como igualmente otros no menos interesantes y que se deducen inmediatamente del estudio de las mareas locales.

Al cero determinado de este modo se referirían las acotaciones del proyecto aprobado en definitiva. La corrección, no obstante, será sólo de 0,18 m aproximadamente.

Por lo que respecta al desnivel total, se ha encontrado 1,50 en las pleamares de agua vivas y 0,95 en las de aguas muertas.

Cuando las pleamares se verificaban en la noche, la escala daba indicaciones de alturas hasta de 0,95 sobre el cero de la escala; es decir, como 0,60 m más altas que las observadas en el día.

Los desniveles máximos apuntados arriba son iguales a los encontrados en Talcahuano, y los mismos que indica el *Anuario Hidrográfico*, tomo III, p. 16; tomo XI, p. 6 y *Revista de Marina*, N° 26, p. 41.

Se ha dicho, al comenzar la descripción de la rada de Llico, que desde la desembocadura del caño de la albufera hasta Ucura la playa es arenosa y cubierta por las dunas o como se les llama ordinariamente arenas voladoras.

Más adelante, al tratar de las corrientes, daremos las opiniones más generalmente admitidas respecto a su origen y movimiento. Por ahora sólo nos concretaremos en señalar este hecho que hemos observado en varios puntos de la costa. Las arenas se depositan únicamente en las costas cuyas playas caen suavemente al mar y que están expuestas al sur desde el ángulo 45 en adelante.

En la rada de Llico no hay arenas al sur del caño de la albufera, ni más allá de Ucura, porque en esas playas la costa es abrupta y su exposición a los vientos reinantes no es la favorable al depósito.

En la playa de Quivolgo en Constitución, en la del Médano en el Mataquito, en Cahuil y en Pichilemu, el fenómeno se presenta con los mismos caracteres que en Llico.

Las arenas son depositadas en las playas por las olas que vienen a morir en ella, en la bajamar se secan y los vientos las transportan enseguida.

En Llico el movimiento de las arenas es perfectamente visible y se hace de este modo.

Las dunas se extienden sobre las faldas y cumbres de los cerros que están situados al NE. Las colocan ahí los vientos del SO y en el invierno los del 4° cuadrante las impelen hacia el sur.

La parte más avanzada de las dunas en el valle del canal es el punto denominado *Las conchas*, situado en la orilla derecha del desagüe actual del lago. Desde este punto son tomadas por el reflujó de las mareas y esparcidas en el fondo del canal, y las que no alcanzan a tomar su depósito en este trayecto, lo hacen en la rada entre la orilla y el cordón litoral (barra); de ahí la disminución paulatina de la profundidad del canal y el entarquinamiento también progresivo de la rada.

Los aluviones que bajan de los cerros que rodean el canal ayudan también a la acción de este fenómeno.

Aunque más adelante destinaremos párrafos especiales para tratar este punto respecto a su acción sobre el canal y las obras del puerto, adelantaremos no obstante estas dos ideas capitales: las obras del puerto impedirán en lo sucesivo el depósito de las arenas en la playa, y como el canal en proyecto pasa cerca de 400 m más al sur de las dunas de *Las conchas*, tiempo habrá y medios eficaces también para impedir su marcha hacia el sur.

La corriente de Humboldt marcha, como se sabe, a lo largo de la costa, y su dirección es de S a N y en un ancho como de 5.000 km (Barros Arana, *Geografía física*).

Ésta es la corriente general de la costa.

También la acción de los vientos sobre la superficie del océano desarrolla ondas de traslación, las cuales aproximándose hacia la costa se rompen y producen corrientes que giran a lo largo de las riberas (Comoy, *Les marées fluviales*, etc., p. 22).

De aquí se sigue que a impulsos de los vientos periódicos se desarrollaran también corrientes secundarias que harán cambiar el régimen general establecido por la de Humboldt.

En la época de los vientos de SO una corriente en dirección del SO al NO se hará sentir en Llico y en sus inmediaciones, o hablando más generalmente, en toda la costa de Chile, y en el invierno, corrientes contrarias a la anterior se dejarán sentir también.

En las noticias que respecto a la rada de Llico hemos consignado al comienzo de este capítulo se acusa la existencia de una barra en toda la extensión de la rada.

A primera vista podría creerse que este obstáculo colocado entre el fondeadero y la orilla es lo que ordinariamente se designa con este nombre.

Vamos a analizar lo más brevemente que nos sea posible este fenómeno para probar que no es una barra propiamente tal la que existe, sino que es lo que se llama cordón litoral.

La barra, según la acepción más general de esta palabra, es el depósito que los ríos dejan en el primer término de su desembocadura en el mar. Si la playa es suave y las mareas poco sensibles se cae en el caso de los deltas, y en el de barra propiamente tal, en el caso contrario.

Las barras tienen una forma más o menos curva y su convexidad vuelta al mar, y debido a la acción combinada del mar y del río, que son la causa de su formación, cambia constantemente de lugar. (A. Lévêque, "Estudios sobre la barra del Maule", *Anuario Hidrográfico*, tomo III, p. 285).

En el caso de Llico otro es el fenómeno y otras las causas que lo producen.

Aquí no desemboca ningún río y el obstáculo vuelve su concavidad hacia el mar.

"Así como los ríos, el mar, y más activamente aún, ataca sus riberas. No son solamente los agentes atmosféricos, sino también las olas que vienen a gastar su fuerza viva sobre los obstáculos que encuentran en su marcha. Lo que corren de las costas acantiladas, como lo que extraen de las playas sobre las cuales se quiebran, es triturado a lo largo de la costa, ya empujado, ya abandonado, vuelta a tomar, pero caminando siempre en esta sucesión de va y viene, según una dirección que determinan los vientos reinantes. Aquí, los materiales lanzados contra la orilla, se triturán por sus choques repetidos o aumentan la potencia destructora del mar, allá donde encuentran un terreno resistente, o bien, agotan por su transporte lo que le queda de fuerza cuando encuentra una playa inclinada sobre la cual viene a morir. En el primer caso hay corrosión, y en el segundo, depósito; este depósito ha recibido el nombre de cordón litoral.

El cordón litoral es entonces una especie de barrera natural que se opera espontáneamente entre dos cabos, según una línea más o menos curva y que separa la parte agitada, tumultuosa de las aguas, de aquella donde la agitación cesa al mismo tiempo que la gran profundidad. De un lado el mar; del otro una laguna" (Guillemain, *Rivières et canaux*, tomo I, p. 21).

Tenemos, pues, según la pintoresca descripción que acaba de leerse, que los senos y playas suaves reciben lo que el mar saca de las riberas escarpadas, pero hasta aquí sólo el material del cordón litoral. Veamos ahora cual es el perfil que, bajo la acción de las olas, toman la playa y el depósito.

M. Anatole de Caligny en su obra sobre *Les Oscillations de l'eau*, tomo I, p. 309, respecto a sus experiencias sobre la acción de las olas en las playas inclinadas y enrocados artificiales, se expresa así:

"En la playa simple hay siempre una excavación producida a la altura del agua en calma; en esta excavación la longitud de la porción situada sobre el nivel del agua es variable; la longitud de la parte baja yendo del nivel a la intersección del perfil deformado con el perfil inicial parece constante, y poco más o menos igual, en proyección horizontal, al tercio de la longitud total de las olas que llegan a la playa. A un nivel inferior de esta excavación hay un terraplén cuya parte culminante es movable y su longitud total variable".

Y más adelante en la p. 312, como resumiendo sus experimentos dice:

"El conjunto de las observaciones que preceden establece que el efecto de las olas que se quiebran sobre un talud inclinado, consiste especialmente en un arrastre

de materiales hacia atrás, al pie del talud. Las piedras de los enrocados artificiales, muchas veces arrojadas hacia adelante, y aun lanzadas a grandes alturas, presentan una excepción que se encuentra, sobre todo, cuando las olas pasan sobre ellos y caen con violencia al otro lado; esta es una circunstancia especial que no se ha realizado en mis experimentos”.

Las obras que se proyectan para el puerto de Llico harán desaparecer las dos causas que producen el cordón litoral.

El seno, que es lugar del depósito, queda suprimido por el tajamar del sur, mientras que la reducida longitud de la boca del antepuerto hará que las olas dentro del recinto abrigado tengan sobre la playa arenosa del NE una acción casi insensible comparada con la que hoy ejercen sobre ella.

El fondo de la rada en toda la extensión que abarcan las obras en proyecto y aun más allá, según los sondeos hidrográficos hechos por los oficiales de la corbeta *O'Higgins*, es de arena fina.

Faltan los sondeos geológicos que vendrían a dar la potencia o el espesor de esta capa y la naturaleza del subsuelo en que descansa.

Discurramos sobre este punto, no obstante de ignorar, como lo hemos dicho, si el espesor de la capa es poco o mucho o si descansa inmediatamente sobre el fondo roquero del mar.

Si sucediera lo primero, habría penetración en el fondo de una parte más o menos grande del perfil, y en este caso no habría más que logran la consolidación conquistada con bloques hasta obtener la resistencia que sea capaz de soportar el resto de la obra.

Desgraciadamente, cuando estos casos se presentan no hay otro camino que seguir que el indicado, y en tales casos las obras llegan a ser en extremo dispendiosas (A. Lévêque, “Estudios sobre la barra del Maule”, *Anuario Hidrográfico*, tomo III, p. 312).

Pero si el fondo de arenas tiene, como es racional suponerlo en Llico, una gran potencia, la seguridad es absoluta por el lado de la resistencia en esta clase de fondo.

Planat, en su obra ya citada, p. 721, dice:

“que en un suelo de cascajo o de arena, que no esté expuesto a ser desagregado por las aguas subterráneas en movimiento, puede soportar una presión hasta de 4 kilogramos por centímetro cuadrado”.

Ahora bien, según el perfil tipo adoptado para los tajamares (molos) en la profundidad máxima de quince metros bajo el cero del nivel medio, un metro cuadrado en el fondo será la base de un prisma de 18 m de altura y de 18 m³ y cuyo volumen estará formado así.

Seis metros cúbicos de agua de mar a la densidad de 1.026 dan seis mil ciento cincuenta y seis kilogramos; doce metros cúbicos de granito a la densidad de 2.700 kg el metro cúbico, pero que sumergidos en el mar pierden de su peso el de un vo-

lumen igual de agua (12.312 kg) dan un peso real para el granito de 20.088 kg. Así, el prisma pesará definitivamente sobre el fondo 26.244 m³, o sea, dos kilogramos y medio por centímetro cuadrado; es decir, poco más de la mitad de la carga máxima admitida en terrenos arenosos que puedan ser removidos por aguas interiores.

V. ANTEPUERTO

Descripción general de las obras. Tajamares. Entrada. Recinto abrigado. (Antepuerto). Molo (tajamar) del sur: su objeto; situación; longitud y perfil transversal tipo. Molo (tajamar del norte: su objeto; situación; longitud y perfil transversal tipo). Opiniones respecto de los tajamares de enrocados y de los de muros verticales. Sillares artificiales de hormigón hidráulico: cal, arena, piedra triturada y agua. Proporción de las mezclas. Dimensiones de los sillares; volumen; densidad; peso en el aire y peso sumergidos. Su estabilidad. Clarificación de los productos de las canteras y su empleo en los perfiles. Bases generales para la cubicación de los tajamares (molos). Dragajes del antepuerto.

“**L**a posición, la dirección y forma de los molos (tajamares), o estructura de las bocas, dependen de los vientos reinantes y dominantes, de las corrientes y más principalmente, de la dirección y potencia de las olas que, como ya lo he demostrado, gobiernan las arenas del fondo del mar y determinan sus depósitos” (Cialdi, obra citada, p. 11).

Conforme a estos principios, y en conformidad también a lo que se ha dicho en el capítulo IV, es que se proyectan dos tajamares para la formación del antepuerto.

El del sur abrigará contra las mares y vientos del SO, y del norte desempeñará igual papel respecto de los vientos y marejadas del NO.

La profundidad del agua en la entrada al nivel medio del mar es de quince metros.

Esta profundidad que a primera vista pudiera creerse exagerada se justifica, no obstante, a la vista de los datos siguientes:

“Las naves aguardan sin peligro en un puerto las circunstancias que les son favorables para salir, pero no siempre pueden hacer lo mismo afuera para entrar” (Minard).

“Por consiguiente, una embarcación que para salir con mar en calma necesita sólo ocho metros, para entrar puede exigir diez y aun más a causa de los balances y de la disminución de la profundidad normal del agua debido a las ondulaciones” (Cialdi, obra citada, pp. 94-95).

El ingeniero don Alfredo Lévêque, en su proyecto de mejoramiento de la barra del Maule (*A. H. de la Marina de Chile*, tomo III, p. 342) dice lo siguiente: “Las olas más considerables que hayan sido observadas en Constitución durante violentos temporales, medían una altura de ocho metros” y respecto a la rada de Llico, los oficiales de la corbeta *O’Higgins* han apreciado esta altura en seis metros durante el temporal del NO que tuvo lugar en aquella rada el 2 de julio del corriente año.

Se ve, pues, que aun en el caso extremo de olas tan enormes como las indicadas, habría plena seguridad en el paso de la boca del antepuerto.

La exposición de la boca es al oeste (magnético) y su ancho doscientos cuarenta metros, entre los cabezos de los tajamares y al nivel medio del mar.

Creímos conveniente someter a la consideración del señor ministro de Marina los dos puntos relativos a la exposición de la boca del antepuerto y su anchura.

El señor Ministro, a su turno, nombró una comisión de jefes de la marina nacional, los cuales después de oír las explicaciones que creyeron oportuno conocer, aprobaron la exposición de la boca, y respecto al ancho, pidieron que éste se ensanchara de ochenta metros, quedando en definitiva con la dimensión ya indicada⁴.

El recinto abrigado por los tajamares tiene una superficie de ochenta hectáreas, la cual si más tarde se juzga deficiente puede ensancharse dragando a la orilla de la costa hasta donde el terreno lo permita.

La profundidad de agua en el antepuerto puede quedar así: de quince metros una zona desde el molo norte hasta doscientos metros al sur del cabezo del molo meridional, y en el resto diez metros.

Si, como ya hemos dicho, se pueden presentar en la rada de Llico olas de 6 m de altura, veamos a cuanto se reducirían en el interior de la dársena en la línea que indica el paso de la profundidad de -15 a -10.

La fórmula que se usa en este caso es:

$$\frac{X}{H} = \frac{\sqrt{b}}{B} - \frac{1}{50} \left(1 + \sqrt[4]{\frac{b}{B}} \right) \sqrt{D}$$

⁴ La comisión nombrada para informar sobre los trabajos que se proyectan para convertir a Llico en un puerto seguro y unirlo con el lago de Vichuquén ha levantado la siguiente acta, que se ha pasado al gobierno, sobre la reunión que celebró el 26 del presente. “Con esta fecha se reunieron los infrascritos, en cumplimiento del decreto supremo 23 del actual, para evacuar el informe que por dicha disposición se les pide. Después de una detenida deliberación, en que se tomaron en cuenta las distintas frases en que pueda examinarse el proyecto del señor Nieto y las diferentes modificaciones que en él conviniera introducir, se acordaron por unanimidad las siguientes conclusiones: 1° Debe mantenerse la orientación de la boca del antepuerto de Llico, tal como lo establece el señor Nieto en su proyecto; 2° A fin de garantizar la expedita navegación de las naves y la mayor duración del antepuerto, creen preferible ensanchar la boca hasta doscientos cuarenta metros, corriendo al efecto el muro septentrional ochenta metros al norte paralelamente al proyectado por el señor Nieto. Siendo estos puntos los únicos sometidos a informes, se levantó la presente acta en Santiago a 26 de julio de 1888 (Firmado). *L. Uribe. J. Williams Rebolledo. O. Viel. J. Ramón Nieto. Francisco Vidal Gormaz. Galvarino Riveros*”.

en la cual X es la altura reducida de la ola en el interior a la distancia D de la boca del antepuerto; b, ancho de la entrada; B, ancho del puerto a la distancia D de la entrada; H altura de la ola al exterior (Croizette Desmoyers, *Notice sur les travaux publics en Hollande*, p. 28).

Para el caso de que tratamos se tiene

$$\frac{X}{H} = 0,36 \text{ y de aquí } X = 2,16H$$

es decir, que esta onda dejaría todavía 7,85 m = 26 pies de agua en la línea del antepuerto que marca la separación de los fondos de 15 y 10 m.

El tajamar del sur, como ya se ha dicho, tiene por objetivo contener las marejadas producidas por los vientos del SO. Arranca de la punta denominada *Llico* en la dirección magnética N 3 O y tiene una longitud de 900 m hasta el remate del cabezo. Éste será formado por un tronco de cono cuyo círculo superior tendrá 30 m de diámetro, siendo tangente al plano del talud interior del tajamar.

Este cabezo recibirá en su parte superior una luz verde de puerto.

El perfil transversal tipo está dibujado en la lámina 6 (figura A). Su descripción es la siguiente: suponiendo colocado el perfil en la profundidad de catorce metros: ancho en la parte superior; quince metros, a la cota de +300 sobre el nivel medio. Del lado del mar, una zona de diez metros de ancho y hasta la cota -8,00, será ocupado por sillares artificiales de hormigón hidráulico de 50 toneladas colocados con grúa (planos 7 y 8). El talud de esta zona es de uno y un tercio por uno ($1\frac{1}{3} + 1$). Un macizo de bloques de 3ª clase de canteras recibe o sirve de base a esta zona. El núcleo central inferior está formado por bloques de 1ª clase y el resto del perfil está lleno por la combinación de los de segunda y tercera clase.

En profundidades inferiores a la que ha servido para mostrar el perfil íntegro, disminuye éste de abajo arriba. Así, en la profundidad de 8 m el perfil se apoyaría en el terreno en la horizontal que pasa al pie de la zona de los sillares artificiales.

El tajamar del norte tiene por objeto impedir en lo posible la penetración en el antepuerto de las marejadas del NO.

Su situación es la siguiente: arranca desde la costa E de la rada a 11,75 m del eje del canal y avanza directamente hacia el E O magnético, en una longitud recta de 750 m y desde aquí describe una curva circular cuya convexidad está vuelta al mar y de 50 m de radio.

Su cabezo está formado con el del molo precedente y en su parte superior llevará una luz roja de puerto.

Su perfil transversal tipo está dibujado en la lámina 6 (figura B).

Su descripción es la siguiente: su coronamiento está a la cota +3,00 y tendrá un ancho de diez metros.

Por el lado del mar y desde la cota +3,00 hasta -10,00 habrá una zona de sillares artificiales de hormigón hidráulico de 50 toneladas de peso. El espesor de esta zona será de cuatro metros. Esta faja descansará sobre una meseta de bloques de cantera de la 3ª categoría.

El resto del perfil se compone como el del molo precedente.

Se ha dado a este perfil un talud más tendido del lado del mar y mayor profundidad a la zona de los sillares artificiales, porque está expuesto este molo a las marejadas más fuertes y, por consiguiente, el plano límite de las agitaciones estará aquí más bajo que en el otro tajamar.

En el tajamar del sur la zona de sillares artificiales es más gruesa, porque la acción del mar del SO sin ser tan intensa como la del NO es, sin embargo, más constante: los vientos de aquel rumbo soplan durante ocho meses del año y en periodos largos y llegan a producir en el mar grandes agitaciones. Los del NNO son más breves, sólo por horas, pero mucho más enérgicos y sus efectos más formidables⁵.

Expondremos ahora lo más brevemente que nos sea posible las razones que hemos tenido para adoptar este tipo de tajamares.

Dice Harcourt en su obra titulada *Harbours and Docks*, p. 102, lo siguiente:

“El tipo más perfecto de un terraplén de cimiento, consiste indudablemente, en la apropiada combinación de bloques naturales de canteras y sillares artificiales de hormigón hidráulico. Colocando bloques de cantera en la base y elevándola en el talud del lado del mar hasta un límite bajo el nivel del mar en el cual se puedan colocar en el talud de uno por uno y usando entonces los sillares artificiales que aumentan en tamaño hacia la corona, como cubriendo el talud del lado del mar, y relegando al mismo tiempo los bloques pequeños al interior (del perfil) y al talud del lado abrigado, es posible dar a los taludes uno por uno y que sin embargo, contenga el perfil la menor cantidad posible de material. Tal masa, no obstante, es compacta y proporcionada en toda sus partes en el talud del lado del mar, al poder variable de las olas, y por el uso de grandes sillares artificiales, desde el agua baja hacia el lado del mar, la estructura puede hacerse completamente estable y permanente.

Se ha probado que no hay dificultad mecánica para depositar bloques de 20 toneladas de peso en un terraplén de cimiento, pues esto se ha conseguido con éxito y rápidamente en Alejandría; y la posibilidad de mover y colocar con precisión masas mucho mayores, disponiéndose de favorables condiciones, ha sido demostrado por M. Stoney con su inmenso monolito de 350 toneladas para formar el muelle en el puerto de Dublín (lámina 8, figuras 11 y 12). Mucho debe depender de las condiciones de situación, de la rapidez y facilidad con que los bloques puedan depositarse y de que la extensión de los trabajos justifique un gran gasto.

Pero el éxito alcanzado por el sistema mixto (el del proyecto) en Algeria, Alejandría y puerto Saïd, prueba su valor práctico, al mismo tiempo que el mal resultado del terraplén de bloques (es decir, un perfil todo de sillares artificiales) en Biarritz; y la necesidad de un mantenimiento constante en los terraplenes de piedra de cimiento (perfil sólo de enrocado) indican la necesidad de proteger la parte expuesta del talud del mar, con sillares de tamaño conveniente”.

⁵ Muy rápidamente puede verificarse el perfil adoptado para los tajamares haciendo uso de la fórmula de Caland que da Roffiaen en la p. 26, tomo III de su *Traité descriptif et raisonné des constructions hydrauliques*:

$E = 0,15.625 H^2 + 2,25 H$, en la cual E es el ancho en la base del perfil a una profundidad H. Para el molo sur y a la profundidad -15 la fórmula da 68,90 y el perfil adoptado 68,00.

En *Les Annales des travaux publics*, año 1882, p. 705, se lee lo siguiente:

Tajamares enrocados. En las investigaciones relativas al puerto de Douvres, se ha discutido mucho cuál sería el tipo que debería elegirse para los tajamares. Algunos ingenieros abogaban por los enrocados de talud muy tendido; el mayor número, espantados por las averías que han sufrido en varias ocasiones los grandes tajamares de Cherbourg y Plymouth y otros de menor importancia, en Kingstown, en Howth, proponían para Douvres una muralla casi vertical que partiera del fondo del mar. La comisión del puerto de Douvres adhirió a esta opinión, haciendo notar que en Cherbourg el enrocado de bloques naturales después de haber sido en un intervalo de 40 años restablecidos tres veces, hasta encima del nivel de las mareas altas, y a pesar de todos los esfuerzos para darle estabilidad, había habido necesidad de destruirlo hasta el nivel de las bajas mareas y hacer arrancar de ahí un muro de albañilería.

Si se examinan los resultados obtenidos en diferentes puntos de la costa de Irlanda, provistos de tajamares de enrocados, se reconocerá que estas obras han sido destruidas en poco tiempo por la acción de las olas.

Se comprende muy bien la resolución tomada en 1846 por la comisión encargada de los estudios del puerto de Douvres. En esta época, en efecto, se conocían muy pocos los cimientos y no se habían ensayado en una gran escala los sillares artificiales que desde hace 25 años prestan tan grandes servicios en los trabajos marítimos.

Hoy día es permitido suponer que después de haber constatado los felices resultados obtenidos en Algeria, San Juan de Luz, Marsella, Levourne, por el empleo de sillares artificiales, los ingenieros no darán una opinión tan favorable respecto de los tajamares de albañilería (muros verticales o en talud) porque también tienen sus inconvenientes, sobre todo del lado del gasto y de la duración de los trabajos. Por lo que a nosotros respecta, pensamos que en el estado actual de la ciencia del ingeniero, en el mayor número de casos, es el sistema mixto el que debe ser preferido, puesto que permite evitar los inconvenientes inherentes a los tajamares puramente de enrocados o de muros casi verticales.

Inconvenientes de los tajamares de enrocados. Para los tajamares construidos de este modo y, como se ha practicado hasta hace poco, se hace notar, y con razón, que los taludes del lado del mar no toman jamás un equilibrio estable, tanto encima como debajo del nivel medio, al menos hasta cierta profundidad. Bajo el nivel de las bajas mareas y a pesar de una inclinación que va hasta 10 y 12 por uno, las piedras, poco pesadas para poder resistir por sí solas y muy poco solidarias para ofrecer una resistencia en el conjunto, casi siempre son removidas por los temporales y van a obstruir los pasos.

Cualquiera que sea la inclinación que se dé a los taludes, cualquiera que sea el cuidado que se tome para tener superficies unidas, el choque de las olas por arriba y la subpresión por debajo no tardan en derrumbar las superficies; los golpes de las olas que se quiebran sobre el talud, y particularmente la fuerza de desagregación de las marejadas que vuelven atrás con una velocidad muy grande, ensanchan las líneas de juntas, quitan una piedra, después otra, y antes del fin de la tempestad, la avería se ha convertido en desastre.

Inconveniente de los tajamares puramente de albañilería (muros verticales o inclinados). Para este tipo, los inconvenientes son igualmente numerosos, en mayor proporción y más graves de lo que se puede prever en teoría. Desde luego, la

fundación presenta serias dificultades. Si se desea fundar sobre roca viva son necesarios grandes gastos para nivelar el suelo y los andamios son dispendiosos y difíciles de establecer; si se funda sobre arena, que es el caso más frecuente, es necesario preparar un cimiento de enrocado cuya superficie se nivela por el buzo o la campana de bucear.

Pero se ha notado en *Tynemouth* que estos enrocados al parecer estables recibían violentos sacudimientos inmediatamente cuando la muralla colocada encima venía a contrariar la acción de las olas o corrientes; y esto ha obligado no sólo a descender las fundaciones más abajo, abriendo un surco en el enrocado ya hecho, sino a establecer sobre él, de cada lado del muro, otro enrocado que sirviera de defensa al pie del muro e impidiera su socavación. Y como a esta profundidad no puede verse lo que pasa, no habrá jamás completa seguridad”.

Lo que produjo la socavación del muro de *Tynemouth* es el fenómeno llamado por Roffiaen, resaca vertical. Dice este autor en su obra titulada *Traité descriptif et raisonné des constructions hydrauliques, etc.*, en el tomo II, p. 16:

“*Resaca vertical.* Esta resaca tiene lugar cuando las olas atacan casi o normalmente un obstáculo abrupto, tal como un muro vertical o una costa escarpada. El movimiento se dirige tanto hacia arriba como abajo del obstáculo, disminuyendo de intensidad con la profundidad, considerando que la agitación sólo tiene lugar en un cierto espesor desde la superficie. Si la fundación del muro está a poca distancia del nivel de las bajas mares, el fondo del mar será más o menos atacado por el componente a 90° de la dirección de la ola, y si no es bastante resistente, producirá una socavación en la base del muro, como se ve ordinariamente al pie de las cabezas de los tajamares.

Estas socavaciones no existen siempre al pie de los muros. El mar suele dejar a veces un espacio poco agitado donde se produce el depósito de los materiales que vienen de afuera o del pie del muro. Sin embargo, las resacas verticales en cuestión provenientes de los dos componentes de la ola, tienen lugar casi siempre al pie de los obstáculos abruptos.

Una dificultad de otro género –continúa el autor de la memoria de los *A. de T. Públicos* que cito– es la de la fundación del muro vertical. Hay necesidad de andamios elevados y la colocación de los sillares se hace con buzo y éste es un trabajo delicado que sólo puede hacerse con buen tiempo. Estos andamios han sido arrebatados por el mar en *Douvres* y en *Tynemouth* y el trabajo sólo ha podido marchar con extremada lentitud.

En *Douvres*, a pesar de los poderosos medios que se disponían, sólo se llegó al trabajo máximo de 30 a 35 metros por año. Estas dificultades de ejecución traen consigo forzosamente gastos considerables.

Inconvenientes de otro género merecen señalarse aún. Bajo el nivel del mar la muralla sólo se forma con sillares aislados, y es muy difícil impedir que, ya sea durante la construcción, ya sea por compresión del suelo o por otras causas no queden huecos entre los sillares. El movimiento incesante del agua, muchas veces de la arena misma y del ripio, a través de estas hendiduras, los golpes de la ola o la subpresión, agrandan poco a poco estos huecos y puede llegar un momento en que el muro entero esté amenazado...

En fin, este género de tajamares tiene todavía el inconveniente inherente a todas las obras cuyas partes no están individualmente en equilibrio natural sino que lo tienen por su colocación, es decir, que cuando las averías se pronuncian, toman desde luego una gravedad excepcional. En todo caso, las reparaciones de las brechas presentan serias dificultades.

Ésta es una consideración de mucha importancia en los trabajos marítimos siempre sometidos a tantas vicisitudes”.

Los sillares artificiales de hormigón hidráulico que servirán para revestir los taludes en las zonas indicadas en los perfiles, tendrán las dimensiones siguientes: 2 x 2,50 para la sección del prisma y 4 metros de altura.

Su volumen será de veinte metros cúbicos, su densidad sería 2,5. El peso en el aire 50 toneladas y sumergidos en el mar 29.480 kg.

La proporción en que deben mezclarse los materiales para obtener el mortero, es la siguiente: trescientos cincuenta kilogramos de cal del Teil, por cada metro cúbico de arena y el agua que fuere necesaria.

El hormigón se hará en la proporción de un metro cúbico de piedra triturada por cuatrocientos decímetros cúbicos (0,40 m³) de mortero.

Puede usarse el agua de mar en las preparaciones del concreto.

Durand-Claye en su obra titulada *Chimie appliquée a l'art de l'ingenieur*, p. 299, dice, hablando de si es o no conveniente confeccionar los morteros con el agua de mar:

“Experiencias hechas recientemente en Francia e Inglaterra parecen atribuir, al contrario, una cierta superioridad a los morteros fabricados con agua salada.

Esta cuestión no está aún resuelta y por lo demás no tiene ningún interés.

El empleo de los morteros confeccionados con agua de mar debe evitarse en las obras edificadas en seco y sobre todo en las construcciones civiles”.

La desecación de los bloques debe ser de tres a cinco meses antes de emplearlos en el mar.

Para poder aplicar el cálculo a la estabilidad de los molos hay que hacer una hipótesis que está muy lejos de la verdad, la cual es que toda la masa del enrocado es compacta y que forma un solo cuerpo. Lo cierto es que todos los elementos no están solidariamente unidos como en un monolito y que aproximadamente sólo se llega a este resultado con el transcurso de los años, cuando las penetraciones, depósitos y desagregaciones han llegado a su término.

De aquí resulta que, al menos en el primer tiempo de la construcción, los elementos constitutivos de cada zona, deben resistir por sí solos a las fuerzas de las olas que tratan de arrancarlos o moverlos de sus sitios.

En tales casos es, sin duda, la experiencia la mejor guía para la acertada elección del perfil de un tajamar.

Veamos entonces lo que a este respecto dicen los autores de más categoría en trabajos hidráulicos.

M. Comy en su obra titulada *Etude pratique des marées fluviales*, etc., p. 24, dice:

“Los enrocamientos dejan de ser removidos en los tiempos duros a siete u ocho metros debajo de la cavidad de las olas en Cherbourg y diez a doce en Alger.

Las arenas son removidas a profundidades mayores; pero en las costas de Alger, se estima que las olas dejan de moverlas a quince metros cuando son puras y hasta treinta metros cuando son fangosas”.

Les Nouvelles Annales de la Constructions, octubre de 1886, p. 147, describiendo un fenómeno enteramente local, dice respecto del puerto de Odesa:

“El plano límite de la agitación es extremadamente bajo. Se ha notado que los enrocados de fundación se remueven a siete metros sesenta centímetros de profundidad y los sillares artificiales de veinte toneladas han resbalado a impulsos del choque de las olas”.

Por este tenor las citas podrían ser numerosas y de autoridades en la materia. Respecto a los sillares artificiales he encontrado las siguientes: Roffiaen en su obra citada p. 20 dice:

“Según esta observación, hay acuerdo en que sobre las costas occidentales de Europa los sillares artificiales en piedra, ladrillo u hormigón, tienen una estabilidad completa cuando su volumen alcanza a doce o quince metros cúbicos”.

En la p. xxvii de la obra ya citada de Cialdi se lee lo que va enseguida:

“Se deduce de la fuerza de las olas ya indicada, que queriendo construir sobre nuestro litoral tajamares de enrocados, los sillares artificiales no deberán ser de menos de veinte metros cúbicos a partir de cinco metros bajo el nivel de las bajas mares, hasta la altura de la arista superior del molo, para que resistan inmóviles el choque de las olas.

Bajo cinco metros, este volumen puede reducirse a diez metros cúbicos y esta reducción puede continuar a medida que la profundidad aumenta.

Como la acción de las olas es proporcional a la superficie chocada y como la resistencia de los sillares crece como el cubo, éstos pueden ser en el océano un poco mayores que los que se emplean en el Mediterráneo”.

De todas estas citas se desprende este hecho capital ya muy conocido de los ingenieros hidráulicos, a saber: que la acción de las olas disminuye de arriba hacia abajo; que hasta ocho metros dejan de ser removidos los enrocados y que esta acción tiene su *maximum* de intensidad en la zona llamada de las rompientes.

Resulta entonces de lo dicho que los bloques de 3ª clase estarán al abrigo de los temporales y esa zona no será removida, porque en el tajamar del sur comienza en la cota 8 y 10 el otro.

En cuanto a los sillares artificiales, fuera de la estabilidad que se ha obtenido por el cálculo⁶, sus dimensiones están casi en el término medio de las adoptadas como más adecuadas.

Acabo de citar el párrafo de Roffiaen en que dice que el volumen más apropiado para los sillares en las costas occidentales de Europa es el de doce a quince metros cúbicos y puedo agregar todavía lo siguiente: en Cherbourg se han empleado sillares de 20 m³; en Alger han sido removidos los de 22½ toneladas, lo cual obliga a duplicar el peso, es decir, llegar hasta cincuenta toneladas; y, en fin, el ingeniero don A. Lévêque en su estudio ya citado sobre la barra del Maule, p. 343, propone sillares de dieciocho metros cúbicos (4,5 x 2 x 2).

En lo que precede hemos bosquejado la forma y modo como se efectúan los movimientos interiores del océano. Con toda seguridad podrían proyectarse las obras de un puerto si llegara a conocerse exactamente la situación del plano límite de las agitaciones y la potencia de las olas desde esta zona hasta la de las rompientes, pero desgraciadamente estos datos no pueden obtenerse con exactitud por más empeño que en ello se ponga.

Si las obras resisten en las condiciones ordinarias del mar, en las tempestades, las posibilidades de un desastre llegan a ser inminentes y numerosas. La estabilidad absoluta sólo llega a obtenerse en definitiva a costa de grandes sacrificios de dinero y después de muchos años de experiencia.

Ésta es la causa por la cual las obras hidráulicas son las más dispendiosas que puede emprender una nación y el escollo muchas veces de las más afamadas reputaciones en el arte de los trabajos hidráulicos.

No queda, pues, más camino seguro que seguir que aprovechar los datos de la experiencia y en conformidad a ellos redactar los proyectos.

En nuestro proyecto hemos clasificado en tres categorías los productos de las canteras:

- Bloques de 1ª clase que pesan de 0 a 100 kg
- Bloques de 2ª clase que pesan de 100 a 2.500 kg
- Bloques de 3ª clase que pesan de 2.500 y más kg

⁶ La estabilidad de los sillares de las dimensiones adoptadas en este proyecto, puede verificarse por varios procedimientos. Elegiremos, entre otros, el que sigue por ser el más breve: Resistencia R=MF+N.

En esta fórmula R= coeficiente de razonamiento que, según las experiencias de *Boistard*, es igual a 0,8.

M y N son respectivamente los componentes del peso del sillar después de sumergido, igual 30 toneladas.

Según el paralelogramo de las fuerzas se tiene: $N = \frac{P}{\sqrt{5}}$ y $M = 2 N$; y así $N=13,5$ y $M=27$ toneladas y $R= 35,12$ toneladas.

Supongamos ahora que este sillar sea removido por la acción de las olas, la presión de equilibrio en el momento de comenzar el impulso sería dada por la fórmula:

$G=R\sqrt{\frac{5}{2}} \cdot \frac{1}{\cos 47^\circ} = 35,12 \times 1,118 \times 1,46 = 57,32$ toneladas, siendo 47° el ángulo bajo el cual choca con el tajamar del sur el viento del SO.

Ahora bien, Roffiaen (obra citada, p. 20) según las experiencias de De Cessart, estima como límite superior de la potencia de las olas 4.140 kg por metro cuadrado y en el caso presente tenemos $\frac{57,32}{10} = 5,732$ kg, suponiendo que sea la cara de 10 metros cuadrados la que recibe el choque de la ola.

En ambos perfiles, y por el lado del mar, se colocarán los de 3ª categoría como apoyo de la zona de los sillares y en defensa de la zona de los de 1ª clase, que formará el núcleo central de cada perfil. El resto se llenará con los de 2ª y 3ª mezclados.

Se comprenderá fácilmente que la distribución en esta forma de los materiales en los perfiles tiene dos objetivos capitales: es el primero no oponer a la acción de las olas sino los materiales más densos; y la otra es de equidad: debe procurarse al contratista el empleo casi total de los productos de las canteras, porque de no ser así se le obligaría a pérdidas seguras.

En los perfiles se ha dado gran cabida a los materiales de 1ª categoría, porque la experiencia enseña que de los productos de las canteras éstos son las más abundantes.

Esta clasificación, por otra parte, es de uso general y sancionada por una larga experiencia. Con pequeñas variaciones, es la misma adoptada en los trabajos del puerto de Marsella (Latour et Gassend, *Travaux Hydrauliques maritimes*, p. 6) y en los del puerto de Trieste (*Annales des Travaux Publics*, 1880, p. 106).

La cubicación general de los tajamares se ha hecho con arreglo a las bases generales siguientes:

La cota de cada perfil ha sido aumentada en una unidad, como compensación a la penetración probable de cada trozo de molo en el fondo del mar.

El volumen de un trozo de molo entre dos perfiles se ha disminuido en un veinte por ciento, puesto que los materiales no llenan totalmente el perfil geométrico que ha sido la base del cálculo.

La superficie de cada perfil se ha aumentado en diez por ciento por el aplanaamiento de las obras, debido a que por la acción de las olas o trituración de los materiales unos con otros, los taludes quedan más suaves de lo que indican las especificaciones.

Como en el caso de la distribución de los materiales en los perfiles, éstas son condiciones de equidad y que ordinariamente en la redacción de los presupuestos se designan con el nombre de imprevistos.

El dragado del antepuerto a las profundidades de -15 y -10 que he indicado, exigiría un desembolso crecido no compensado en manera alguna este gasto con el poco servicio que tendrá el puerto en su primer tiempo, pero cuando éste aumente será indispensable dar las profundidades indicadas.

Por ahora, será suficiente una extracción de 200.000 m³ con el objetivo de tener salidas expeditas del canal hacia el océano y viceversa.

VI. ESTIMACIÓN DE LAS UNIDADES. VALOR DE LOS TRABAJOS

Los precios de las unidades para la estimación de los trabajos son los siguientes:
Dragajes. Valor del metro cúbico de dragajes extraídos a las profundidades que indican las diversas secciones del proyecto y colocados al sur del canal en una meseta uniforme a la cota de +2,50 m; y el exceso, si lo hubiere arrojado en la bahía en profundidades de cincuenta metros, dos francos oro, o sea, setenta y tres y medio centavos, 0,735 pesos al cambio de 26 peniques por peso.

Enrocados. Bloques naturales de cantera colocados en los perfiles según los taludes y distribuidos en las categorías que indica el proyecto, el metro cúbico a 15 francos oro, o sea, cinco pesos cincuenta y medio centavos.

Sillares artificiales de hormigón hidráulico. El metro cúbico del sillar sumergido, sesenta francos oro, o sea, veintidós pesos dos centavos.

PRESUPUESTO

Por dos millones ciento sesenta y siete mil metros cúbicos de dragajes, a dos francos el metro cúbico	fr. 4.334.000
Por quinientos setenta y siete mil metros cúbicos de enrocados con bloques naturales de canteras, a quince francos el metro cúbico	fr. 8.655.000
Por ciento diecisiete mil metros cúbicos de sillares de hormigón hidráulico, a sesenta francos el metro cúbico	fr. 7.020.000
Suma total	fr. 20.009.000

Son veinte millones nueve mil francos oro; u ochocientas mil trescientas sesenta libras esterlinas de veinticinco francos; o siete millones trescientos ochenta y ocho mil ciento veintitrés pesos (\$7.388.123) moneda chilena al cambio de veintiséis peniques.

VII. DIQUE DE CARENA

Facilidades que ofrece el lago para las formas flotantes. En tierra para los diques de albañilería. Quebrada Margarita: topografía y sondeos geológicos.

El lago, por lo acantilado de sus riberas, la tranquilidad de sus aguas y por sus variaciones casi insensibles de nivel, ofrecería desde luego excelentes condiciones para construir diques flotantes, ya sean éstos del tipo del Victoria Dock de Londres, o sea, la forma en L de Clark y Sanfield, llamada comúnmente dique flotante con depósito sobre parrilla (*dock flottant a depot sur grill*).

Las localidades en tierra para las formas de albañilería no son menos numerosas.

Prescindiendo de las condiciones del fondo, que puede suponerse el peor posible, la fundación por cajón de hierro y aire comprimido, ofrecería en las orillas del lago ventajas inmensas.

El abrigo para el lanzamiento del cajón es absoluto y la fosa para la armadura puede trabajarse con dragas en cualquiera de las quebradas, o la formación de una ataguía, si se prefiriese este sistema, sería de muy poco coste.

Para colocar más en transparencia las ventajas que ofrece el lago de Vichuquén para construir diques de carena, hagamos un paralelo entre él y la bahía de Talcahuano, que tan estudiada ha sido con este objetivo.

Igualemos desde luego las condiciones de fondo de la costa de la base de la obra y admitamos que en las orillas del lago sea tan malo como en las regiones exploradas con este fin en Talcahuano.

Si se trata de una forma flotante de hierro el lago tiene las condiciones esenciales para esta forma de diques: grandes profundidades y calma absoluta de las aguas.

En Talcahuano, la gran profundidad habría que hacerla en las inmediaciones de las riberas o se tendría que buscar en la bahía y después formar el abrigo contra las marejadas y vientos.

Para las formas de albañilería en tierra fundadas al aire comprimido, que es el único camino que es posible seguir con mal fondo, la fosa para armar el cajón puede hacerse en tierra y el lanzamiento no ofrece dificultad ni peligro alguno por el abrigo absoluto en que están las aguas del lago.

En Talcahuano, por el contrario, habrá que comenzar por formar la explanada para armar el cajón y el lanzamiento puede llegar a ser peligroso si durante la operación tuviera lugar una tempestad o una agitación del mar, que son muy posibles tanto en invierno como en verano.

Con el fin de reconocer el lugar más apropiado para construir un dique, recorrimos diversos sitios que nos parecieron adecuados y al fin nos decidimos por el llamado *Quebrada Margarita*, en la orilla sur del canal y a 2 km del mar.

La topografía del valle se presta admirablemente para una obra de este género: está casi al centro mismo del canal, en medio de la futura población y en un valle que tiene como 15 hectáreas de terreno a nivel. Alrededor del dique podrían establecerse los arsenales y todo género de talleres que exigen esta clase de obras.

Los sondeos geológicos que se practicaron para conocer el subsuelo a la profundidad de la fundación, están en el anexo N° 2. El fondo es malo y habría que acudir a las fundaciones de aire comprimido.

VIII. RAMAL DE FERROCARRIL A LA CANTERA

Consideraciones generales sobre las canteras exploradas. Conglomerados (*poudings*) de la orilla del mar. Canteras del llano de la Quirigua, quebrada de la Toma. Quebrada del Pidén o de los Brujos. Descripción del trazo. Largo total de la vía. Pendiente máxima. Radio de las curvas. Obras de arte. Desmontes y terraplenes. Coste total.

La cordillera de la Costa en Llico y sus inmediaciones es de formación terciaria (*esquita cristalizada*).

Es con corta diferencia, casi igual, o de la misma estructura geológica que la península de *Tumbes* en Talcahuano, y que el señor Pissis describe en su informe sobre el dique y que se registra en la *Memoria de Marina* de 1882, p. 126.

Aunque este notable geólogo parece admitir las esquitas como buenas para las fundaciones cuando dice:

“es una roca compuesta de hojas muy delgadas de mica, de consistencia muy firme cuando está debajo del agua y que se desmorona con gran facilidad cuando está en el aire”;

sin embargo, la práctica constante, es admitir sólo las piedras graníticas o calcáreas para las construcciones en el agua, y jamás las de base de alumina, entre las cuales está la familia de las esquitas. Es por esta razón que no admitimos esas rocas para las obras del puerto.

Diversas regiones fueron exploradas a fin de encontrar un material que fuera más aceptable que las esquitas del mar.

Hacia el sur del puerto y en la misma ribera, se han encontrado dos vetas de conglomerados neptunianos formados de guijarros graníticos de acarreo en un cemento arcilloso (*Poddings*). Estas vetas caen desde lo alto de la montaña y se pierden en el mar.

Aunque el filón no presenta a la vista una gran cantidad de material aprovechable, es posible que más a cuerpo de cerro se pueda obtener en mayor abundancia.

Con todo, creemos que a lo más se podrían tener bloques de primera categoría o un material más o menos abundante para las trituradoras en la fabricación de los sillares artificiales.

No siendo suficiente los conglomerados de la costa para todas las obras del mar ni siendo tampoco adecuadas para este objetivo las esquitas era necesario buscar en otra parte el material de calidad y cantidad suficientes.

Con este objetivo se exploró el valle llamado de La Quirigua al sur de Llico, a diez kilómetros de la orilla del mar, y en él se encontraron las canteras de la Toma y del Pidén o los Brujos.

La primera dará material abundante y de fácil extracción. La roca es basáltica.

En la segunda, que es la principal, hay rocas graníticas en vetas o masas irregulares y también en cantidad inmensa depósitos de bloques rodados graníticos. La extracción es fácil y el material muy abundante.

El trazo del ferrocarril a las canteras indicadas comienza en el punto marcado A en el plano N° 3 y su descripción es la siguiente:

Desde este punto la vía (de un metro de trocha) atraviesa el canal actual de desagüe del lago frente a la duna de Las Conchas y sigue en línea recta desde ahí hasta el pie del portezuelo llamado de Las Lajas. La laguna de Torca se atraviesa por medio de un terraplén de arena que se tomará de la duna Las Conchas.

Desde Las Lajas para adelante, la vía sigue por la orilla sur de la laguna de Torca hasta la quebrada del Horno y desde aquí por una rampa al dos por ciento hasta la cumbre del portezuelo de los Cardos. Desde este punto baja al llano de La Quirigua con una pendiente máxima de uno y medio por ciento y sigue casi en línea recta hasta las dos canteras indicadas.

El radio mínimo de las curvas es sesenta metros.

Las obras de arte son cuatro puentes de madera que suman una longitud total de 520 m.

Los desmontes tienen un cubo de 10.300 y los terraplenes de 69.400.

El coste total de la vía puede estimarse, sin equipo, en 150.000 pesos.

IX. OBRAS ACCESORIAS

Servicio de agua y desagües. Vías carreteras en el litoral. La de Iloca a Llico.

Cuando tratamos en el capítulo IV de las causas que operan la disminución del fondo en el canal de desagüe actual del lago, mencionamos como una de las principales los aluviones que desde las quebradas de los cerros del sur, caían al valle del canal. Es, pues, necesario al menos en la época próxima a la terminación de los trabajos, pensar en evitar o poner remedio a este daño.

Es posible que se presenten varios medios más o menos apropiados para retener en las quebradas estos aluviones y dejar que se escurran al canal sólo las aguas libres de sedimentos, o quizá, sería tal vez mejor la construcción de un canal que corriendo al pie de los cerros recibiera estos aluviones y los llevara al sur del maldón meridional de la rada.

Este canal podría desempeñar a la vez el papel de cloaca matriz de la futura población. Desde este punto de vista, este canal reportaría inmensos beneficios a la localidad, pues de este modo se impediría que el canal recibiera los desagües de la población, lo que a la larga infestaría el canal, lago y antepuerto.

El servicio de agua potable puede hacerse derivándola de la Laguna de agua dulce (*Fresh Water Lagoon* de la carta inglesa N° 1.312).

Esta agua es perfectamente potable y el lago se encuentra como a 30 m sobre el plano de Llico.

Una vez ejecutadas las obras de Llico, se tendrá, como ya lo hemos dicho, un magnífico puerto casi medianero entre Valparaíso y Talcahuano. Sus beneficios no sólo se extenderán a la zona del valle central sino, también, a una gran parte de la región de la costa.

La producción del trigo, cebada, etc., hoy muy limitada por la falta casi absoluta de caminos y puertos seguros de embarque, tomarán un rápido incremento con la creación de un puerto como el del lago de Vichuquén que, además de su gran extensión, reúne las condiciones de dar facilidades para la carga y descarga de naves como no las tiene ningún otro puerto de la república. El abrigo absoluto contra los vientos hará que los trabajos se hagan sin interrupción, y como el lago ofrece grandes profundidades cerca de sus orillas, la carga y descarga de las naves,

puede hacerse por el intermedio de ligeras construcciones de madera, en algunas localidades convenientemente elegidas, estas operaciones podrían hacerse por medio de grúas colocadas en tierra que podrían tomar o dejar la carga directamente en la bodega del buque.

Estas circunstancias harán que Llico sea el puerto preferido para el comercio, porque la residencia de las naves será en extremo cómoda y muy breve, todo lo cual se traduce en enormes economías.

Las obras de Llico impondrán al Estado fuertes sacrificios de dinero, pero que a la larga serán compensados con usura.

Desde luego el servicio naval de la república puede ser concentrado ahí y su administración será por tanto breve, fácil y económica.

Los productores verán que los fletes disminuirán para algunas regiones del valle central hasta en un cincuenta por ciento y los gastos de embarque y desembarque serán reducidos a un *minimum*.

Como complemento de aquellos trabajos, vendrá más pronto o más tarde la construcción de buenas vías de comunicación de todo el litoral hacia aquel fuerte, y juzgo que la más importante de todas sería la que uniera la boca del Mataquito con el lago. De este modo se darían grandes facilidades a los exportadores del departamento de Curepto y del litoral de Vichuquén, que hoy se ven obligados a ir a Constitución por pésimos y largos caminos.

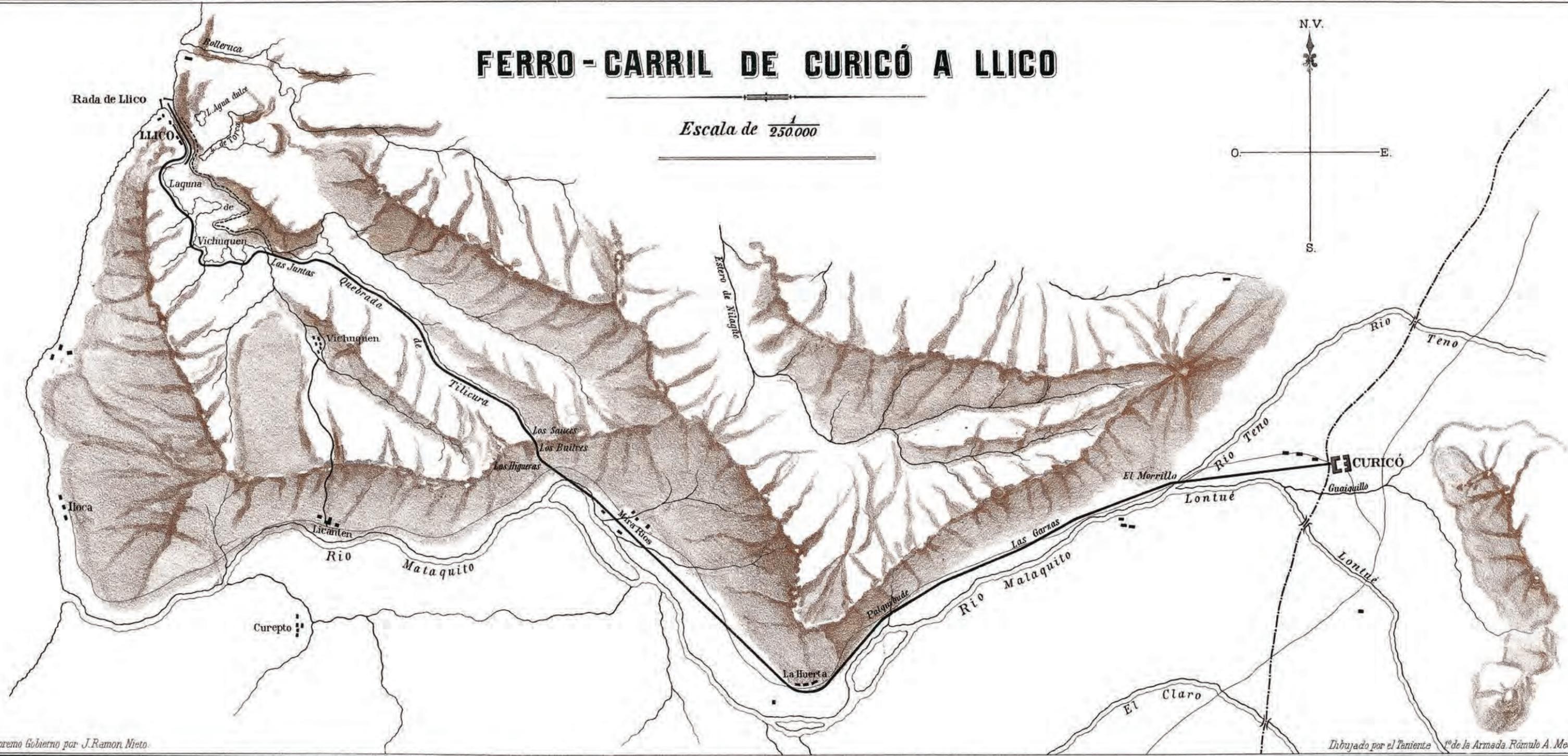
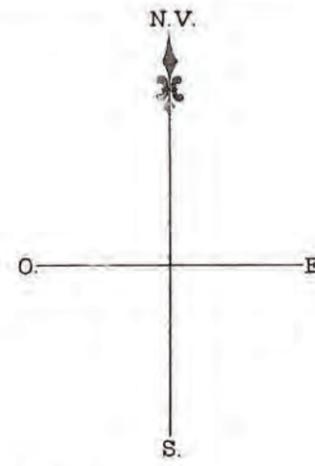
El camino de la orilla del mar es bueno entre Iloca y la quebrada de Lipimávida; desde este punto a Llico sólo habría que hacer unos quince kilómetros y de este modo se evitaría el camino actual que desde Lipimávida comienza a ganar las cumbres (200 a 250 m) para bajar otra vez a la orilla del lago, cerca de Llico.

Santiago, agosto de 1888

J. RAMÓN NIETO
Ingeniero civil
de la Universidad de Chile

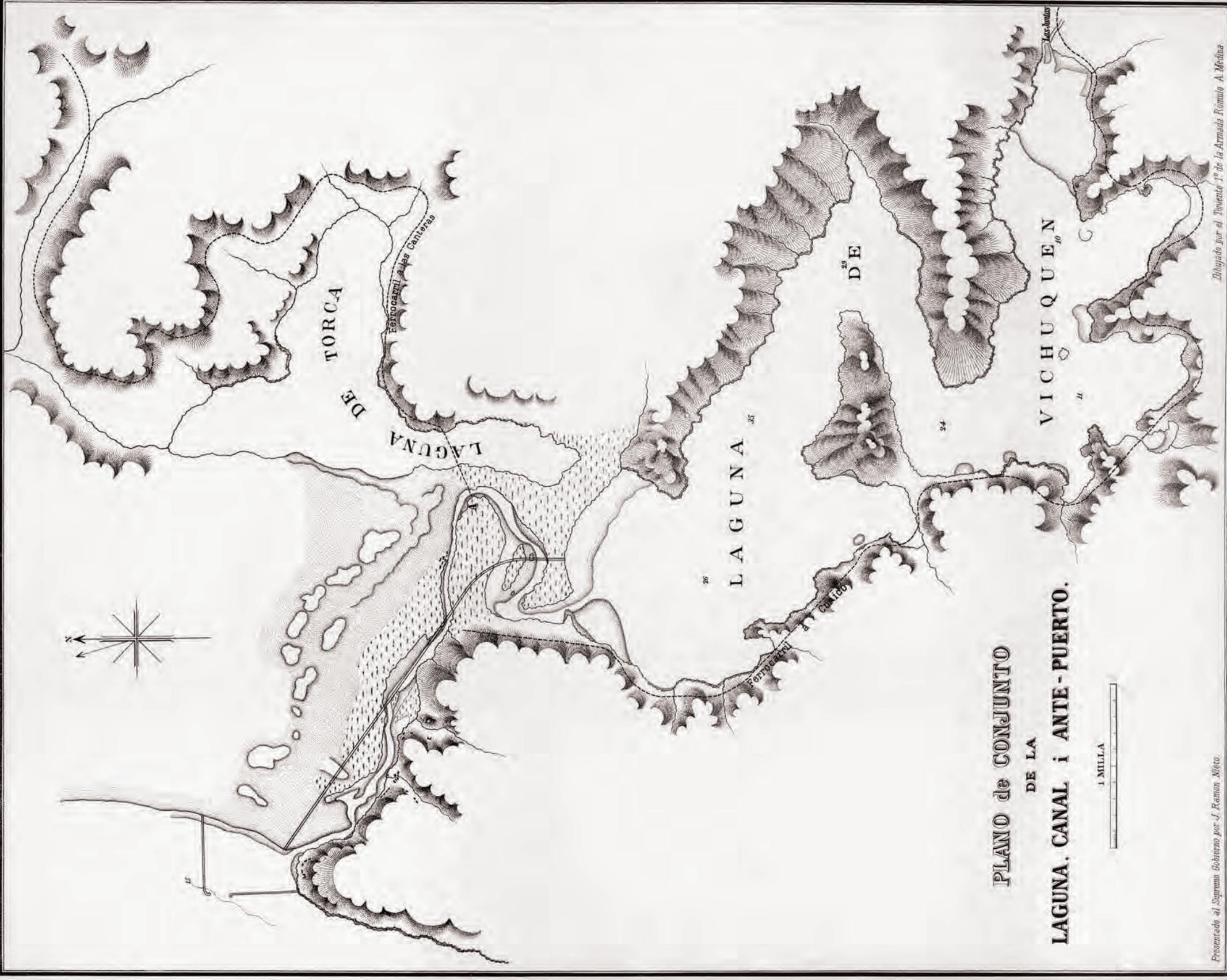
FERRO - CARRIL DE CURICÓ A LLICO

Escala de $\frac{1}{250.000}$



Presentado al Supremo Gobierno por J. Ramon Nieto.

Dibujado por el Teniente 1º de la Armada Rómulo A. Medina.



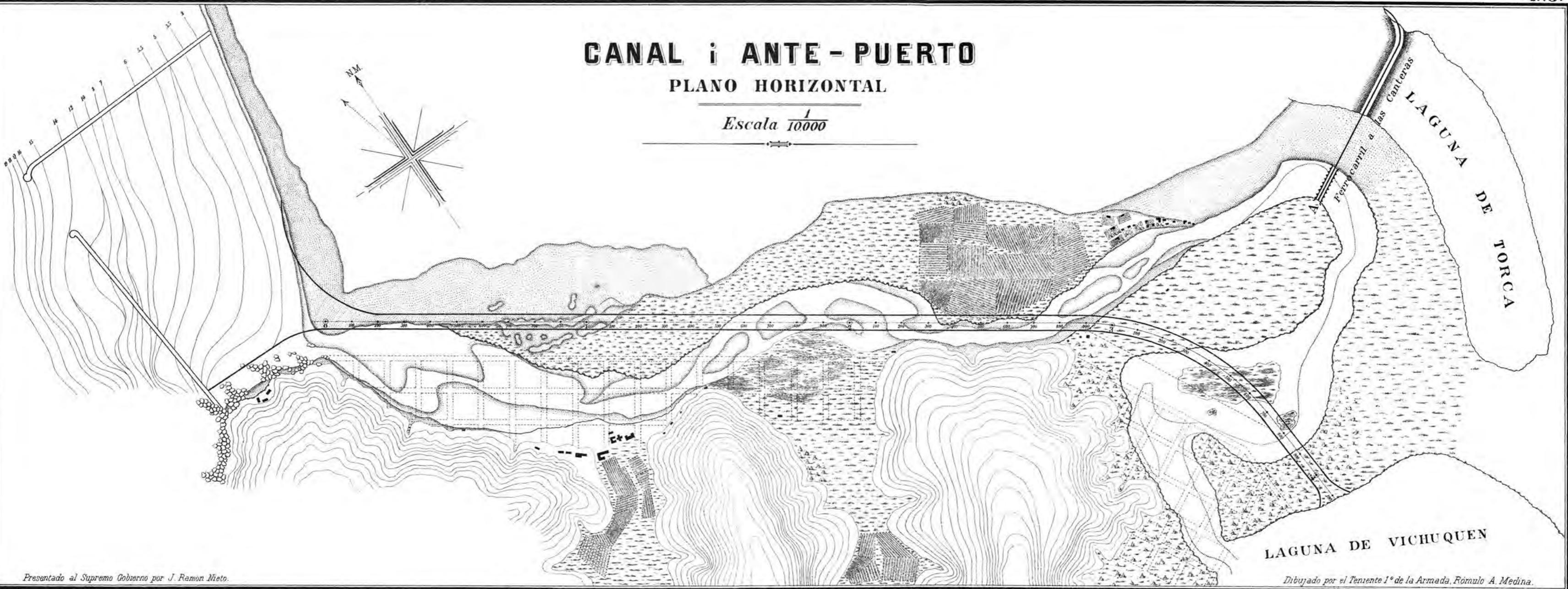
**PLANO de CONJUNTO
DE LA
LAGUNA, CANAL i ANTE-PUERTO.**

1 MILLA

CANAL i ANTE - PUERTO

PLANO HORIZONTAL

Escala $\frac{1}{10000}$



Presentado al Supremo Gobierno por J. Ramon Nieto.

Dibujado por el Teniente 1º de la Armada, Rómulo A. Medina.

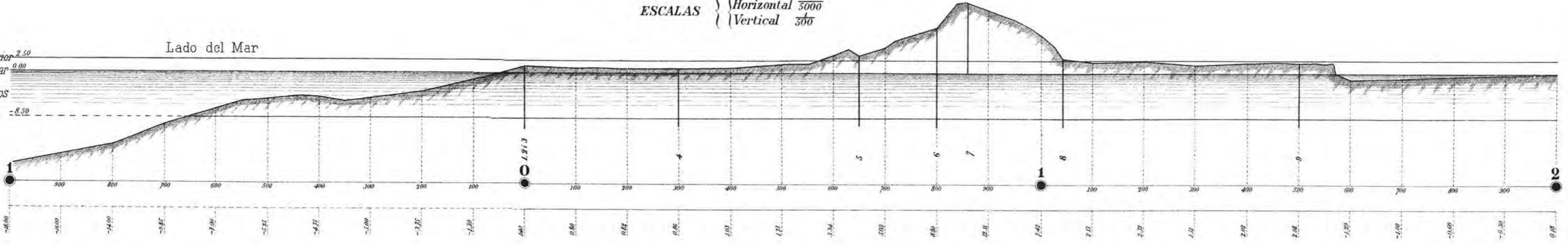
PERFIL LONJITUDINAL

ESCALAS { Horizontal $\frac{1}{5000}$
Vertical $\frac{1}{300}$

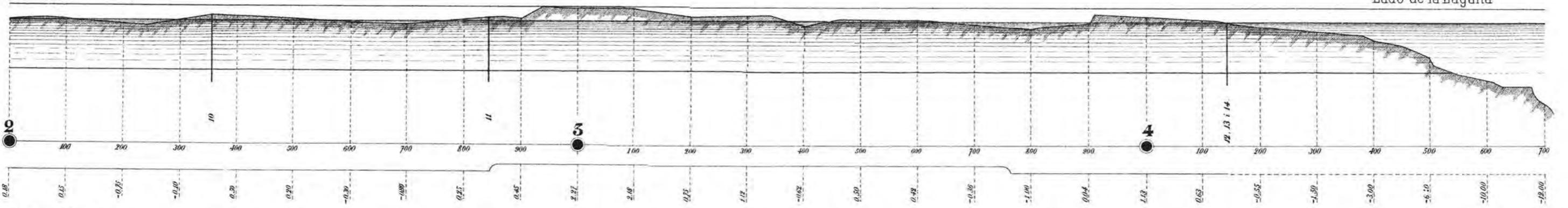
Lado del Mar

Nivel jeneral superior 2.50
Nivel medio del mar 0.00
Sondajes jeológicos
Solera del canal -8.50

Distancia horizontal
Rectas i curvas
Cotas del terreno



Lado de la Laguna

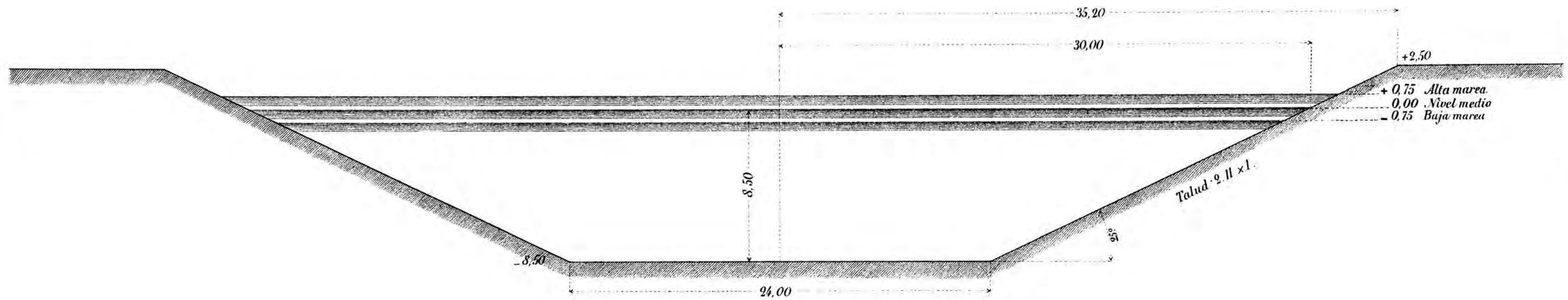


Presentado al Supremo Gobierno por J. Ramon Nieto.

Dibujado por el Teniente 1º de la Armada, Romulo A. Medina.

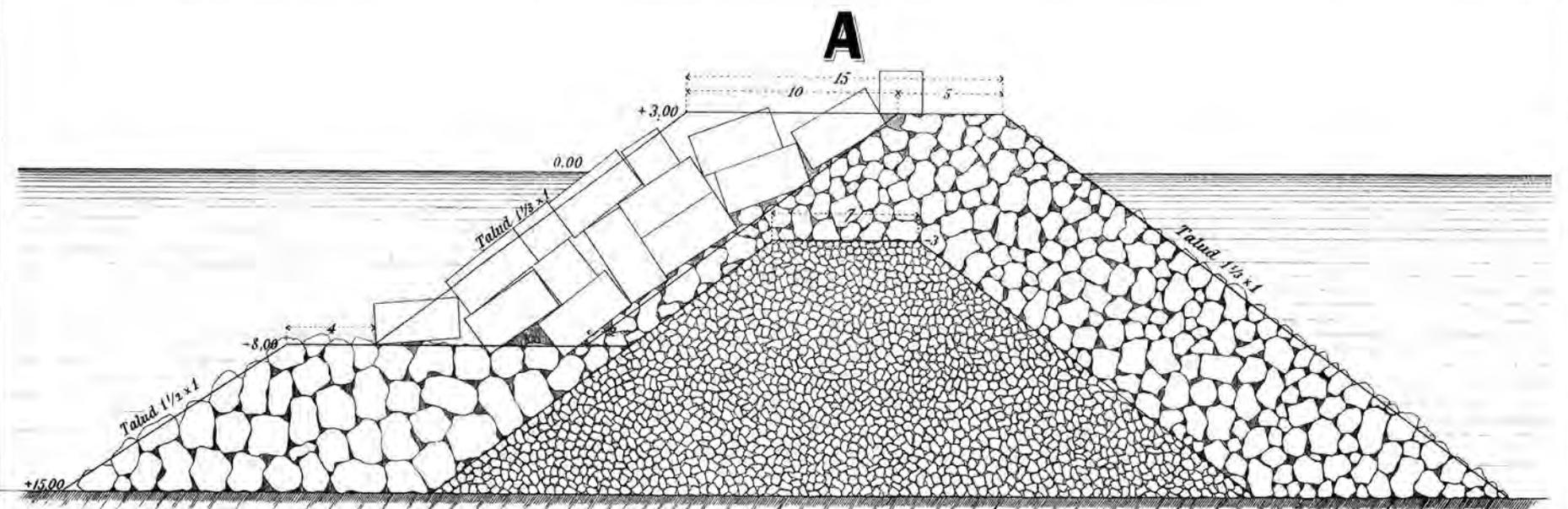
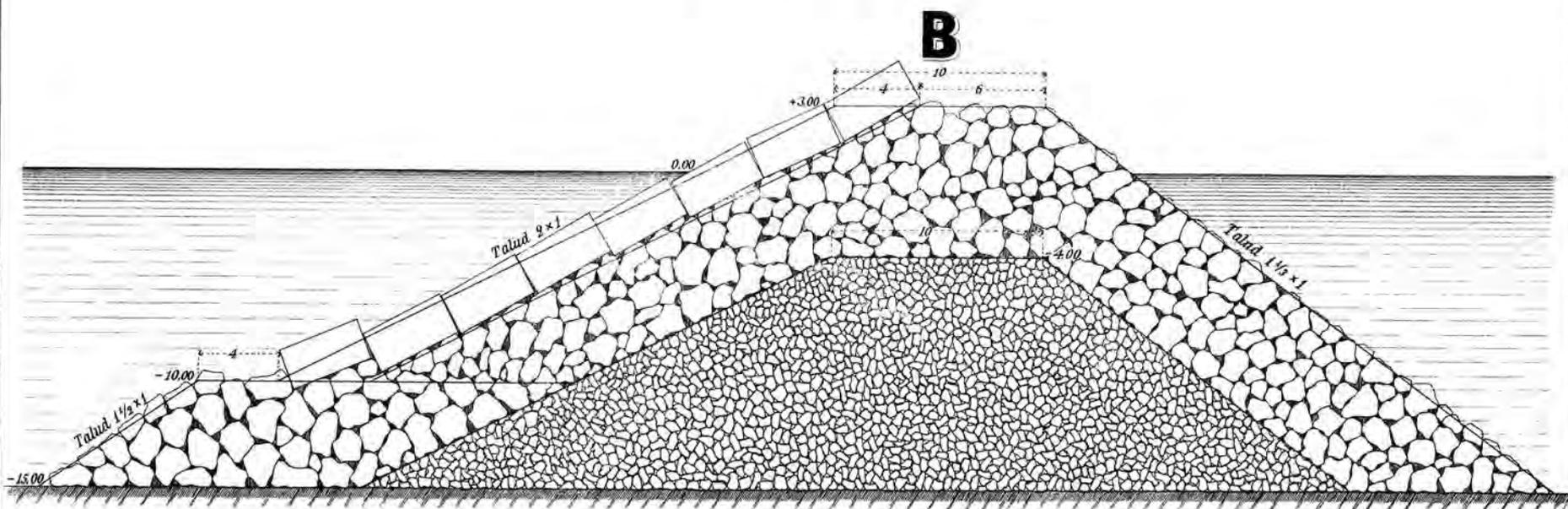
PERFIL TRANSVERSAL TIPO DEL CANAL

Escala de $\frac{1}{200}$.



PERFIL TIPO DE LOS MOLOS

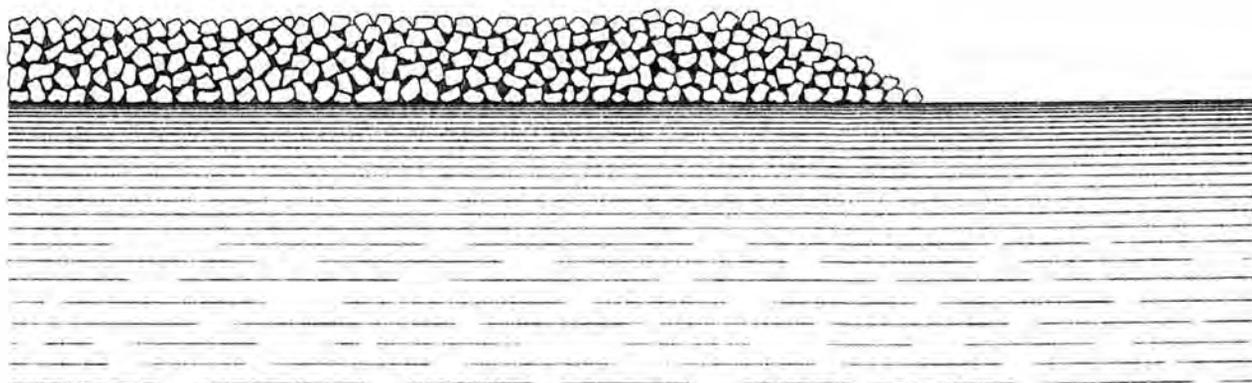
Escala $\frac{1}{200}$



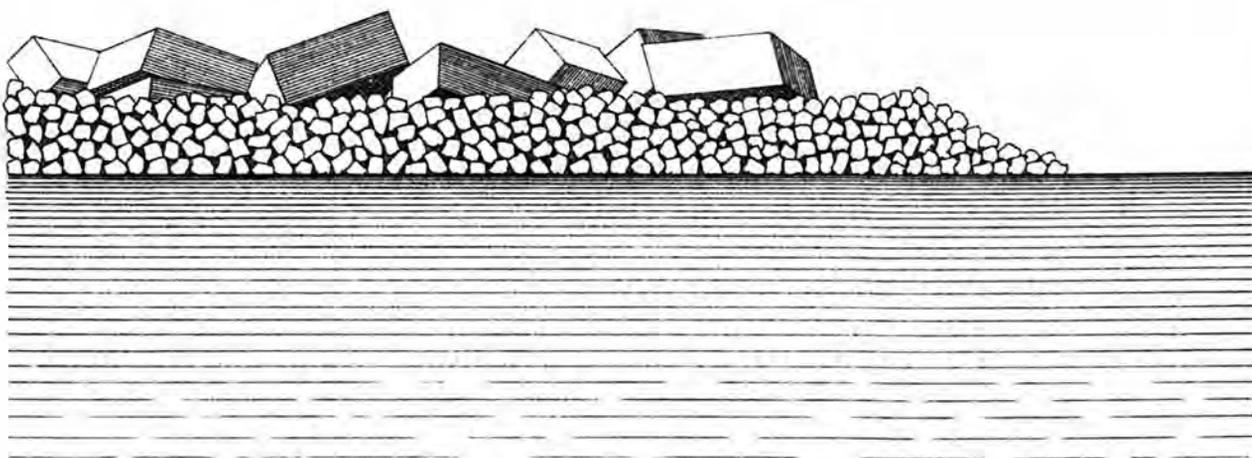
PERFIL DE LOS MOLOS EN EJECUCION



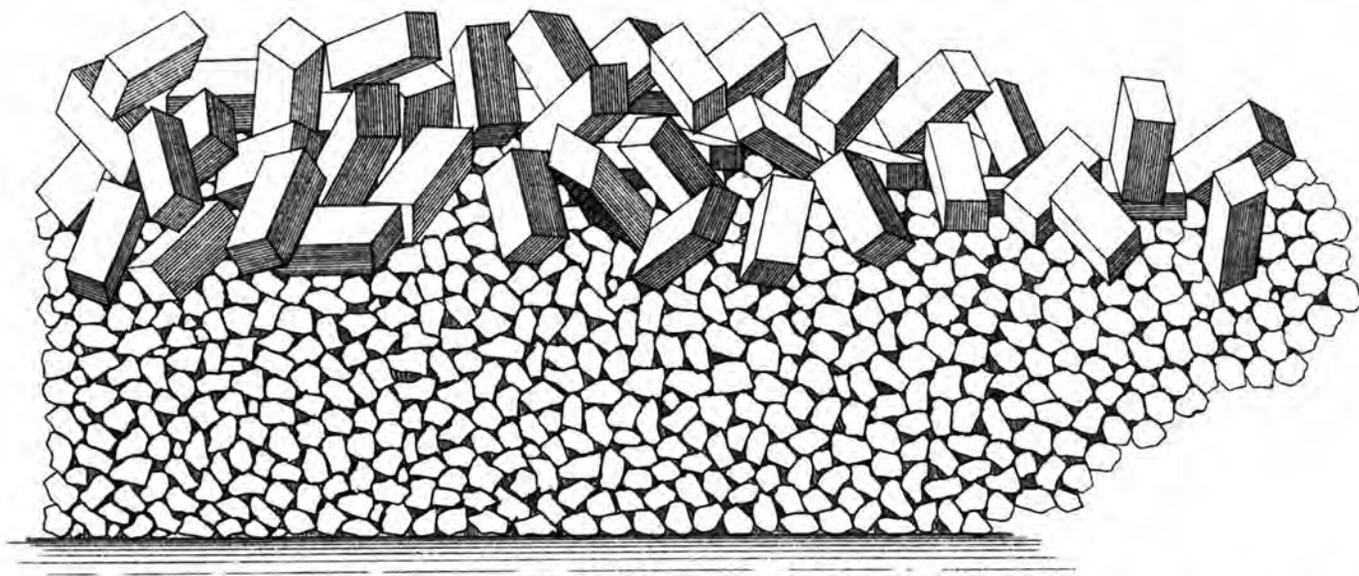
*Lado del Puerto.
Enrocados.*



*Lado del Puerto.
Enrocados i
Sillares.*



Vista horizontal de un Tajamar en ejecucion.



ESTUDIO DEL SEÑOR RAFAEL POTTIER
ACERCA DEL PROYECTO
DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN

RAPPORT PRÉSENTÉ AU DIRECTEUR GÉNÉRAL
DES TRAVAUX PUBLICS PAR L'INGÉNIEUR
M. RAPHAEL POTTIER SUR LE PROJET
D'UN PORT DANS LE LAC DE VICHUQUÉN

Monsieur le directeur:

J'ai l'honneur de vous remettre le rapport que vous m'avez chargé de faire sur le projet de construction d'un port dans le lac de Vichuquén.

Ci-joint le résultat des sondages opérés par M. Medina.

Recevez, monsieur le directeur, l'expression de mes sentiments respectueux dévoués.

RAPHAËL POTTIER
Ingénieur

Santiago, le 25 décembre 1888.

RAPPORT SUR LE PROJET DE CONSTRUCTION D'UN PORT
DANS LE LAC DE VICHUQUÉN

Santiago, le 15 décembre 1888

LE LAC

La situation du lac de Vichuquén, dont la superficie est de 1.500 hectares offre de grands avantages pour y établir un port de guerre, un port commercial, et un port de refuge pour les navires de toutes espèces.

En effet, protégé comme il l'est par de hautes montagnes, il se trouve à l'abri des vents et jouit d'un calme parfait dans toute son extension. D'autre part, l'entrée longue et étroite qui le mettra en communication avec la mer réunit les conditions désirables pour en défendre l'accès.

Comme profondeur, il permet le mouillage des bateaux dans toute son étendue.

Les sondages d'eau exécutés ont accusé un fond de sable fin mélangé de coquillages, depuis la rive jusqu'à la profondeur de m 9,25. À partir de cette cote et avançant vers le large, le fond présente de la vase noire, d'abord assez consistante et devenant plus liquide ensuite avec l'augmentation en profondeur.

Les sondages géologiques, donnent jusqu'à 19 mètres sous le niveau du lac, du sable fin mélangé de coquillages qui diminuent graduellement pour arriver au sable pur, comme l'indiquent les résultats qui accompagnent ce rapport.

Cette circonstance vient à l'encontre des sondages exécutés à l'entrée du canal, et concoure à établir que le sous sol du lac est un terrain homogène.

CANAL

Tracé

Le tracé du canal se compose de deux droites: l'une partant de la baie de Llico et mesurant 2.841 mètres; l'autre aboutissant au lac, de 363 mètres. Ces deux droites sont réunies par une courbe de 1.000 mètres de rayon ayant sa convexité du côté Nord Est.

Ce tracé présente la facilité pour la navigation étant droit sur les deux tiers de son parcours.

D'autre part, il présente l'inconvénient de couper la dune sur une longueur de 450 mètres. A 850 mètres de la rive elle atteint une hauteur de 14 mètres au dessus du zéro correspondant aux mers moyennes.

Les sondages géologiques accusent en cet endroit du sable fin et vase en faible proportion, et à la cote + 0,70 une couche de terre végétale de m 1,50 d'épaisseur.

Le mouvement des sables par le vent est arrêté à la surface; la dune en cet endroit est même recouverte de végétation. Cependant il ne serait pas prudent d'y creuser la section du canal, car le danger permanent du charriage de ces sables me paraît trop grave.

Cet état des choses m'oblige à proposer de prendre une autre direction, vu que la configuration topographique de la vallée le permet.

A cet effet, il sera préférable de remplacer la droite partant de la rade de Llico par une courbe dont le rayon pourra atteindre 1.500 mètres et ayant sa concavité vers le Nord; cette forme de tracé entraîne une seconde courbe de même rayon et en sens inverse de la première.

La topographie de la vallée et les sondages géologiques exécutés dans l'ancien tracé, portent à croire que le terrain est uniforme dans toute son étendue; de sorte

qu'on ne rencontrera, par ce changement, pour creuser la section du canal, que des terrains dragables.

Ce tracé est un peu plus long, mais les terrassements et dragages seront réduits par le fait d'éviter la traversée de la dune.

Dimensions

Les dimensions adoptées pour la section du canal, dans le projet de monsieur Nieto, permettant la navigation, aux blindés de la marine nationale et aux plus grands steamers de la marine marchande faisant le voyage du Chili; ces dimensions sont suffisantes pour l'établissement du port. Si dans l'avenir les dimensions des navires augmentent, il sera toujours facile de proportionner l'agrandissement de la section élue par des dragages ultérieurs.

AVANTPORT

La direction des môles de l'avantport étant établie dans le projet et acceptée dans les réunions du conseil, examinons les avantages et inconvénients qu'amèneront leur déplacement vers le sud en conservant la même orientation.

Le sud de la baie de Llico se présente en falaise, la profondeur d'eau est beaucoup plus grande à une distance rapprochée de la côte; de manière qu'un des môles placé en cet endroit serait beaucoup réduit en longueur et par là même il y aurait une sérieuse économie à réaliser.

Ce changement entraînerait les inconvénients suivants:

- 1° L'entre e dans l'avantport amènerait la navigation très près de la cote.
- 2° Le mouvement des sables apportés par les vagues dans la baie et repris ensuite par les vents du Nord Ouest ne serait pas arrêté, ce qui pourrait amener la formation de nouvelles dunes et l'agrandissement des autres déjà existantes.
- 3° Réduction considérable de l'étendue de l'avantport.
- 4° La direction des vagues produites par les vents du Nord Ouest, qui sont les plus impétueux, viendrait se briser à l'embouchure du canal et nécessiterait un revêtement coûteux des deux berges. D'autre part le déplacement de cette embouchure ne peut se reporter vers le sud à cause de la proximité des roches.

Pour ces différentes raisons, il serait préférable de laisser aux môles leur position, celle-ci étant plus rationnelle.

Entrée de l'avantport

L'extrémité des moles se trouvant en plein courant vu leur saillie sur le littoral garantit pour l'entrée la profondeur d'eau à l'extérieur.

On se trouve à Llico dans des conditions assez désavantageuses, les courants de la mer entraînent du sable et de la vase provenant des apports des rivières et de la désagregation des roches schisteuses de la côte.

Pour l'intérieur de l'avantport des dépôts de sable de peu d'importance sont probables à la marée montante.

On ne peut cependant pas dire que l'entreprise de cette construction soit, pour cette raison, hasardeuse; car il est de règle général que l'on doit s'attendre à des dragages après l'exécution d'un port se présentant dans de telles conditions.

Le grand point à prendre en considération est que ces coûteuses installations serviront dans l'avenir à un trafic assez considérable pour en payer l'entretien.

PORT COMMERCIAL

Les installations du port se feront là où l'on aura la plus grande facilité. Comme le projet à réaliser a pour but de relier le lac avec la mer, il est tout naturel de penser à y établir le port commercial.

La situation topographique, aux deux côtes de l'embouchure du canal dans le lac s'y prête parfaitement.

Il ne sera pas non plus indifférent de choisir l'un ou l'autre côte de cette embouchure; les communications avec l'intérieur du pays par le chemin de fer indiquent le côte sud.

L'étendue des terrains dans le fond de la vallée est très considérable et permet d'y établir une ville de la plus grande importance. L'endroit le moins éloigné de l'avantport paraît s'imposer pour le choix de l'emplacement.

Murs de quai

Le port en lui-même entraîne la construction de murs de quai ou de môles permettant aux bateaux de tout calage un accostage facile.

Dans le but de centraliser les installations et le trafic, on pourrait établir un mur de 600 mètres de longueur avec deux môles places à 150 mètres de chaque extrémité et ayant 100 mètres de longueur sur 20 mètres de large chacun, ce qui donne un total de 1.000 mètres d'accostage.

Les murs de quai devant se faire dans un terrain essentiellement perméable et leur fondation, atteignant une profondeur minimum de m 11,20 sous le 00 des mers moyennes; le plus sûr et le plus rapide pour la construction sera l'emploi de l'air comprimé pour les fondations.

Dimensions des murs (Voir croquis).

Largeur au couronnement	m	1,90
Largeur à la base de la partie en élévation	m	5,50
Largeur à la base de la fondation	m	6,50
Hauteur de la partie en élévation	m	10,00
Hauteur du mur au dessus des mers moyennes	m	1,50
Hauteur de la fondation	m	2,70

Fruit de 1/10 au parement extérieur sur une hauteur de 5 mètres à partir de la fondation.

Fruit de 1/20 jusqu'au couronnement soit sur 5 mètres de hauteur.

Les caissons auront 20 m de longueur sur m 6,50 de large et 2,70 de hauteur.

Le raccord des murs entre les caissons consécutifs se fera par remplissage de béton coulé sous-eau et maintenu par deux panneaux en bois.

Les môles, également en maçonnerie, se composent d'une double rangée de murs dont les dimensions de chacun d'eux seront les mêmes que précédemment.

Môle supplémentaire dans l'avantport

Pour éviter aux steamers la navigation jusqu'au lac, on pourrait construire, sur le talus d'un des moles d'abri, une estacade en bois d'une longueur de 100 mètres d'accostage leur permettant de débarquer passagers et chargement et de continuer leur voyage sans retard préjudiciable.

DEVIS ESTIMATIF

Dragages

Pour faire les dragages il faudra employer des appareils assez puissants pour creuser le chenal de l'avantport:

Une grande drague pouvant aller jusqu' à 15 mètres sous le niveau de l'eau.

Une autre moins puissante pour creuser de 3 à 7 mètres.

Bateaux porteurs, chaland et débarquement.

Matériel estimé à 1.294.600 piastres.

Volume total à draguer:

200.000 m³ p.^r le chenal d'avantport.

1.966.649 m³ p.^r la section du canal.

62.475 m³ p.^r le chenal dans le lac.

360.000 devant les murs de quai.

Soit 2.589.124 m³

Pour amortir entièrement la valeur du matériel nous obtenons de ce chef \$0,50 par mètre cube.

En comptant pour le dragage proprement dit et transports:

I. \$0,60 par m³ dans l'avantport et dans le lac.

II. \$0,50 par m³ dans le canal; nous obtenons:

200.000 m ³	pour le chenal dans l'avantport à raison de (0,60+0,50) soit \$1,10 par m ³	\$ 220.000
1.966.649 m ³	pour la section du canal à raison de (0,50+0,50) soit \$1,00 par m ³	\$ 1.966.649

62.475 m ³	pour le chenal dans le lac à raison de (0,60+0,50) soit \$1,10 le m ³	\$ 68.722
360.000 m ³	de dragage devant les murs de quai à raison de (0,60+0,50) soit \$1,10	\$ 396.000

PIERRES POUR LES MOLES

Le prix de 6 piastres par mètre cube, de pierres submergées, me paraît insuffisant, prenant en considération les installations à faire dans la carrière; c'est à dire arriver à un front de taille de 30 mètres avec trois gradins de 4 mètres.

J'ai porté la pierre au prix de \$ 6,25 par mètre cube.	
623.700 mètres cubes à \$ 6,25	\$ 3.898.125

BLOCS ARTIFICIELS

L'emploi des appareils flottants n'étant pas possible pour faire l'immersion des blocs à Llico, vu le mauvais état de la mer; il faudra recourir aux appareils fixes sur le môle.

Un titan de 350 tonnes pouvant porter les blocs à 28 mètres de l'axe; deux presses hydrauliques de m 0,40 de diamètre pour soulever les blocs et les placer sur le truc; un truc de transport et une voie ferrée sur une longueur de 1.000 mètres et un accumulateur hydraulique avec ses accessoires.

Matériel estimé à la somme de \$1.650.000.

Tenant compte de l'amortissement complet de ce matériel nous obtenons de ce chef le prix de \$14 par mètre cube de béton.

Pour l'exécution des blocs le prix du mètre cube de béton a été choisi au prix de \$ 16.

117.000 mètres cubes a (14+16) soit \$30	\$ 3.510.000
--	--------------

PORT COMMERCIAL

600 mètres de mur de quai.

Les prix d'unité servant à l'établissement de la valeur du mètre courant de mur sont les suivants:

Fonçage dans le caisson à raison de	\$ 4,10	le m ³
Bétonnage dans le caisson à raison de	\$ 20	le m ³
Bétonnage sur le caisson à raison de	\$ 12	le m ³
Maçonnerie en moellons bruts à raison de	\$ 12	le m ³
Maçonnerie en moellons piqués à raison de	\$ 25	le m ³
Tablette (pierre de taille) à raison de	\$ 50	le m ³

Bois pour pieux d'accostage à raison de	\$ 25	le m ³
Fonte à raison de	\$ 0,20	le kilog
Fer à raison de	\$ 0,25	le kilog

Ce qui revient approximativement à 1.700 piastres le mètre courant.
 600 mètres mur de quai à 1.700 piastres \$ 1.020.000

MOLES DU PORT COMMERCIAL

Une double file de caissons dont chacune aura la même section que le mur de quai.
 Pour obtenir la largeur de 20 mètres, l'espace nécessaire entre les deux files de caissons est de ms 10.30.

2 môles de 100 mètres de long chacun, à 3.500 piastres le mètre courant \$700.000

CHEMIN DE FER POUR ALLER A LA CARRIERE

12 kilomètres a 15.000 piastres kilm.	\$	180.000
Un phare de 2 ^{me} ordre	\$	15.000
Un phare de 6 ^{me} ordre	\$	5.000
Passerelle d'accès pour les phares:		
2.000 mètres à 10 piastres le mètre	\$	20.000
Jeux de lumière:		
10 lumières et phare du lac, etc.	\$	5.000
Môle supplémentaire dans l'avant-por:		
100 mètres à 500 piastres le mètre	\$	50.000

RÉSUMÉ

Dragages	\$	2.651.371
Pierres pour les môles	\$	3.898.125
Blocs artificiels	\$	3.510.000
Chemin de fer pour la carrière	\$	180.000
Phare de 2 ^{me} ordre	\$	15.000
Phare de 6 ^{me} ordre	\$	5.000
Passerelle	\$	20.000
Jeux de lumière	\$	5.000
Murs de quai	\$	1.020.000
Môles	\$	700.000
Môle supplémentaire	\$	50.000
	\$	12.054.496

NOTE

DE M. RAPHÄEL POTTIER PRÉSENTÉE À M.
LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES TRAVAUX PUBLICS SUR LE CUBE
DES MÔLES DU PROJET D'AVANTPORT DANS LA BAIE DE LLICO

Monsieur le directeur:

J'ai l'honneur de vous informer que le cube des matériaux qui entre dans les môles, imposés par la commission de messieurs les marins, est approximativement le même que celui indiqué dans les môles de monsieur Nieto.

Le tracé de ces môles est fait au crayon et à si petite échelle que l'on ne peut pas en évaluer le cube même approximativement.

En mesurant les distances et relevant des profils en travers j'ai obtenu 3% en moins du cube de monsieur Nieto.

Je dois répéter que ce cube ne peut être considéré comme exact.

Le cube des dragages à faire dans l'avantport de messieurs les marins est de 1.230.200 mètres cubes pour mètres le fond à un minimum de ms 8,50 et en laissant un espace de 100 mètres le long des môles sans draguer.

INFORME PRESENTADO
AL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
POR EL INGENIERO SEÑOR RAFAEL POTTIER
RELATIVO AL PROYECTO
DE UN PUERTO EN EL LAGO DE VICHUQUÉN

Señor director.

Tengo el honor de remitirle el informe que me ha pedido referente al proyecto de construcción de un puerto en el lago de Vichuquén.

Le adjunto el resultado de los sondeos que ha hecho el señor Medina.

Reciba, señor director, la expresión de mis sentimientos de respeto y consideración.

RAFAEL POTTIER
Ingeniero

Santiago, 25 de diciembre de 1888.

INFORME SOBRE EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
DE UN PUERTO EN EL LAGO DE VICHUQUÉN

Santiago, 15 de diciembre de 1888

EL LAGO

La situación del lago Vichuquén, cuya superficie es de 1.500 hectáreas, ofrece grandes ventajas para establecer un puerto militar, comercial y de refugio para las naves de cualquier especie.

En efecto, protegido como está por elevados cerros, se halla al abrigo de los vientos y goza de una calma perfecta en toda su extensión. Por otra parte, la entrada larga y estrecha que lo pondrá en comunicación con el mar reúne las condiciones deseables para defender su acceso.

Por su profundidad, permite fondear las naves en cualquier punto de su extensión.

Los sondeos practicados para conocer la hondura acusan un fondo de arena fina mezclada con conchuelas, desde la orilla hasta la profundidad de ms 9,25. A partir de esta cota y avanzando hacia el centro, el fondo se compone de limo negro, bastante consistente al principio y más líquido después a medida que aumenta la profundidad.

Los sondeos geológicos dan, hasta 19 m bajo el nivel del lago, arena fina mezclada con conchuelas cuya proporción disminuye gradualmente hasta quedar la arena pura, como lo indican los anexos que acompañan a este informe.

Esta circunstancia confirma los sondeos practicados en la entrada del canal y todo concurre para establecer que el subsuelo del lago es un terreno homogéneo.

CANAL

Trazado

El trazado del canal se compone de dos rectas de las cuales una parte de la bahía de Llico y mide 2.841 m; la otra termina en el lago, de 363 m. Estas dos rectas se reúnen por una curva de 1.000 m de radio y que vuelve su convexidad hacia el NE.

Este trazado presenta facilidades para la navegación, puesto que es recto en los dos tercios de su trayecto.

Por otra parte, tiene el inconveniente de cortar la duna en una longitud de 450 m. A 850 m ésta alcanza una altura de 14 m sobre el cero que corresponde al nivel de la marea media.

Los sondeos geológicos indican, en este punto, la existencia de arena fina y limo en pequeña proporción hasta la cota +0,70 donde se presenta una capa de tierra vegetal de m, 1,50 de potencia.

El movimiento de las arenas por el viento sólo tiene lugar en la superficie, la duna en este punto está aún cubierta por vegetación. Sin embargo, no sería prudente abrir ahí el lecho del canal, pues el peligro permanente del transporte de estas arenas me parece demasiado grave.

Este motivo me obliga a proponer un cambio de dirección ya que la configuración topográfica del valle lo permite.

Con este objetivo, es preferible reemplazar la recta que parte de la rada de Llico por una curva cuyo radio puede llegar hasta 1.500 m, volviendo su concavidad hacia el norte, este trazado obliga a usar una segunda curva del mismo radio y en sentido inverso de la primera.

La topografía del valle y los sondajes geológicos ejecutados en el antiguo trazado, tienden a establecer que el terreno es uniforme en toda su extensión; de manera que en este cambio sólo se encontrarán terrenos dragables para abrir la cuneta del canal.

Este trazado es un poco más largo, pero los movimientos de tierra y dragajes se reducirán por el hecho de evitar el corte de la duna.

Dimensiones

Las dimensiones adoptadas para la sección del canal en el proyecto del señor Nieto, ya que permiten la navegación a los blindados de la marina nacional y a los mayores vapores de la marina mercante que recorren las costas de Chile, son suficientes para el establecimiento del puerto. Si en el porvenir las dimensiones de los navíos aumentan será siempre fácil efectuar el ensanche de la sección elegida por medio de dragajes ulteriores.

ANTEPUERTO

Habiéndose establecido la dirección de los molos del antepuerto en el proyecto del señor Nieto y aceptada en las reuniones del Consejo de Obras Públicas, examinemos las ventajas e inconvenientes que traería su translación hacia el sur, conservando la misma orientación.

El sur de la bahía de Llico presenta una rápida pendiente y la profundidad del agua es mucho más considerable a una corta distancia de la costa, de manera que uno de los molos colocados en este punto se reduciría mucho en longitud y por consiguiente se realizaría una seria economía.

Este cambio ocasionaría los inconvenientes siguientes:

- 1° La entrada al antepuerto obligaría a navegar muy de cerca de la costa.
- 2° El movimiento de las arenas arrastradas por las olas dentro de la bahía y tomadas, enseguida, por los vientos del NO, no se detendría, lo que provocaría la formación de nuevas dunas y el aumento de las existentes.
- 3° Se reduciría considerablemente la extensión del antepuerto.
- 4° Las olas producidas por los vientos del NO, que son los más impetuosos, se romperían en la embocadura del canal, lo que obligaría a construir un costoso revestimiento de las dos orillas. Por otra parte, no se puede mover esta embocadura hacia el sur a causa de la proximidad de las rocas.

Por estas diversas razones es preferible dejar a los molos en su posición, puesto que ésta es más racional.

Entrada del antepuerto

Hallándose la extremidad de los molos en plena corriente, por su salida sobre el litoral, es claro que se tiene buena profundidad de agua en su exterior.

Hay en Llico condiciones bastante desventajosas, pues las corrientes del mar arrastran arena y limo provenientes de los transportes de los ríos y de la desagregación de las rocas esquitosas de la costa.

Es probable que con el flujo se deposite la arena en corta cantidad dentro del antepuerto.

No se puede decir, sin embargo, que el emprender esta construcción sea, por esta razón, arriesgado, pues, es regla general la necesidad de dragajes después de la ejecución de un puerto que se presenta en tales condiciones.

El punto capital que hay que tomar en consideración es que estas costosas instalaciones servirán en el porvenir a un tráfico bastante considerable para pagar su conservación.

PUERTO COMERCIAL

Las instalaciones del puerto se harán donde se tenga la mayor facilidad. Como el proyecto que se trata de realizar tiene por objetivo unir el lago con el mar, es natural pensar en establecer en aquél el puerto comercial.

La situación topográfica, a ambos lados de la embocadura del canal en el lago, se presta perfectamente para esto.

Sin embargo, no es indiferente la elección de uno u otro lado de esta embocadura: las comunicaciones con el interior del país por medio del ferrocarril indican el lado sur.

La extensión de los terrenos en el fondo del valle es muy considerable y permite establecer ahí una ciudad de la mayor importancia. El paraje más próximo al antepuerto parece imponerse para ser elegido como situación.

Malecones

El puerto obliga a construir malecones o muelles que permitan, a los barcos de cualquier calado, atracar fácilmente.

Con el fin de centralizar las instalaciones y el tráfico podría establecerse un malecón de 600 m de largo con dos muelles colocados a 150 m de cada extremidad y de 100 m de longitud por 20 m de ancho cada uno, lo que daría un total de 1.000 m de atraque.

Debiendo construirse los malecones sobre un terreno esencialmente permeable y alcanzando su fundación a una profundidad mínima de ms 11,20 bajo el cero de la marea media, el procedimiento más seguro y más rápido para la construcción es el empleo del aire comprimido para las fundaciones.

Dimensiones de los malecones (véase el croquis).

Ancho en el coronamiento	m	1,90
Ancho en la base de la parte sumergida en el aguam		5,50
Ancho en la base de la parte enterrada	m	6,50

Altura de la parte fuera del fondo	m	10,00
Altura del muro sobre la marea media	m	1,50
Altura de la fundación	m	2,70

Pendiente de 1/10 en el paramento exterior en una altura de 5 m a partir de la fundación.

Pendiente de 1/20 hasta el coronamiento, o sea, en 5 m de altura.

Los cajones tendrán 20 m de largo por 6,50 m de ancho y 2,70 m de alto.

La reunión de los muros entre los cajones consecutivos se hará rellinando con concreto colocado bajo agua y mantenido por tablonos de madera.

Los muelles, igualmente de albañilería, se componen de dos muros paralelos cuyas dimensiones, de cada uno en particular, serían las mismas que hemos indicado.

Muelle suplementario en el antepuerto

Para evitar a los vapores la navegación hasta el lago se podría construir sobre el talud de uno de los molos de abrigo, una estacada de madera que ofrezca una longitud de 100 m para el atraque, que les permita desembarcar pasajeros y carga y continuar su viaje sin retardo perjudicial.

PRESUPUESTO

Dragajes

Para hacer los dragajes será necesario emplear aparatos bastante potentes para abrir el canal en el antepuerto.

Una gran draga que alcance hasta 15 metros bajo el nivel del agua.

Otra menos potente para dragar desde 3 hasta 7 m.

Barcos cargadores, chatas y botes.

Material que se estima en 1.294.600 pesos.

Volumen total que hay que dragar:

200.000	m ³	en el canal del antepuerto
1.966.649	m ³	en la cuneta del canal
62.475	m ³	en el canal del lago
360.000	m ³	delante de los malecones
Total 2.589.124 m ³		

Para amortizar enteramente el valor del material obtenemos \$0,50 por m³.

Además, agregando para el dragado propiamente dicho y el transporte:

I. \$0,60 por m³ en el antepuerto y en el lago;

II. \$0,50 por m³ en el canal, obtenemos:

200.000 m ³	en el canal del antepuerto a razón de (0,60+0,50), o sea, \$1,10 por m ³	\$ 220.000
1.966.649 m ³	en la cuneta del canal a razón de (0,50+0,50), o sea, \$1,00 por m ³	\$ 1.966.649
62.475 m ³	en el canal del lago a razón de (0,60+0,50), o sea, \$1,10 el m ³	\$ 68.722
360.000 m ³	de dragaje delante de los malecones a razón de (0,60+0,50), o sea, \$1,10 por m ³	\$ 396.000

PIEDRAS PARA LOS MOLOS

El precio de 6 pesos por metro cúbico de piedras sumergidas me parece insuficiente tomando en consideración las instalaciones que hay que hacer en la cantera; es decir, teniendo un frente de talla de 30 m con tres gradas de 4 m.

J'ai porté la pierre au prix de \$6,25 par mètre cube.	
623.700 mètres cubes à \$6,25	\$ 3.898.125
He subido el precio de la piedra a 6 pesos 25 centavos el metro cúbico.	
623.700 metros cúbicos a \$6,25	\$3.898.125

BLOQUES ARTIFICIALES

No siendo posible emplear aparatos flotantes para hacer la inmersión de los bloques en Llico, por la braveza del mar, será necesario recurrir a aparatos fijos sobre los molos.

Un titán de 350 toneladas, que pueda colocar los bloques a 28 m del eje; 2 prensas hidráulicas de 0,40 m de diámetro, para levantar los bloques y colocarlos sobre el truc; 1 truc de transporte y una vía férrea de 1.000 m de longitud; 1 acumulador hidráulico con sus accesorios.

Material que estimo en 1.650.000 pesos.

Tomando en cuenta la amortización completa de este material obtenemos, por esta parte, el precio de 14 pesos por metro cúbico de concreto.

Por la ejecución de los bloques el precio del metro cúbico de concreto se ha estimado a razón de 16 pesos.

117.000 m ³ a (14+16) sea \$30	\$ 3.510.000
---	--------------

PUERTO COMERCIAL

600 m de malecón.

Los precios por unidad que sirven para establecer el valor del metro corrido de muro, son los siguientes:

Introducción del concreto dentro del cajón a razón de	\$ 4,10	el m ³
Colocación del concreto dentro del cajón a razón de	\$ 20	el m ³
Colocación del concreto sobre el cajón a razón de	\$ 12	el m ³
Albañilería de mampostes a razón de	\$ 12	el m ³
Albañilería de piedra tallada a razón de	\$ 25	el m ³
Sillares (piedra tallada) a razón de	\$ 50	el m ³
Madera para postes de atraque a razón de	\$ 25	el m ³
Fundición a razón de	\$ 0,20	el kg
Fierro a razón de	\$ 0,25	el kg

Lo que da próximamente 1.700 pesos por metro corrido.

600 metros de malecón a 1.700 pesos metro \$ 1.020.000

MUELLES DEL PUERTO COMERCIAL

Una doble hilera de cajones cada una de las cuales tendrá la misma sección del malecón.

Para obtener el ancho de 20 m el espacio necesario entre las dos filas de cajones es de 10,30 m.

Dos muelles de 100 m de largo cada uno, a 3.500 pesos metro corrido \$700.000

FERROCARRIL HASTA LA CANTERA

12 kilòmetres a 15.000 piastres kilm.	\$	180.000
12 kilòmetros a 15.000 pesos el kilòmetro	\$	180.000
Un faro de 2° orden	\$	15.000
Un faro de 6° orden	\$	5.000
Puente de acceso a los faros:		
2.000 metros a 10 pesos metro	\$	20.000
Juegos de luz:		
10 luces y faro del lago, etc.	\$	5.000
Muelle suplementario en el antepuerto:		
100 metros a 500 pesos metro	\$	50.000

RESUMEN

Dragados	\$	2.651.371
Piedras para los molos	\$	3.898.125
Bloques artificiales	\$	3.510.000
Ferrocarril hasta la cantera	\$	180.000
Faro de 2° orden	\$	15.000
Faro de 6° orden	\$	5.000
Puente	\$	20.000

Juegos de luz	\$	5.000
Malecón	\$	1.020.000
Muelles	\$	700.000
Muelle suplementario	\$	50.000
Total	\$	12.054.496

NOTA DEL SEÑOR R. POTTIER
DIRIGIDA AL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
REFERENTE AL CUBO DE LOS MOLOS
DEL PROYECTO DE ANTEPUERTO EN LA RADA DE LLICO

Señor director:

Tengo el honor de informar a Ud. que el cubo de los materiales que entra en los molos, impuestos por la comisión de la marina nacional, es aproximadamente el mismo que el indicado en los molos del señor Nieto.

El trazado de estos molos se ha hecho con lápiz y en escala tan pequeña que no se puede avaluar su cubo ni aun aproximadamente.

Midiendo las distancias y levantando perfiles transversales, he obtenido un 3% menos que el cubo hallado por el señor Nieto.

Debo repetir que este cubo no puede considerarse exacto.

El cubo de los dragajes que se deben hacer en el antepuerto según los marinos es de 1.230.200 m³ para dejar el fondo en un mínimo de 8,50 m y que quede sin dragar un espacio de 100 m a lo largo de los molos.

Santiago, 11 de mayo de 1889

R. POTTIER

INFORMES DEL SEÑOR RÓMULO MEDINA
PRESENTADOS AL INGENIERO DON RAFAEL POTTIER
RELATIVOS A SONDAJES GEOLÓGICOS PRACTICADOS
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN Y EN LA RADA DE LLICO

Llico, diciembre 6 de 1888

Tengo el honor de dar cuenta a Ud. de haber terminado el primer barreno geológico llevado a cabo por el infrascrito en cumplimiento de sus instrucciones y cuyo resultado es el siguiente.

Instalé el barreno el 19 del próximo pasado en el eje del canal en el kilómetro 4.505 m en la profundidad de poco más de 7 m de agua y quedó terminado el 4

del presente mes, habiendo alcanzado a penetrar en el terreno 12 m, quedando un total de 19 m relacionado al nivel del agua.

Desde el principio la sonda me señaló arena con conchuela, disminuyendo esta última a medida que profundizaba y mostrando al último arena sola.

Durante este tiempo quise hacer uso de la bomba, mas me fue imposible levantar cosa alguna con ella.

Ayer me constituí a bordo del *Toltén* y en compañía del capitán y de uno de los oficiales ejecuté en la mañana de hoy diversos sondajes en la bahía hasta la distancia de 4.500 m de la orilla, alertándome el escandallo arena fina en toda la localidad, no pasando la profundidad de 60 m en la mayor distancia, siendo la inclinación del fondo muy suave.

Estos sondajes pienso adelantarlos más para que sean más detallados.

Aun el estado del mar no me ha permitido efectuar sondajes geológicos en el antepuerto.

Mañana instalo la sonda en el segundo punto del eje del canal que Ud. se sirvió ordenarme en sus instrucciones.

Espero, señor, que estos trabajos estén a su satisfacción.

Dios guarde a Ud.

(Firmado)
RÓMULO MEDINA

Llico, diciembre 13 de 1888

Tengo el honor de dar cuenta a Ud. que ayer en la tarde quedó terminado el segundo barreno practicado en el lago, cumpliendo con las instrucciones que Ud. se sirvió impartirme por escrito.

El barreno fue situado en el eje del canal en el kilómetro 4.300 y a una profundidad de agua de 1,50 m.

Apurando los trabajos conseguí dejarlo a la profundidad de 11 m bajo el terreno que corresponde a 12,50 bajo el nivel del agua.

Todo el fondo que me ha acusado la sonda ha sido de arena con conchuela.

Tengo listos los sondajes practicados en el mar que me acusa lecho de arena hasta la distancia de 4.500 m de la orilla y en profundidad máxima de 60 m.

Imposible me ha sido, con los elementos de que dispongo y dado el mal estado del mar, poder efectuar sondajes geológicos en la rada, razón por la cual he creído conveniente dar por terminados estos trabajos y a la fecha espero entregar los elementos que me han facilitado en el lugar para emprender mi viaje de regreso.

Ud. con mejor acuerdo dispondrá lo conveniente.

Dios guarde a Ud.

(Firmado)
RÓMULO MEDINA

Santiago, diciembre 20 de 1888

Tengo el honor de dar cuenta a Ud. que ayer he llegado a ésta procedente de Llico, después de terminada la comisión que se sirvió confiarme.

Queriendo adelantar más los sondajes hidrográficos en la rada, me constituí a bordo del *Toltén* y en unión del capitán y de uno de los oficiales hicimos varias líneas de sonda que nos dio como conclusión que a poco menos de 6.000 m de la orilla del mar y en profundidad de más de 75 m, se encuentra la línea de separación entre la arena y el fango.

No habiéndome permitido el mal estado del mar y la deficiencia de los elementos con que contaba, practicar sondajes geológicos en la bahía en el eje de los molos, instalé un barreno en la orilla en el arranque del molo norte y que había llegado a la profundidad de 9 m, cuando recibí el telegrama de Ud., en que me ordenaba regresar. Todo el material extraído de este barreno ha sido arena con muy poco de piedrecilla de playa.

Acompaño a la presente tres frascos, muestras del material extraído en los diversos piques practicados.

En los tres barrenos hice uso de una bomba aspirante de mano, conectada a un tubo de dos pulgadas de diámetro y el resultado ha sido el siguiente:

Instalada en el lago en el pique 4.505 sobre el eje del canal y a la profundidad de 7 m de agua, conectada a un tubo de 9,30 m y haciéndola funcionar, extrajo agua con muy poco de arena, sumergiéndose el tubo dos metros y agotándose entonces el agua en el interior y atascándose de arena la bomba y tubo y no pudiendo extraer nada.

En este estado desconecté la bomba y extraje la arena del interior del tubo valiéndome de una sonda especial.

Cuando quedaba sólo un metro de arena en el interior conecté nuevamente la bomba y nada pude extraer con ella, haciéndose, sí, el vacío en el interior del tubo.

Solevanté entonces el aparato un poco de tal manera que el extremo del tubo no cargara en el fondo y entonces pude extraer un poco de agua con arena, cegándose nuevamente la bomba continúe extrayendo el material interior con la sonda.

Los mismos resultados que en el primer pique dio la bomba en los dos restantes.

En general, en los diversos piques, y especialmente en el practicado en el arranque del molo norte, agotaba con frecuencia el agua del interior del tubo, teniendo necesidad de echarle a baldes para remover el material interior y poderlo extraer.

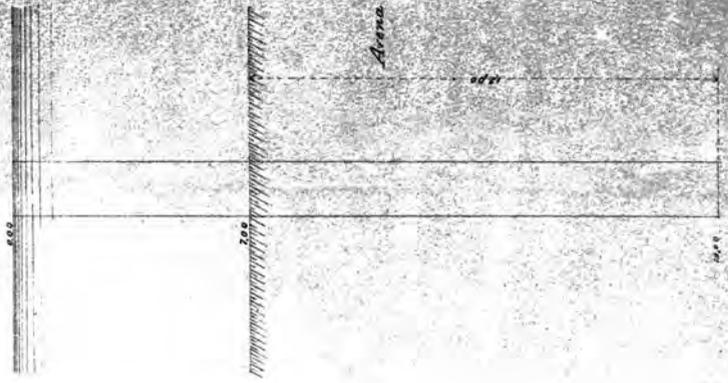
El lunes 3 dejé el barreno sumergido 12 m en el terreno, en el pique del kilómetro 4.505 y con 4 m de arena en el interior del tubo y agotada el agua en esta parte, y el martes 4 al instalar el trabajo noté que en las 24 horas transcurridas no había filtrado agua al interior del tubo.

Adjunto a la presente acompaño el perfil longitudinal del canal donde están marcados con tinta roja los dos piques hechos en el lago.

Dios guarde a Ud.

(Firmado)
RÓMULO MEDINA

Sondaje geológico en la laguna
Kilómetro 105.5



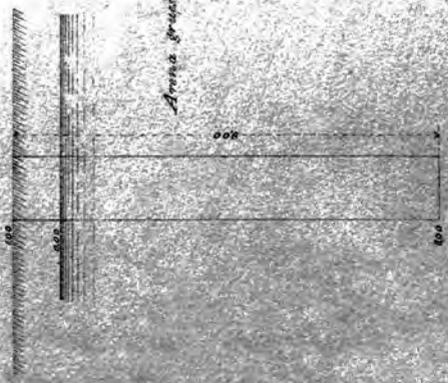
Firmado: Romulo Medina, en Diciembre 17 de 1911

Pique en el ancho Kilómetro 105.0



Firmado Romulo Medina en Diciembre 17 de 1911

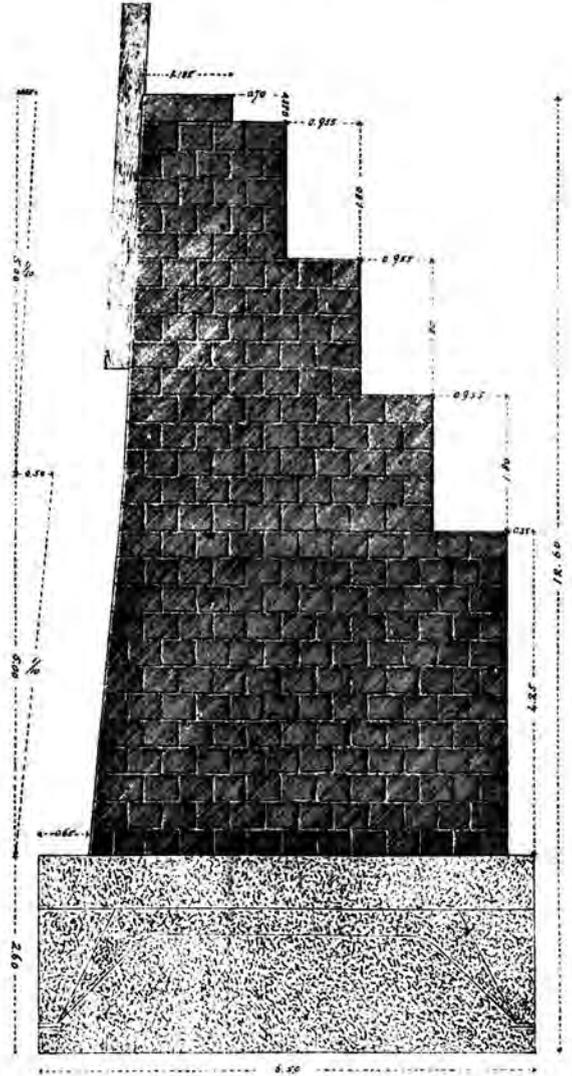
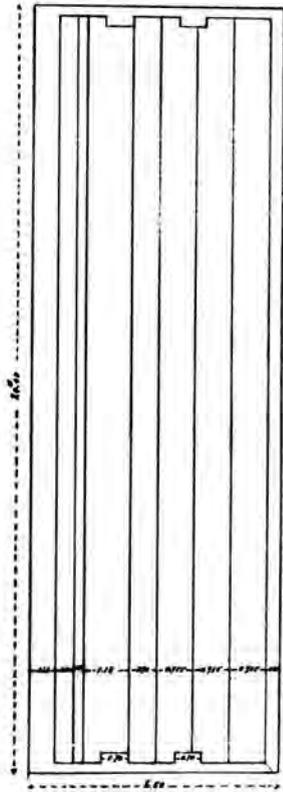
Pique en el arranque del molo Norte



Firmado Romulo Medina en Diciembre 17 de 1911

Coupe Verticale du Mur de Quai.

Plan d'un Caisson avec Superstructure.



ESTUDIO DEL SEÑOR GUSTAVO PROWE
REFERENTE AL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO DE GUERRA Y COMERCIO
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN

INFORME DEL INSPECTOR REAL PRUSIANO
DE CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS,
GUSTAVO PROWE, SOBRE EL PROYECTO
DEL INGENIERO CIVIL, SEÑOR RAMÓN NIETO,
ACERCA DEL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO COMERCIAL Y DE GUERRA
EN LLICO

Por el director de obras públicas, señor Santa María, el infrascrito ha recibido el encargo verbal de realizar un dictamen sobre el proyecto presentado por el ingeniero civil, señor Ramón Nieto, relativo al establecimiento de un puerto comercial y de guerra en Llico. Antes de ocuparse de la materia, es preciso observar que el que suscribe sólo ha tenido a la vista el proyecto del señor Nieto con sus planos, como también algunas investigaciones motivadas en la laguna de Vichuquén y en la rada de Llico por el ingeniero señor Pottier; que el infrascrito no ha visitado personalmente aquellos lugares y que, por consiguiente, no ha podido informarse por sí mismo de la localidad y mucho menos hacer investigaciones en ella.

Las condiciones que deben tenerse presente al elegir un lugar para establecer en él un puerto difieren mucho con respecto a un puerto comercial y a uno de guerra. Para un puerto de comercio se requiere, en primer lugar, que esté situado en un punto de la costa hacia el cual se puedan trasladar a poco precio, cómoda y fácilmente, los productos del país, y desde el cual se puedan, a su vez, llevar al interior por el camino más corto y más barato los que se introduzcan del extranjero; es decir, en el punto a que conducen o pueden construirse las vías terrestres de comunicación de menor extensión y de menor coste. Por este motivo, habrá de elegirse, ante todo, la desembocadura de un río, propio para la navegación o que se pueda adaptar a ella, porque, desde luego, es la vía fluvial por sí misma un medio de comunicación, al mismo tiempo que bueno, barato y cómodo; y después, porque se pueden construir particularmente en una región montañosa con más

facilidad y a precios menos subidos en el valle en que corre el río las demás vías de tráfico, como ferrocarriles y caminos públicos. En cuanto a un puerto de guerra, este punto de vista, es decir, la fácil comunicabilidad con él desde el lado de la tierra, no tiene la misma importancia, sino que para él una situación resguardada, una comunicación no expuesta a cortarse y fáciles medios de defensa, son los requisitos que principalmente deben tomarse en cuenta.

Hasta qué punto cumple con todas las exigencias, teniendo en vista estas condiciones brevemente apuntadas, la situación del puerto elegida en el lugar de Llico, escapa enteramente a mi dictamen, pues no hace aún dos meses que me encuentro en Chile; no tengo, por consiguiente, conocimiento alguno del actual movimiento comercial y del que más tarde podrá desarrollarse como es de prever. Según las descripciones topográficas del señor Nieto, la laguna de Vichuquén aparece, sin duda, particularmente a propósito para la construcción de un puerto de guerra, pero la cuestión de saber si este lugar está felizmente escogido con respecto a la fácil comunicabilidad del lado de tierra para establecer en él un puerto comercial, no es posible decidirla sin conocimiento y estudio personal de la localidad respectiva, como también de todas las circunstancias relativas a ella.

Así, por ejemplo, sería quizá de grandes conveniencias la fundación de un puerto comercial en la desembocadura del Mataquito, si hubiese alguna posibilidad de hacer navegable este río, aunque sólo sirviera para embarcaciones menores.

Se divide el proyecto del señor Nieto en tres partes:

- 1° Establecimiento del puerto comercial y de guerra en la laguna de Vichuquén.
- 2° Construcción de un canal para la comunicación de la laguna de Vichuquén con el mar.
- 3° Construcción de un antepuerto para asegurar la entrada al canal desde el mar.

1° ESTABLECIMIENTO DEL PUERTO COMERCIAL Y DE GUERRA EN LA LAGUNA DE VICHUQUÉN

La laguna de Vichuquén, según la descripción del señor Nieto, es sobremanera adecuada para servir de puerto: posee en toda su extensión una profundidad más que suficiente, aun para los buques más grandes; su fondo consta, según las investigaciones hechas por el señor Pottier, de arena, y ofrece, por lo tanto, un fondo de arena suficientemente bueno; en ninguna de sus partes se levantan, desde el fondo de las aguas, rocas ni escollos, que podrían hacer peligrosa e insegura la estadía de los buques en el puerto; está rodeada por todos lados de montañas elevadas, de modo que los buques, aun con los temporales más fuertes, se hallan completamente abrigados en ella.

Pero para apropiar la laguna a un puerto de comercio se necesita, además, el establecimiento de disposiciones artificiales, pues sin ellas quedaría indeficiente e inadecuado para prestar sus servicios.

Tanto las mercancías destinadas a ser embarcadas como las que han sido desembarcadas, pueden sólo acarrear las primeras y llevarse las segundas por las vías terrestres, por lo cual es necesario hacer construcciones que sirvan para que los buques se carguen directamente por los trenes o por los carros arrastrados por animales, y que aquéllos puedan descargarse en éstos del mismo modo. En vista de esto, es muy conveniente, y aun absolutamente necesario, consultar también la construcción de un muelle.

La longitud que debe darse a éste, desde luego, es difícil indicar, no obstante convendría dar, cuando menos, a 5 o 6 buques grandes la facilidad de atracar, y además, es todavía menester prolongar el muelle en 500 m y proveerlo oportunamente con las máquinas necesarias para cargar y descargar, como grúas, etcétera.

Construcciones mucho más extensas se requieren para el puerto de guerra, cuya ejecución no puede retardarse de ninguna manera para que el puerto pueda servir siquiera como tal. El puerto de guerra, para cumplir su objetivo, tiene que ofrecer no sólo reparo seguro a los buques que están en él sino que, además, debe estar provisto de todos los preparativos necesarios para la reparación y equipo de ellos. Para la reparación de los buques figuran en primera línea la construcción de un dique que tenga capacidad para los mayores navíos de guerra, como también la de dos picaderos para sacar a tierra embarcaciones menores, como torpederas, etcétera.

En la más estrecha relación con estos aparatos deben existir los talleres necesarios para hacer las composturas. Por ejemplo, talleres de herrería, cerrajería, carpintería y cordelería, etcétera.

Fuera de esta división, para las reparaciones de los buques, se necesita en un puerto de guerra una segunda para el armamento y equipo de los buques de guerra, y en la inmediata proximidad de esta división no deben faltar de ninguna manera los edificios para guardar los cañones y armas de fuego, los almacenes de materiales para el apresto de los buques, los depósitos de carbón, etcétera.

Además, habrá que tener en cuenta el alojamiento de las tripulaciones de los buques que no están en servicio, por el cuidado de los soldados enfermos y heridos, etcétera.

Después de haber señalado así los establecimientos absolutamente indispensables para un puerto comercial y de guerra, queda por resolver en qué parte de la laguna de Vichuquén será más ventajoso fundar estos establecimientos. Tomando en cuenta que en la orilla meridional las menores honduras de la laguna son de cerca de 10 m, que bastan para el tráfico de cualquier buque, y que, por consiguiente, se oponen relativamente muy pocas dificultades a la construcción de los preparativos artificiales, como diques, muelles, etc., soy decididamente de la opinión de que la parte del sur de la laguna de Vichuquén es la que más ventajosamente se presta para la construcción de un puerto comercial y de guerra, y tanto más cuanto que en este lugar es realizable el establecer el puerto de guerra de tal modo que pueda separarse del de comercio y aislarlo por medio de una muralla circunvalación.

Como la circunnavegación de la llamada isla, para llegar a la parte meridional de la laguna, está sujeta a algunas dificultades en cuanto a los buques grandes, por

la curva muy corta que tienen que describir, es muy recomendable, a fin de establecer entre las dos mitades del lago una comunicación, cortar la isla en su parte más angosta por medio de un canal, cuyo perfil debe ajustarse a las condiciones del suelo de la isla, pero que, en general, ha de estar conforme con el perfil transversal del canal que hay todavía que trazar más tarde para las comunicaciones de la laguna de Vichuquén con el mar. En caso de establecerse el puerto comercial en la parte meridional de la laguna, la línea férrea que condujera de Curicó a este lugar, quedaría acortada en cerca de 5 a 6 km, pues no parece necesaria su prolongación hasta el canal o hasta el antepuerto en la costa del mar.

Por consiguiente, la parte norte de la laguna solamente servirá de paraje pasajero a los buques, ya sea a los de comercio que, para escapar de un temporal se refugien en el puerto de Llico, o que lo toquen en busca de cargamento; ya sea a los navíos de guerra que están en servicio y que, por lo tanto, no necesitan entrar al puerto de reparación y equipo, o que por complicaciones estratégicas lo aprovechan como punto de apoyo para sus futuras empresas; sea para hacer salidas contra el enemigo desde este punto, que está al abrigo de todo ataque, o para servir de lugar de retirada, en caso de ser necesario, ante fuerzas enemigas superiores.

En el plano adjunto N° 1 he señalado con líneas rojas cómo me he imaginado el establecimiento del puerto comercial y de guerra, haciendo notar que las líneas punteadas representan las obras cuya inmediata ejecución no parece necesaria, mientras que con las líneas continuas están designadas las construcciones que a mi modo de ver, han de llevarse a cabo en primer lugar. No quiero aquí dejar pasar por alto que para servirse de la laguna de Vichuquén como puerto, se hace indispensable la canalización de los arroyos y corrientes de agua que desembocan en ella, por cuanto se consigue con esta medida que las sustancias pesadas que arrastran consigo, las depositen antes de llegar al puerto, evitándose de este modo que se ensucie y aplane el puerto.

2° CONSTRUCCIÓN DE UN CANAL PARA COMUNICAR LA LAGUNA CON EL MAR

En la elección de la línea del canal es menester tener presentes los siguientes puntos de vista: ha de elegirse una línea que sea

- a) la más corta y
- b) la más barata.

La línea elegida por el señor Nieto corresponde indudablemente a la condición de ser la más corta. Sin embargo, según el plano que he podido consultar, podría creerse que es posible hacer economías en la extracción de las masas de tierra, si se le diera una posición tal que coincidiese en lo posible con la comunicación que actualmente existe entre el mar y la laguna de Vichuquén, pero de todas maneras, es necesario ver de modo de evitar el corte de la duna que se levanta 13 m sobre el nivel del mar.

Respecto a esta cuestión me parece demasiado excusado decir que la variación de la línea del canal sólo se debe llevar a cabo en los trechos en que se mantenga

en un terreno fácil de cavar y de dragar, pero valdría más que no se efectuara si la línea se encuentra con un suelo casi en su totalidad de piedra.

El establecimiento de un radio de 1.000 m, a ejemplo del canal entre el mar del Norte y el Báltico, que actualmente hace construir el Imperio Alemán, parece no estar sujeto a discusión alguna, pero lo mismo que en éste habría que efectuar un ensanchamiento en las curvas, calculándolo por la fórmula $26-0,01 R$, de modo que con un radio de 1.000 m el ensanchamiento alcance a 16 m. Por consiguiente, queda por calcular todavía, al hacer el trazado definitivo, qué es lo que puede llevarse a efecto con menos gastos, o una curva de mayor radio, o una de radio menor con el ensanchamiento correspondiente. En el plano N° 2 se halla señalado con tinta roja cuál es la forma que ha de darse eventualmente al canal si éste no se encuentra con terreno de roca.

Según lo demuestran ejemplos prácticos, la fijación del ancho de la planta del canal en 24 m parece acertada y satisface todos los requisitos.

Pero en cuanto a la profundidad de 8,5 m con respecto al nivel medio debe observarse que no me parece suficiente.

Los buques de guerra más grandes tienen un calado de 8 m y no podrían, por consiguiente, entrar en el puerto ni salir de él en la bajamar.

Sin embargo, según mi modo de ver, los buques de guerra deben poseer siempre en todo momento la posibilidad de entrar al puerto, y ajustado a esta condición, tiene que realizarse la planta del canal. Por lo cual, propongo que el canal reciba una hondura de 8,50 m con respecto a la bajamar, o de 9,25 m con respecto al nivel medio, advirtiendo al mismo tiempo, que al canal entre el mar del Norte y el Báltico, cuyas aguas tienen una altura fija, se le da una profundidad de 9 m. Los taludes con doble inclinación parecen ser convenientemente escogidos por lo arenoso del terreno, mas no excluye esto el que pueda haber necesidad de dar a los taludes aún mayor inclinación, si de investigaciones más exactas resulta que la arena es muy fina. Por encima de la bajamar será preciso asegurar los márgenes del canal, pero para un afianzamiento lo único recomendable sería el enrocado a causa de la poca monta de los gastos posteriores de conservación, y la adquisición relativamente barata de las masas de piedras necesarias, con motivo de las grandes cantidades que habrían de necesitarse para la construcción de los molos del antepuerto.

En este caso bastaría dar al talud por encima de la bajamar una inclinación de 1:1.

La construcción de una meseta por encima de la bajamar de 0,75 m de ancho y sostenida por medio de un empedrado parece muy conveniente. Por lo tanto, me permito recomendar el perfil transversal del plano N° 3, adaptable a estas construcciones.

Como, según la descripción del señor Nieto, se extienden al lado norte de la línea del canal largas dunas movedizas aun no afirmadas, y que movidas por los vientos del norte y del noroeste serían una continua causa de enarenamiento del canal, es del todo indispensable fijarlas; y lo que mejores resultados promete para conseguir este fin son las plantaciones, a semejanza de las realizadas por parte del

gobierno prusiano para fijar las dunas movedizas en las costas bálticas de las provincias orientales de Prusia.

Ahora, por lo que respecta a la clase de plantación que deba elegirse con este objetivo, hay que reservarlo para un estudio más especial. En Prusia se ha empleado para ello principalmente, y con buen éxito, una especie de pino montañés (*pinus montana*).

La desembocadura del canal en el mar, como también en la laguna de Vichuquén, tendrá que ensancharse un tanto, sobre todo la que da al antepuerto en la costa: aquí también habrá necesidad de proteger lo más posible los taludes por medio de un cubrimiento de piedras sueltas, pues ellos no están excluidos, como veremos más adelante, de que sufran ataques por el choque de las olas.

3° CONSTRUCCIÓN DE UN ANTEPUERTO

PARA LA SEGURIDAD DE LA ENTRADA AL CANAL DESDE EL LADO DEL MAR

Para hacer segura la entrada al puerto desde el lado del mar, es necesaria la construcción de un antepuerto encerrado por modos, como también lo había pensado el señor Nieto. La cuestión de qué modo ha de construirse la entrada para un puerto de esta naturaleza es en extremo difícil de resolver y exige una observación larga y detenida para estar completamente al cabo de todas las circunstancias relativas a ella.

En verdad estoy completamente acorde con la idea del señor Nieto, de colocar desde luego la entrada tan mar afuera y que llegue a tener una profundidad de cerca de 15 m porque, cuanto mayor sea la hondura que posee desde un principio la entrada en el antepuerto, tanto menos hay que temer un enarenamiento de ella, y tanto más tarde llega el término en que es preciso avanzar la boca del puerto más mar afuera.

Pero acerca de la elección de la entrada, hecha por el señor Nieto, abrigo, sin embargo, las siguientes dificultades: el señor Nieto ha fijado la entrada del antepuerto de modo que se halle dirigida hacia el oeste, formando, por consiguiente, con la dirección de las mayores olas que según el señor Nieto deben esperarse del noroeste, un ángulo de 45°. En general, si el antepuerto tiene un espacio suficiente para que las olas que penetren en él, puedan extenderse y de este modo calmarse, ha de darse a la entrada una dirección tal que coincida en cuanto sea posible con la de los movimientos más impetuosos del mar, a fin de que el buque que entra sea conducido y no arrojado contra las paredes de la entrada.

Al no ser suficientemente espacioso el puerto, es sin duda admisible que la dirección de la entrada forme con la dirección del movimiento más fuerte de las olas un ángulo agudo de 70°, pero que de ninguna manera deberá exceder. En el proyecto del señor Nieto el molo del norte sobresale un tanto con respecto al del sur. Esta disposición está ciertamente muy bien elegida en atención a que con los vientos del noroeste los buques, al entrar por la boca del puerto, se encuentran ya bajo la protección del molo del norte, pero tiene, a mi modo de ver, el defecto

de que las sustancias flotantes y en suspensión, que arrastra consigo la corriente de Humboldt, que se mueve a lo largo de la costa, sobre todo si ella está además reforzada por los vientos del suroeste, llamados reinantes, estas sustancias, digo, como es de prever, son llevadas al puerto y depositadas en la proximidad de su entrada. Tampoco tengo por muy ventajoso que la corriente marina que sale de la laguna de Vichuquén choque contra el molo del sur y que en ningún caso será insignificante, sino que por el contrario es muy de tomarse en cuenta, pero que por otra parte es muy conveniente que dé directamente con la entrada, contribuyendo así por su parte a mantener abierta la boca del puerto.

La corriente es naturalmente desviada a su vez a causa de este choque, dando de este modo origen a retrocesos que son muy a propósito para favorecer la formación de sedimentos en el puerto y que pueden llegar a ser muy molestos a los buques que entren. La anchura de 240 m fijada por la comisión del Ministerio de Guerra y Marina parece estar bien calculada, teniendo en vista los buques de grandes dimensiones que han de transitarlo y la gran agitación del mar que puede ocurrir delante del puerto, por más que haya el interés de reducir el ancho de la abertura de la entrada para obtener el movimiento menor posible de las olas en el puerto.

En el plano N^o 2 me he permitido señalar con tinta roja la dirección de los molos, como lo proyectaría en cuanto me lo consienten los datos que hasta ahora poseo. La dirección de la entrada que se halla en la prolongación de la desembocadura del canal hacia la laguna de Vichuquén coincide con la línea del oeste-noroeste, formando, por consiguiente, con la dirección del mayor movimiento del mar, que es el de noroeste, un ángulo de $22\frac{1}{2}^{\circ}$. La corriente de Humboldt, aunque sea desviada de su dirección normal, de sur a norte, hacia la de sursuroeste a noreste por los vientos que soplan del suroeste, pasará rozando por delante de la desembocadura del puerto, de modo que no habrá que temer que la dirección de ésta influya esencialmente en el enarenamiento de la boca del puerto. Con esta disposición todavía penetrarán indudablemente en el puerto olas bastante considerables, por su desembocadura de 240 m de ancho, pero como el puerto muy poco detrás de su boca tiene de ancho cerca de 500 m, ancho que se aumenta al llegar a tierra a 1.000 m y una longitud de cerca de 950 m, la fuerza de las olas, a mi juicio, no será tan grande que llegue a ser de algún modo peligroso a los buques que entren al puerto, estén anclados en él o se dirijan al canal. Para proteger las orillas de la desembocadura del canal más expuestas que el resto a la acción destructora del mar, es preciso asegurarlo por medio de un apilamiento más esmerado y más sólido de piedras sueltas. Ha de observarse, también, que durante la entrada de las olas por la boca del puerto no puede verificarse el depósito de las sustancias arrastradas por el mar sino que éstas permanecen durante este tiempo suspendidas en el agua, de modo que son llevadas otra vez hacia fuera al calmarse la tempestad, delante de la entrada, y al ejercer su acción la corriente del reflujo que viene de la laguna de Vichuquén hacia el puerto y de aquí al mar. Mientras que las sustancias arrastradas se hallan en suspensión en el agua, basta sólo una corriente pequeña para moverlas, corriente mucho menor que la que sería menester para ponerlas en

movimiento una vez depositadas, por lo cual no se puede en ciertos casos, como en el presente, calificarse de perjudicial la entrada de las olas al puerto por la boca de éste.

La profundidad de 15 m solamente será necesaria en la entrada del puerto y en un trecho de 100 m, desde esta parte hacia el interior de él, para el resto del puerto la hondura de 10 m es, como también lo piensa el señor Nieto, del todo suficiente.

Respecto a la construcción de los molos, me permito observar que ofrece muchas ventajas el construirlos por medio de apilamiento de piedras sueltas, a causa de la marea relativamente pequeña, por la mucha profundidad del agua y por el fondo de arena en el cual es de esperar penetren mucho las piedras; por lo que toca al perfil de los molos, tal como lo ha elegido el señor Nieto, parece que hay poco que objetar. Sólo quiero proponer que el apilamiento de piedras sueltas se haga únicamente hasta la línea de la bajamar y que desde aquí, una vez que se haya sentado completamente el apilamiento, se construya una muralla. Esto por los siguientes motivos:

Con un apilamiento de piedras sueltas es de temer que, con tempestades fuertes, salgan de su colocación una que otra piedra, aunque estén cubiertas de grandes cubos de material, y que sea arrastrada por encima del molo al puerto, llegando a ser aquí peligrosa a los buques; también puede dar origen a destrucciones considerables el dislocamiento de una piedra.

Pero si existe sobre el molo una muralla, queda impedido semejante arrastramiento de las piedras y tampoco hay que temer destrucciones tan grandes.

Ya que para señalar de noche a los buques con toda precisión la entrada al puerto se habrían de erigir en los molos dos faros con luz verde y roja, como acertadamente lo había pensado el señor Nieto, es necesario que puedan comunicarse sobre los molos en cualquier estado que se halle el tiempo. Guiándose por esto, deberán hacerse las respectivas construcciones. También hay necesidad de que los molos sean transitables para poder prestar desde ellos auxilios a la tripulación de los buques que han errado la entrada y que han naufragado en las piedras del apilamiento, caso que fácilmente puede ocurrir. Finalmente, es de desear la transitabilidad de los molos con el objetivo de poder hacer desde aquí, bien y cómodamente las reparaciones en ellos, reparaciones que habrá que hacer después de cada temporal.

Conforme a esto me permito proponer el perfil de los molos representado en el plano N^o 4. Como el movimiento de las olas es muy alto, es necesario dar a la banqueta superior de tráfico una altura de 4 m sobre el nivel medio del agua, en tanto que el borde superior del pretil que está hacia el mar y que es indispensable para garantizar un tránsito seguro y no interrumpido de los molos, habrá necesidad de elevarlo a 6 m con respecto a la altura media de las aguas. El ancho de la muralla a la altura de 4 m sobre el mar no puede aceptarse con menos de 8,00 m si se considera que, para hacer reparaciones en el cuerpo de los molos, habrá un gran movimiento de gente y conducción de materiales sobre ellos, y que, además, habrá que practicarse desde ellos tentativas de salvamento. El ancho del pretil a una altura de 4,00 m sobre el mar es de 1,50 m.

El apilamiento de piedras a la altura de la bajamar no podrá recibir un ancho inferior a 11 m, con el objetivo de obtener una base que guarde proporción con la anchura de la sobremuralla. El dar al molo del sur una construcción diferente a la del molo del norte me parece que no debe aconsejarse a causa de que no pueden reducirse las relaciones de anchura de la sobremuralla.

4° ESTABLECIMIENTOS AUXILIARES Y ADQUISICIÓN DE LOS APARATOS NECESARIOS

Pertenece en primer lugar a los establecimientos auxiliares la construcción de ferrocarriles a las canteras, de donde se ha de extraer la cantidad de piedras necesarias para la construcción de los molos.

Como la ejecución de los establecimientos para el puerto de Llico, junto con el canal y el antepuerto exige, por lo menos, un espacio de tiempo de 5 años, y como los ferrocarriles se emplearían durante todo este tiempo en el acarreo de las piedras, sería recomendable no dar a la construcción de éstos sólo un carácter provisorio, para que los gastos de conservación durante la actividad no sean muy crecidos. Lo mismo se recomienda para la actividad de los ferrocarriles la adquisición de buenas locomotoras y carros, aunque no queda excluido que podrían encontrar un buen empleo las máquinas y carros inservibles en la explotación de los ferrocarriles del Estado.

Entre los grandes aparatos que se necesitan para la construcción del puerto debemos nombrar, en primer lugar, la adquisición de una draga a vapor con una productibilidad de 200 a 300 m³ por hora, junto con un pontón de limpia para su actividad, provisto de válvulas en el fondo.

Para la colocación de las grandes piedras y sillares artificiales es necesario la adquisición de dos grúas flotantes a vapor con una fuerza de 50 toneladas cada una, y para el remolque del pontón de dragaje y grúas a vapor la adquisición de dos vapores remolcadores con bastante fuerza y propio para navegar.

Entre los aparatos menores será necesario adquirir rieles movibles para los almacenes junto con carros de transporte.

Según el cálculo adjunto, el gasto para el establecimiento del puerto de Llico sube a la suma de 27.700.000 marcos, estando los precios calculados de tal manera como se avaluarían en general en Alemania.

Para su aplicación a las relaciones de Chile considero necesario, según mis informaciones y experiencia hasta aquí adquirida, establecer que 1 marco es igual a 1 peso para obtener la suma necesaria para esta construcción.

Esta opinión es confirmada por las siguientes razones:

- 1° Los aparatos en general: dragas, vapores, grúas, etc., deben conseguirse en Europa; a su precio en Europa se añade todavía el coste de su transporte, además de la monta de los aparatos grandes nombrados que sólo puede efectuarse en Chile, aumentando, por consiguiente, bastante el coste de ellos.
- 2° El jornal para los artesanos: albañiles, carpinteros, etc., es al presente bastante crecido. Según mis informaciones es de 4 pesos 50 centavos, mien-

tras que en Alemania sólo alcanza desde 4,50 hasta 5 marcos. Por la gran necesidad, especialmente de albañiles, se puede admitir que los jornales subirán más.

- 3° El jornal para los simples trabajadores es, sin duda, bajo todavía en Chile, pero como la necesidad de trabajadores para esta construcción será grande, y como deben ser entendidos en navegación y se necesita que sean más hábiles que lo ordinario, por ejemplo, para mover carga pesada, etc., se deberá pagar desde un principio un jornal más crecido.
- 4° En poco tiempo se iniciará la ejecución de grandes vías férreas. La escasez notoria de brazos en el país hará esperar con seguridad una subida notable en los jornales.
- 5° Según mis informaciones hasta ahora adquiridas, puedo suponer que la productibilidad de los trabajadores chilenos no alcanzará la de los alemanes.

Considerando todas las razones expuestas, juzgo que para el establecimiento del puerto en el lugar denominado Llico será preciso destinar la suma de 27.700.000 pesos.

En circunstancias especialmente favorables se podría conseguir una disminución de esta suma, pero en ningún caso se puede admitir que el coste será menos de los 0,8 de 27.700.000 = 22.160.000 pesos.

GUSTAVO PROWE

Santiago, diciembre de 1888.

OBJETO DE LA TASACIÓN.
CÁLCULO DE LOS GASTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO COMERCIAL Y DE GUERRA EN EL LUGAR DE LLICO

I. Establecimientos del puerto comercial y de guerra en la laguna de Vichuquén

Establecimiento de muros de defensa:

Para la primera erección del puerto de guerra
 $1.650 + 1.450 = 3.100$ m.

Para la primera erección del puerto comercial = 500 m.

Total 3.600 m.

- 1) 3.600 m en muros de defensa respectivamente, aseguramiento de las costas según construcción que será determinada en un proyecto especial, término medio por m, 750 marcos

Marcos 2.700.000

- | | | |
|---|--------|-----------|
| 2) Cerramiento del puerto de guerra por un malecón en el que se encuentra una entrada con cerradura de pontones | Marcos | 100.000 |
| 3) Para la construcción de un dique seco en el puerto de guerra y también dos picaderos para sacar a tierra embarcaciones menores, como torpederas, etcétera | Marcos | 2.200.000 |
| 4) Para la construcción y equipo de los talleres necesarios para las reparaciones de los buques, por ejemplo, talleres de herrería, cerrajería, carpintería y cordelería, etcétera, como también los almacenes para guardar las armas de artillería, materiales, etc., cuarteles y lazaretos de liviana construcción. | Marcos | 600.000 |

Canal para la comunicación de la parte norte con la del sur de la laguna

Se considera que la construcción del canal se haga según el perfil adjunto.

Longitud del mismo, término medio, 350 m

Perfil transversal (figura N° 1)

$$\frac{66,0+59,5}{2} \times 3,25 = 203,9 \text{ m.c.}$$

$$\frac{58,0+24}{2} \times 8,5 = 348,5 \text{ m.c.}$$

$$\text{Total} \quad \underline{552,4}$$

$$552,4 \times 350,0 =$$

- | | | |
|---|--------|-----------|
| 5) 193.340 m ³ de tierra en parte para cavar y en parte para dragar y conducirlos a un lugar determinado, por metro cúbico, término medio, incluyendo la conservación de los aparatos 1,70 marcos. | Marcos | 328.678 |
| 6) Para trabajos imprevistos, regulación de los ríos que desembocan en el puerto, equipo del puerto con grúas. Duc d'alben, etc., según un proyecto especial que se ha de formar. | Marcos | 71.322 |
| Sumas | | 6.000.000 |

II. Formación del canal para la comunicación de la laguna Vichuquén con el mar

Excavaciones

Se considera que las excavaciones de los muros de tierra de los 4,0 km de la longitud del canal, se calcula según el perfil adjunto, de tal manera que la superficie superior del

terreno quede por término 1,0 m sobre el nivel medio del mar.

Perfil transversal (figura N° 2)

$$\frac{63,0+59,5}{2} \times 1,75 = 107,2 \text{ m.c.}$$

$$\frac{58,0+24,0}{2} \times 8,50 = 348,5 \text{ m.c.}$$

Total 455,7 m.c.

$$455,7 \times 4.000,0 =$$

- 7) 1.822.800 m³ de tierra en parte para cavar y en parte, principalmente, para dragar y conducirlos a un lugar determinado, por metro cúbico, incluyendo la conservación de los aparatos, término medio, 1,70 marcos

Marcos 3.098.760

Defensa de la costa

Las costas así como la meseta, situada en la altura inferior del agua, deben estar provistas de un empedrado, y por metro de costa, más o menos, 4,80 m³ es preciso que se ejecuten, es decir, en todo $2 \times 4.000,0 \times 4,80 =$

- 8) 38.400 m³ de empedrado de los terraplenes del canal, incluyendo composturas de los materiales y conservación de los aparatos, término medio por metro cúbico 5,0 marcos.

Marcos 192.000

- 9) Para trabajos imprevistos, conservación de la entrada a los dos lados del canal, como también tal vez una protección mayor de la desembocadura del lado del mar, según un proyecto especial que se ha de formar, plantaciones para la fijación de las dunas al lado norte del canal.

Marcos 109.240

Suma 23.400.000

III. Construcción del antepuerto para la seguridad de la entrada al canal desde el mar

Apilamiento de piedras

En el apilamiento de las piedras se puede aceptar con seguridad, en la longitud de 300,0 m para el molo norte y de 250,0 para el del sur, la cota del fondo del mar igual a -12,5,

mientras que para el resto de 600 m para el molo norte y 500 para el molo sur se puede aceptar la cota media de 7,0. A esta cantidad hay que agregar por lo menos la cuarta parte de la cantidad calculada.

Perfil transversal (figura N° 3)

$$\frac{11,0+49,8}{2} \times 11,75 = 357,2 \text{ m.c.}$$

$$2,5 \times 4,0 = \frac{10,0 \text{ m.c.}}{}$$

Total 367,2 m.c.

Perfil transversal (figura N° 4)

$$\frac{11,0+31,6}{2} \times 6,25 = 133,1 \text{ m.c.}$$

Esto es

$$367,2 (300+ 250) + 133,1 (600 + 500) = 348,370 \text{ m.c.c.}$$

Además la cuarta parte de la cantidad calculada

$$\frac{1.630 \text{ m.c.c.}}{}$$

Total 430.000 m.c.c.

- 10) 430.000 m³ de piedras que hay que sacar de las canteras, transportar al lugar de construcción y emplearlas en los molos según proyecto especial, considerando la dificultad del trabajo y las muchas perturbaciones que sufrirá por las olas, término medio, incluyendo conservación de todos los aparatos, 22,0 marcos Marcos 9.460.000
Sillares artificiales al lado del mar en ambos molos, 2,0 m grueso.

$$2,0 (20,7 \times 900,0 + 14,0 \times 750) =$$

- 11) 58.260 m³, obra de albañilería en sillares artificiales de 20 m³ que hay que hacer, y cuyos materiales hay que entregar, y colocación de dichos sillares en los lugares señalados en los terraplenes, incluyendo la conservación de todos los aparatos, por metro cúbico 480 marcos. Marcos 2.796.480

Sobreamurallamiento del molo

La sobremuralla del molo se calcula según el croquis adjunto.

Perfil transversal (figura N° 5)

$$\frac{1,3+0,5}{2} \times 2,0 = 2,8 \text{ m.c.}$$

$$\frac{8,0+1,5}{2} \times 4,75 = \frac{40,4}{43,2} \text{ m.c.}$$

$$43,2 (900 + 750) =$$

- | | | |
|---|--------|-----------|
| 12) 71.280 m ³ , obra de albañilería que hay que hacer sobre el molo y cuyos materiales hay que entregar, considerando las muchas perturbaciones y deterioros que sufrirá el trabajo durante la construcción, incluyendo la conservación de todos los aparatos, estimo por metro cúbico 48,0 marcos. | Marcos | 3.421.440 |
| 13) 2 faros de dimensiones reducidas para el alumbrado de la entrada del puerto, montados, incluyendo la adquisición de dos lámparas con aparatos de Fresnel, como también construcciones para la defensa de la entrada al canal, tanto en el antepuerto como en la laguna de Vi-chuquén. | Marcos | 70.000 |

Dragaje

Al principio no es necesario establecer en todo el puerto una hondura de 15 a 10 m. Podemos admitir que se dragará una superficie de 200 m de ancho y 800 de largo, más o menos, y 2,5 de profundidad, así es que podemos admitir un cubo de:

$$800 \times 200 \times 2,5 =$$

- | | | |
|---|--------|------------|
| 14) 400.000 m ³ de tierra que dragar en el antepuerto y conducirla a un lugar determinado, considerando las muchas perturbaciones que sufrirá el dragaje por el golpe de las olas y tempestades, incluyendo la conservación de los aparatos, cálculo por metro cúbico 2,0 marcos | Marcos | 800.000 |
| 15) Para una ejecución especialmente cuidada de las cabezas de los molos según un plan que se ha de formar, como para trabajos imprevistos y para las destrucciones que durante la construcción sufrirán los molos. | Marcos | 222.080 |
| Suma | | 16.700.000 |

IV. Establecimientos auxiliares y adquisición de los aparatos necesarios

- | | | |
|---|--------|---------|
| 16) Para el establecimiento de los ferrocarriles a las cante-ras, cálculo aproximativo. | Marcos | 300.000 |
|---|--------|---------|

17) Para la adquisición de los aparatos necesarios, como locomotoras, carros que se adquirirán usados.	Marcos	100.000
18) Para la adquisición de una gran draga a vapor para la ejecución de los trabajos de dragaje en el canal y en el antepuerto.	Marcos	350.000
19) Para la adquisición de 10 pontones de limpia con válvulas en el fondo para el dragaje a 35.000 marcos.	Marcos	350.000
20) Para la adquisición de dos grúas flotantes a vapor con fuerza de 50 toneladas para la colocación de los sillares artificiales a 75.000 marcos.	Marcos	150.000
21) Para la adquisición de dos vapores remolcadores potentes y propios para navegar destinados: uno para el pontón de dragaje y el otro para las grúas flotantes a 100.000 marcos	Marcos	200.000
22) Para la adquisición de las lanchas necesarias para el transporte de las piedras y sumersión, y para la adquisición de otros aparatos necesarios y su establecimiento, por ej., rieles móviles, carros pequeños y casas para habitaciones de los trabajadores, etcétera.	Marcos	150.000
Suma		41.600.000

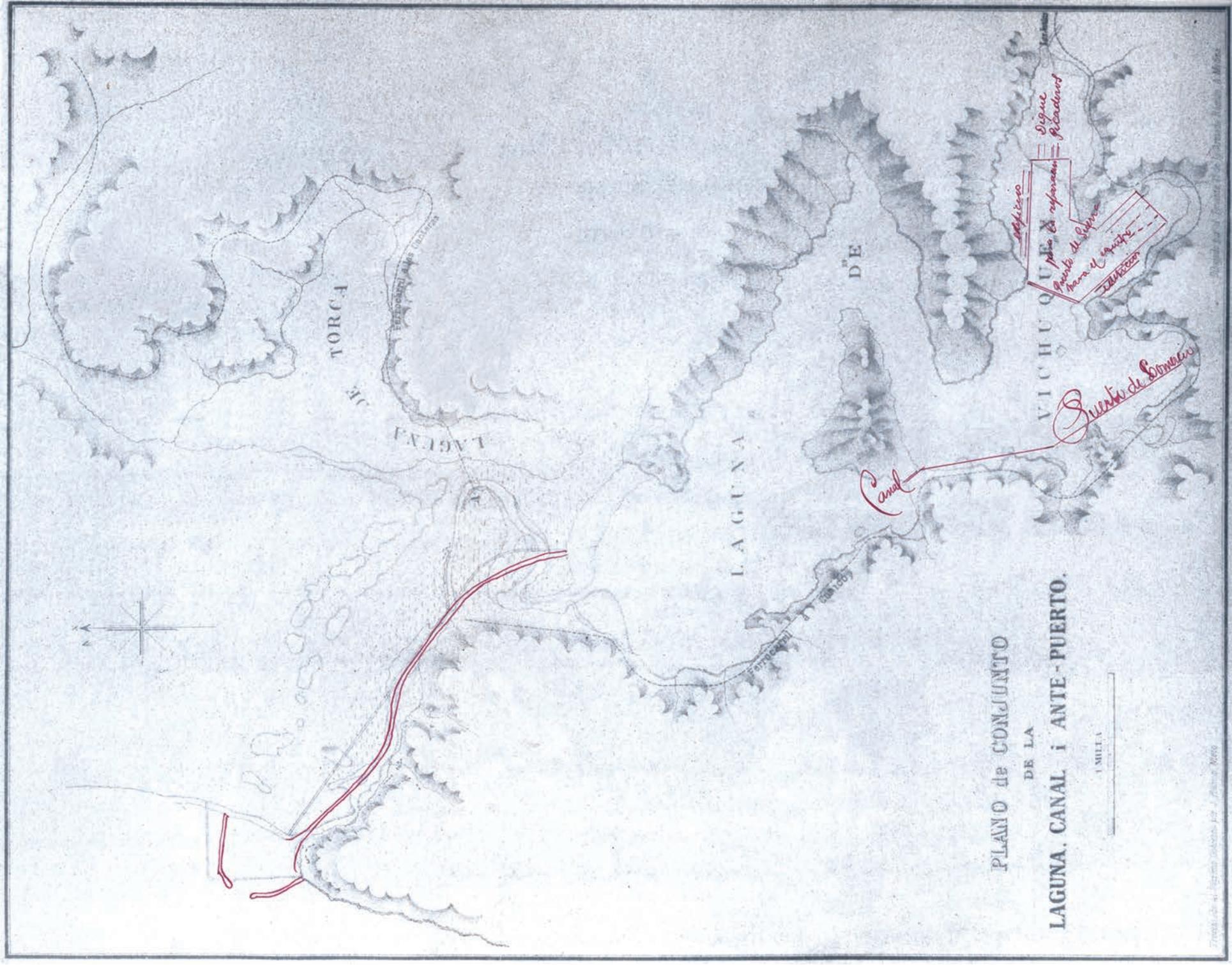
RESUMEN

I. Establecimiento del puerto comercial y de guerra en la laguna de Vichuquén	Marcos	6.000.000
II. Construcción del canal para la comunicación de la laguna de Vichuquén con el mar.	Marcos	3.400.000
III. Construcción del antepuerto para la seguridad de la entrada al canal desde el mar.	Marcos	16.700.000
IV. Establecimientos auxiliares y adquiridos de los aparatos necesarios	Marcos	1.600.000
Suma		27.700.000

GUSTAVO PROWE

Santiago, diciembre de 1888

ANEXOS
DE J. RAMÓN NIETO
RELATIVO AL PROYECTO
DE UN PUERTO DE GUERRA Y COMERCIAL
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN



PLANO de CONJUNTO
DE LA
LAGUNA. CANAL i ANTE-PUERTO.

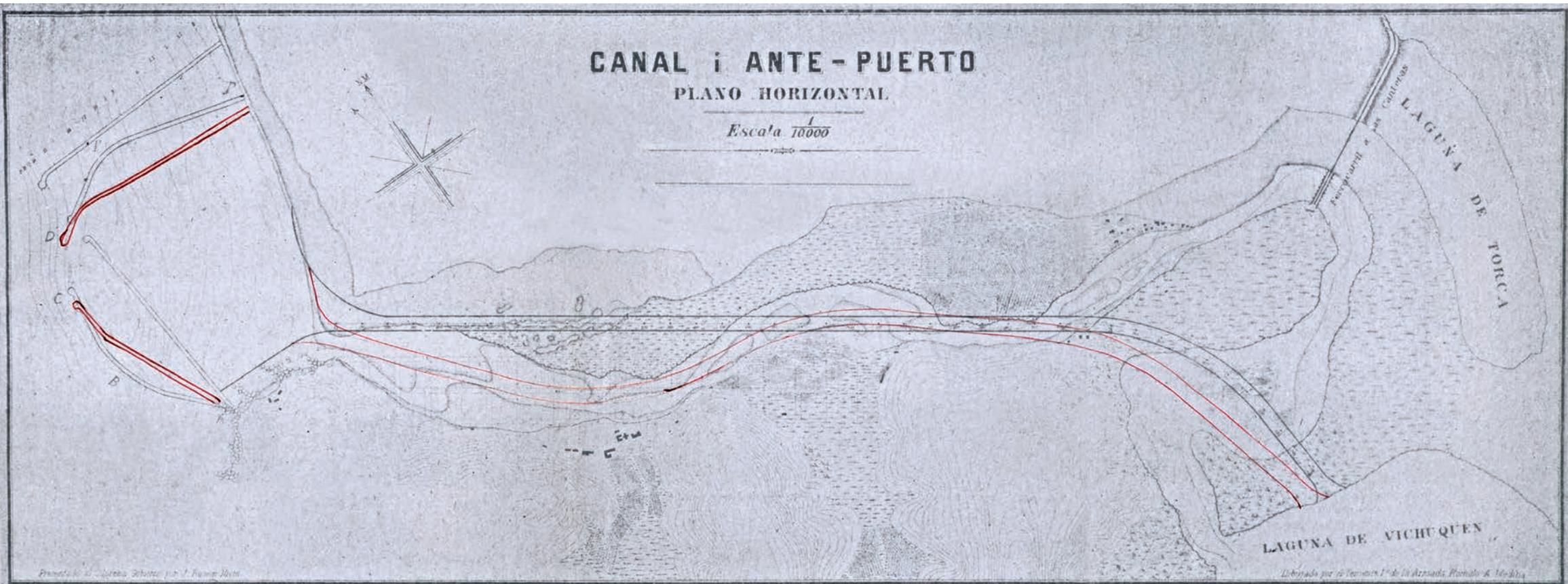
1 MILLA

Digue para el refugio de Alacranes
Puente de Somoza
Canal
Puente de Somoza

CANAL i ANTE-PUERTO

PLANO HORIZONTAL.

Escala $\frac{1}{10000}$



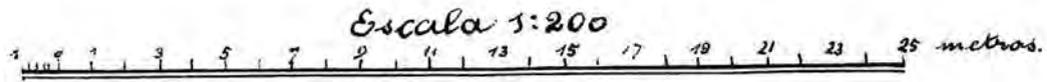
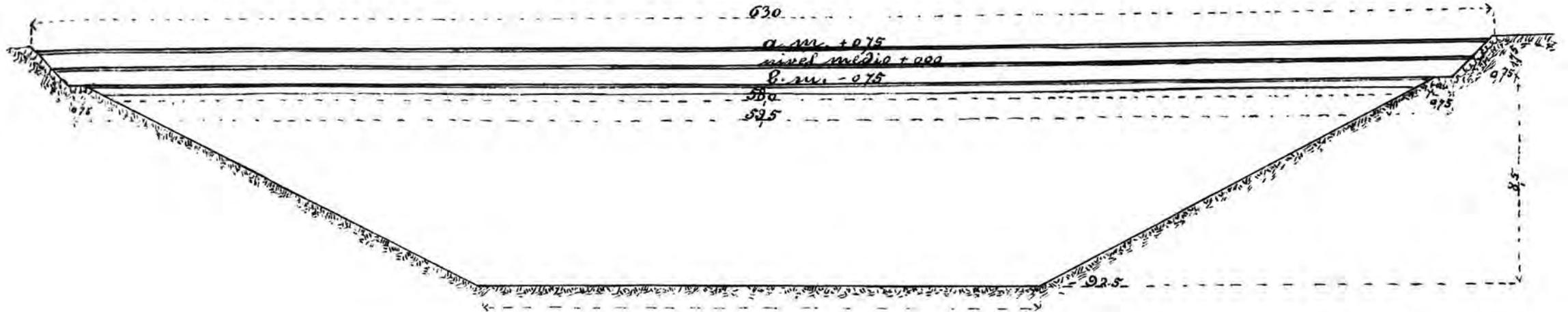
Proyecto de la Marina de guerra por J. P. de la Jota

Librada por el Teniente 1.º de la Armada, Donato A. de la Jota

en Lima a los 15 de Diciembre de 1858
Juan P. de la Jota

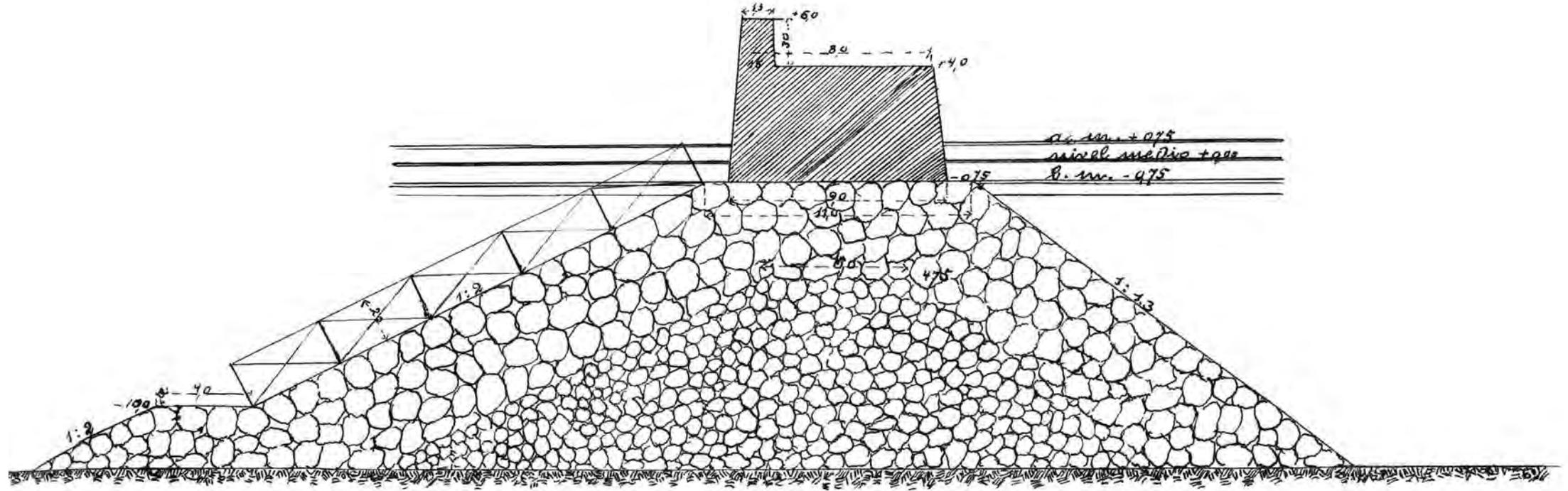
Perfil transversal del canal

Nº 3



Santiago, Diciembre de 1888
Ludwigo Wronz
L.

Perfil Transversal de los Molos.



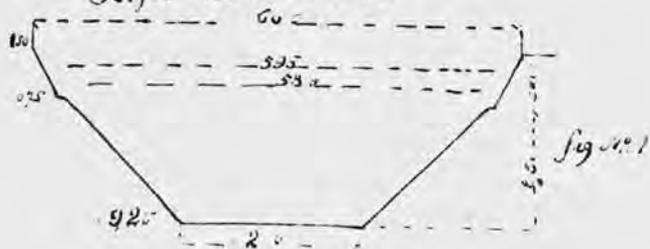
a. m. + 0.75
nivel medio + 0.00
B. m. - 0.75

Escala 1:200
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 metros

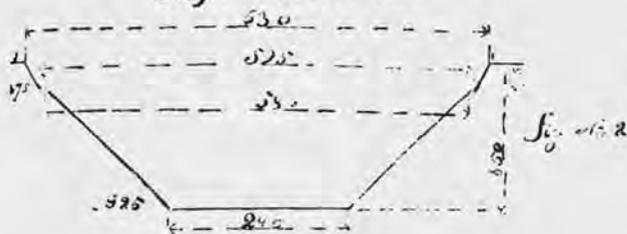
Santiago, Diciembre de 1888
Gustavo T. ...

**BOLETIN
DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA I OBRAS PUBLICAS**

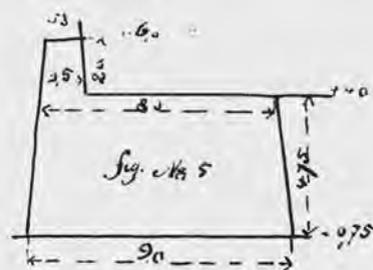
Perfil transversal



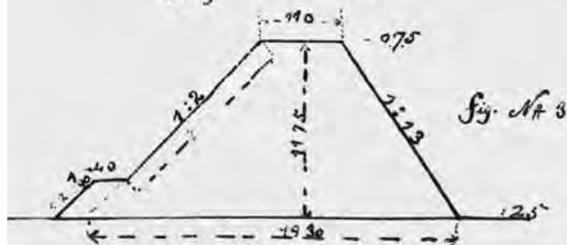
Perfil transversal



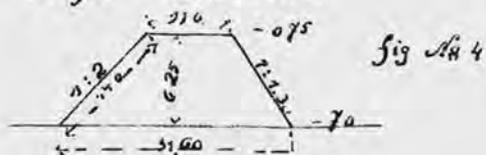
Perfil transversal



Perfil transversal



Perfil transversal



No. 5

ANEXO N° 1
SONDAJES HIDROGRÁFICOS DE LA RADA LLICO
TRABAJOS EJECUTADOS
POR LA CORBETA *O'HIGGINS* EN LA RADA DE LLICO

SONDAJE GENERAL DE LA RADA

Éste se ha hecho fijando los puntos sondados por los señalados por las banderas del Código Nacional número 3, 6, compás, telégrafo, pólvora y parlamento, a los cuales se tomó ángulos para situarlos. Se ha expresado como se ve en la relación adjunta, la naturaleza del fondo y los demás datos correspondientes.

SONDAJES ESPECIALES

Siguiendo la dirección de las dos banderas blancas, situadas entre las banderas compás y telégrafo, se ha sondado de media en media braza, como se ve en el trabajo adjunto. Otro tanto se ha hecho con la línea marcada por las banderas blancas, colocadas entre las 6 y 3.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

No habiéndose podido ir a observar a tierra, se determinó la situación geográfica del fondeadero de la corbeta *O'Higgins*, punto que estaba situado por ángulos desde las estaciones señaladas por banderas del Código Nacional.

LATITUD

Ésta se determinó por medio de alturas circunmeridianas y por la meridiana, tomadas con el horizonte del mar. Se obtuvo el resultado siguiente: 34°45'23".

LONGITUD

Se determinó por medio de alturas absolutas del Sol tomadas en la tarde del 23 de enero, con un cronómetro cuyo estado al salir de Valparaíso, el 8 del mismo mes, se había determinado por una sola observación que dio por resultado +11 h 55 m 19,7 s, y que a la llegada de este mismo puerto dio por estado 11 h 55 m 2 s, deducido por una observación de alturas absolutas hechas el 24 de enero. Se sigue de aquí que en el intervalo de 16 días el cronómetro había variado 17,1 s, lo que da una marcha diaria de 1 segundo 1 décimo y que, por consiguiente, el estado obtenido para la observación de la longitud en Llico era de 11 h 55 m 3,1 s.

Con este estado se obtuvo una longitud de 4 h 48 m 18,8 s, o lo que es lo mismo: 72°4'42". Este resultado da una diferencia hacia el este de cerca de 4 minutos de longitud con la obtenida en la carta. Por lo cual atendiendo a que los cronómetros no estaban arreglados convenientemente para una observación de esta especie y que se usó el horizonte del mar, se da esta longitud sólo con el carácter de aproximada.

AZIMUT

A la hora de la observación de la altura para determinar la longitud se demarcó el Sol. Se hizo el cálculo del azimut del Sol para ese momento y su comparación con la demarcación dio la perturbación del compás en el rumbo en que se encontraba la proa en ese momento. En ese mismo instante se demarcó la línea del eje del canal al sur 74 al este, marcación que, corregida de la perturbación, dio el azimut magnético de 72° del sur al este para la línea del eje del canal. Firmado *A. E. Wilson*.

NOTAS

- 1^a Las horas del comparador indican la hora media del lugar.
 2^a Puntos de referencia: 3 bandera núm. 3 del Código Nacional
 Puntos de referencia: 6 bandera núm. 6 del Código Nacional
 Puntos de referencia: C bandera Compás del Código Nacional
 Puntos de referencia: T bandera Telégrafo del Código Nacional
 Puntos de referencia: P bandera Pólvora del Código Nacional
 Puntos de referencia: Pa bandera Parlamento del Código Nacional

Altura barométrica 0,785 m.
 Mareas, 21 de enero de 1888.

1:30	P.M.	Escala	-0,07
2:00	P.M.	Escala	-0,02
2:30	P.M.	Escala	+0,03

3:00	P.M.	Escala +0,08
3:30	P.M.	Escala +0,12
4:00	P.M.	Escala +0,16
4:30	P.M.	Escala +0,20
5:00	P.M.	Escala +0,18

*Sondaje general de la rada
de bandera parlamento a buque*

Horas	Sondas		Nat. ^a del fdo.	Puntos de referencia	Ángulos	Temp. del agua	Estado del mar	Vientos		
	h	m						br.	m	Dirac.
1	04	2,2	4,20	a. fina	P y Pa-P y T	86-26-26-15	+12°	llano	C	o
"	11	2,2	4,20	"	Pa y P-P yT	75-47-30-03	"	"	"	"
		2,2	4,20	"			"	"	"	"
		2,7	5,30	"			"	"	"	"
		2,7	5,30	"			"	"	"	"
		3,2	6,00	"			"	"	"	"
		3,5	6,50	"			"	"	"	"
		3,5	6,50	"			"	"	"	"
		4,0	7,40	"			"	"	"	"
"	22	4,0	7,40	"	T y P- P y Pa	36-07-33-34	"	"	"	"
		4,5	8,40	"			"	"	"	"
		4,7	8,90	"			"	"	"	"
		5,5	10,00	"			"	"	"	"
"	34	5,5	10,00	"	3 y T-T y Pa	69-54-51-20	"	"	"	"
		6,7	12,15	"			"	"	"	"
		7,0	12,60	"			"	"	"	"
		7,5	13,50	"			"	"	"	"
		7,5	13,50	"			"	"	"	"
"	43	7,7	13,95	"	3 y T-T y Pa	56-22-37-54	"	Cresp.	"	"
		9,7	17,55	"			"	"	"	"
		8,5	15,30	"			"	"	"	"
		8,7	15,75	"			"	"	"	"
		9,5	17,10	"			"	"	"	"
		9,7	17,55	"			"	"	"	"
		10,2	18,36	"			"	"	"	"
		10,2	"	"			"	"	"	"

Del buque a bandera pólvora

Horas		Sondas		Nat. ^a del fdo.	Puntos de referencia	Ángulos	Temp. del agua	Estado del mar	Vientos	
h	m	br.	m						Direc.	Fza.
1	52	8,7	15,75	a. fina	3-T-T-Pa	53-20-35-14	12°	Cresp.	C	o
		7,0	12,60	"			"	"	"	"
		6,0	10,80	"			"	"	"	"
		5,7	10,26	"			"	"	"	"
		5,5	10,00	"			"	"	"	"
		5,0	9,35	"			"	"	"	"
2	04	4,0	7,50	"	6-T-T-Pa	69-14-50-03	"	"	"	"
		3,7	7,15	"			"	"	"	"
		3,7	"	"			"	"	"	"
		3,2	6,00	"			"	"	"	"
		3,3	6,20	"			"	"	"	"
		3,3	"	"			"	"	"	"
		2,5	4,65	"			"	"	"	"
		2,2	4,20	"			"	"	"	"
		2,5	4,65	"			"	"	"	"
		2,5	"	"			"	"	"	"
2	2	3	2,5	"	P y T-T y 3	86-44-72-50	"	"	"	"
		2,2	4,20	"			"	"	"	"
		2,0	3,70	"			"	"	"	"
		1,7	2,80	"			"	"	"	"
		1,7	2,80	"			"	"	"	"
		1,2	2,35	"			"	"	"	"
2	38	1,0	1,80	"	C y 3 y 3-buques	17-32-35-36	"	"	"	"

De bandera telégrafo al buque

Horas		Sondas		Nat. ^a del fdo.	Puntos de referencia	Ángulos	Temp. del agua	Estado del mar	Vientos	
h	m	br.	m						Dirac.	Fza.
			2,0	3,60	a, fina	—	—	—	—	—
			2,5	4,65	"	—	—	—	—	—
			2,5	"	"	—	—	—	—	—
			2,7	5,20	"	—	—	—	—	—
2	43		2,7	"	"	C y 6-6 y 3	22-30-40-30	12°	Cresp.	C o
			2,7	"	"			"	"	"
			2,7	"	"			"	"	"
			2,7	"	"			"	"	"
			2,7	"	"			"	"	"
			2,7	"	"			"	"	"
			2,7	"	"			"	"	"
			2,5	4,65	"			"	"	"
			2,7	5,20	"			"	"	"
2	54		3,0	5,50	"	3 y C-C y T	35-33-61-33	"	"	"
			3,0	"	"			"	"	"
			3,0	"	"			"	"	"
			3,5	6,50	"			"	"	"
			3,7	7,10	"			"	"	"
			4,2	7,90	"			"	"	"
			4,7	8,90	"			"	"	"
			4,7	8,90	"			"	"	"
			5,0	9,30	"			"	"	"
			5,7	10,35	"			"	"	"
			6,5	11,70	"			"	"	"
3	07		7,0	12,60	"	3 y C-C y T	23-20-35-20	"	"	"
			7,2	13,00	"			"	"	"
			7,5	13,50	"			"	"	"
			7,7	13,95	"			"	"	"
			8,2	14,76	"			"	"	"
			9,0	16,20	"			"	"	"
			9,5	17,10	"			"	"	"
3	18	10,00	18,00	"	"	3 y C-C y T	15-47-27-28	"	"	"

Línea del canal

Horas		Sondas		Nat. ^a del fdo.	Puntos de referencia	Ángulos	Temp. del agua	Estado del mar	Vientos	
h	m	br.	m						Direc.	Fza.
1	15	2	1,5 2,70	a. fina 3,70	C y bl ^a -bl ^a y T "	86-44-82-48	12°	Llano		Bar. 785
"	18	2,5	4,70	"	"					
"	20	3	5,50	"	bl ^a y C-3 y C	45-35-47-31	"	"		"
"	25	2,5	4,70	"	"					
"	28	2,75	5,20	"	"					
"	32	4	7,50	"	6 y C-bl ^a y C	18-46-20-52	"	"		"
"	34	4,5	8,35	"	"					
"	36	6	10,80	"	"					
"	38	7,5	13,50	"	6 y bl ^a -P y bl ^a	41-32-47-28	"	"		"
"	44	8	14,60	"	"					
"	47	8,5	15,30	"	P y C-3 y C	56-50-21-37	"	"		"
"	50	9	16,20	"	"					
"	53	10	18,00	"	"					
"	56	10	"	"	P y C-3 y buq.	50-45-66-36	"	"		"
2	00	10,5	18,90	"	"					
"	03	10,5	"	"	"					
"	05	10,75	19,35	"	P y C-3 y buq.	46-35-53-29	"	"		"
"	09	11,5	20,70	"	"					
"	12	12,5	22,70	"	P y C-3 y buq.	45-02-49-06	"	"		"
"	15	13,25	23,85	"	"					
"	16	14	25,20	"	"					
"	18	14,5	26,10	"	"					
"	91	15	27,00	"	P y C-3 y buq.	40-23-34-31	"	"		"

Línea del molo

Horas		Sondas		Nat. ^a del fdo.	Puntos de referencia	Ángulos	Temp. del agua	Estado del mar	Vientos	
h	m	br.	m						Dirac.	Fza.
2	31	2	3,70	a. fina	6 y T-3 y 6	60-24-41-20	12°	Llano		785
"	35	2,5	4,60	"						
"	37	3	5,50	"						
"	39	3,5	6,50	"	C y T-3 y C	39-06-39-05	"	"		"
"	41	4	7,50	"						
"	43	4,5	8,35	"						
"	45	5,5	10,00	"	C y T-C y 3	36-38-26-26	"	"		"
"	47	6	10,80	"						
"	49	6,5	11,70	"						
"	51	8	14,60	"	T y Pa-C y T	36-50-33-05	"	"		"
"	53	8,5	15,30	"						
"	55	9	16,20	"						
"	57	10	18,00	"	Pa y T-6 y T	37-46-40-06	"	"		"
3	00	10,5	18,90	"						
	02	11	19,80	"						
	04	12,5	22,70	"	Pa y T-6 y buq.	35-33-57-46	"	"		"
	6	13	23,40	"			"	"		"
	8	14	25,20	"			"	"		"
3	10	15	27,00	"	Pa y T-6 y buq.	34-36-42-33	"	"		"

Línea paralela a la costa

3	28	1	1,80	a. fina	Pa y T-C y buq.	150-56-56-30	12°	Cresp.		785
"	32	1,5	2,70	"			"	"		"
"	36	3	5,50	"	C y 6-6 y buq.	62-45-88-21	"	"		"
3	42	2	3,70	"	T y C-3 y 6	36-11-42-22	"	"		"

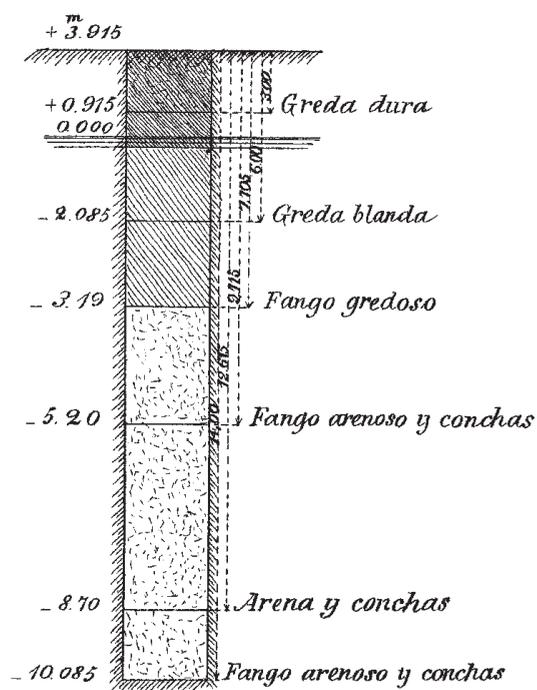
Línea 6 al buque

3	45	4	7,50	a. fina	T y C-3 y C.	36-22-34-44	12°	Llano		785
	52	7	12,60	"	Pa y T-6 y T	31-46-3-58	"	"		"
12	53	2	3,70	"	C y 6-6 y 3	24-09-19-36	"	"		"
		3	5,50	"	C y 6-6 y 3	39-07-16-35	"	"		"
		2,5	4,60	"	6 y 6-T y C	33-09-109-28	"	"		"

ANEXO N° 2
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA DEL CANAL

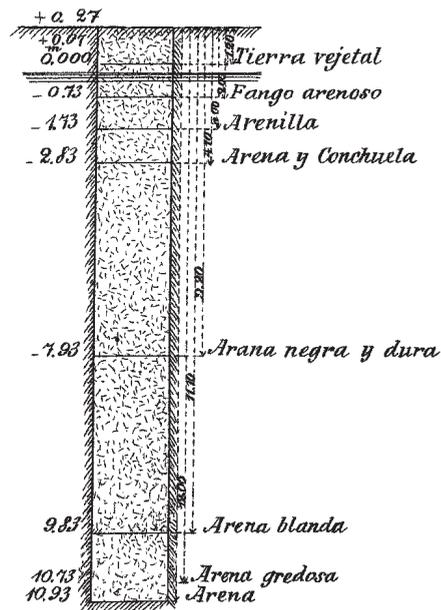
Sondaje A
Quebrada Margarita
Línea 8^{bis} a 464 de 8^{bis} punto a
Cota 5.915

Principiado el 29 de Diciembre de 1887 Terminado el 3 de Enero de 1888.

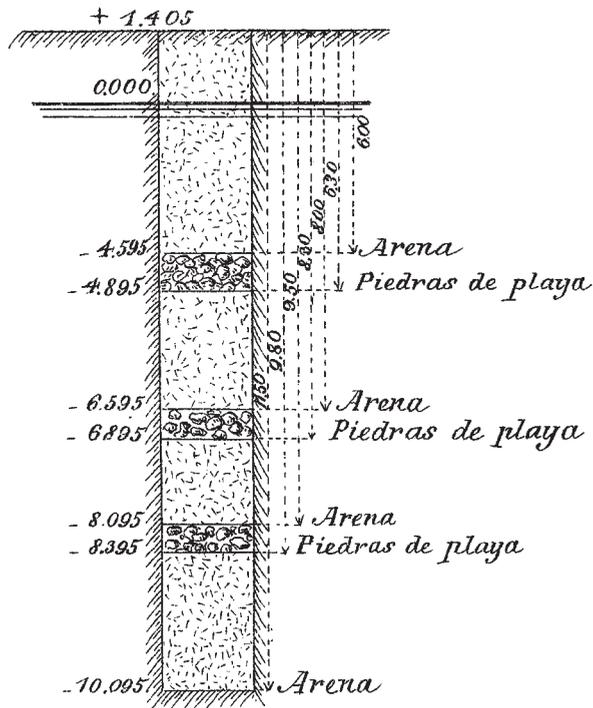


Sondaje B.
Quebrada Margarita
Línea 8 bis a - 170 mtrs de 8 bis 40 mtrs a la izquierda
Cota 1.27

Principiado el 24 de Diciembre de 1887 Terminado el 28 de Diciembre de 1887

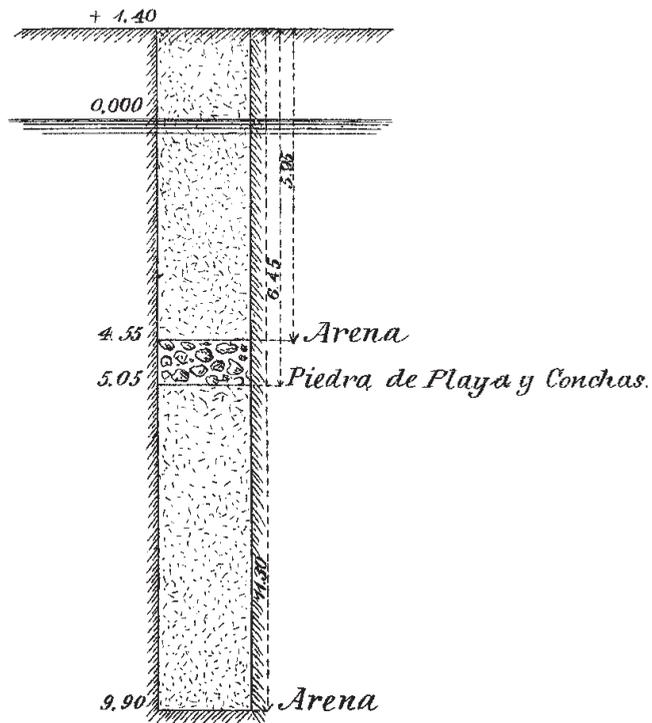


Sondaje N° 1.
Kilómetro 0.00 Eje del Canal
Cota 1.405
Principiado el 4 de Enero de 1888. Terminado el 21 de Enero de 1888.

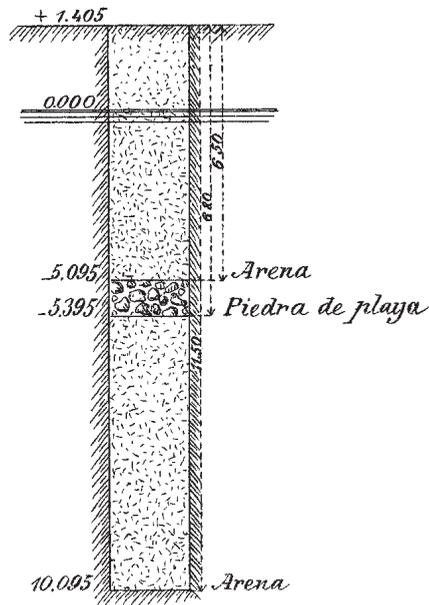


Sondaje Nº 2
Kilómetro 0.00 30^{mbs} mas al Sur del Eje
Cota 1.40

Principiado el 21 de Enero de 1888 Terminado el 24 de Enero de 1888

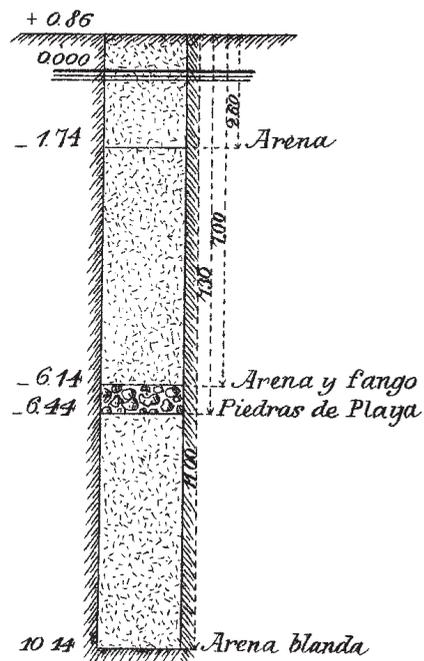


Sondaje N° 3
Kilómetro 0.00 30^{mtr.} mas al Norte del Eje.
Cota + 1.405
Principiado el 24 de Enero de 1888 Terminado el 24 de Enero de 1888

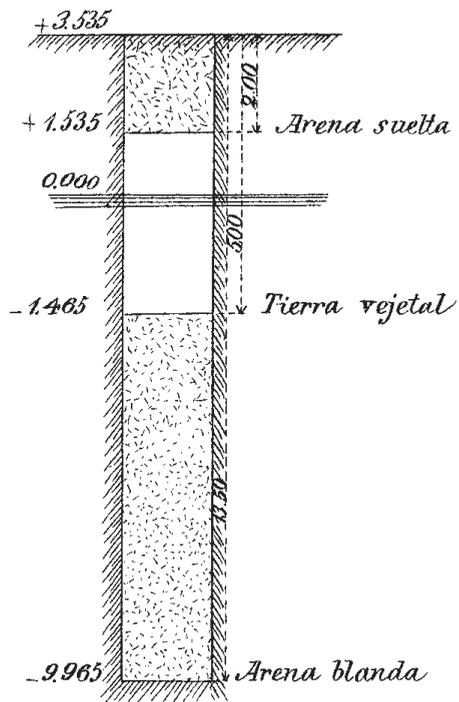


Sondaje N° 4
Kilómetro 300 Eje del canal
Cota 086.

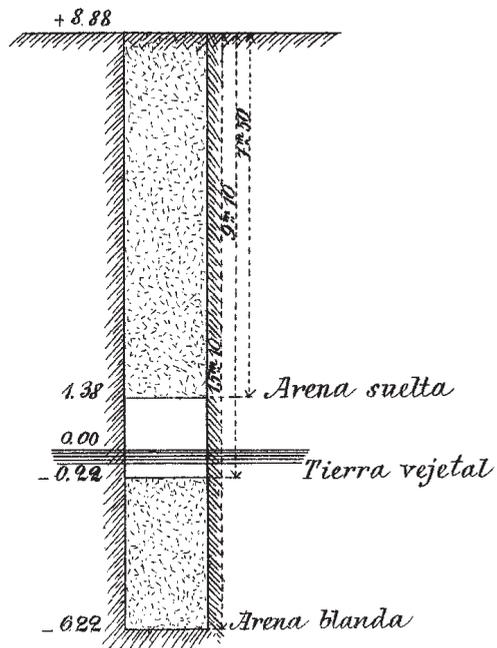
Principiado el 27 de Enero de 1888 - Terminado el 28 de Enero de 1888



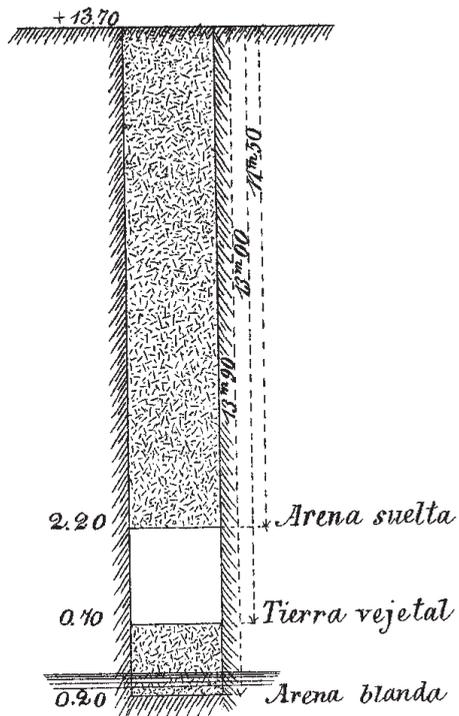
Sondaje N.º 5.
Kilómetro 650 - Eje del Kanal
Cota 5.535
Principiado el 30 de Enero de 1888. Terminado el 30 de Enero de 1888.



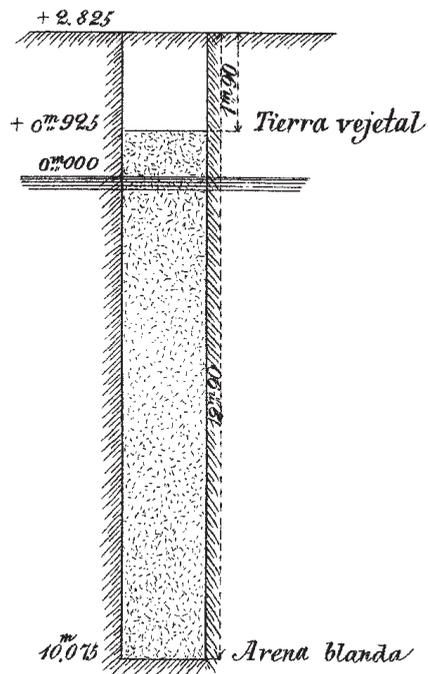
Sondaje N.º 6
Kilómetro 800^{mt} Eje del Canal
Cota 8.^{mt} 88
Principiado el 31 de Enero de 1888. Terminado el 2 de Febrero de 1888



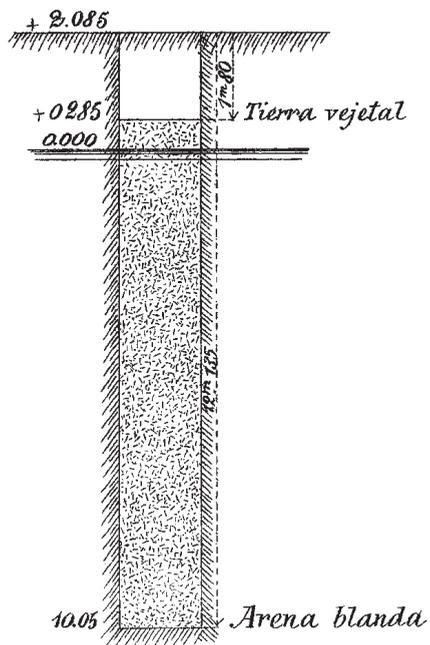
Sondaje N° 1
Kilómetro 862 Eje del Canal
Cota 13.70
Principiado el 2 de Febrero de 1888. Terminado el 4 de Febrero de 1888.



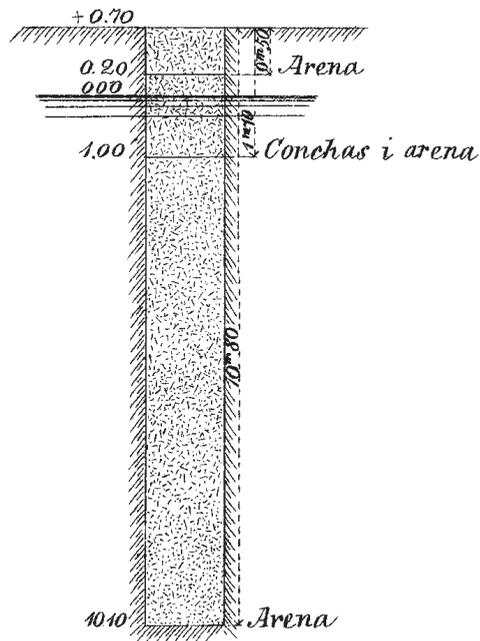
Sondaje N° 8
Kilómetro 1042 Eje del Canal
Cota 2^m 825
Principiado el 5 de Febrero de 1888 Terminado el 5 de Febrero de 1888



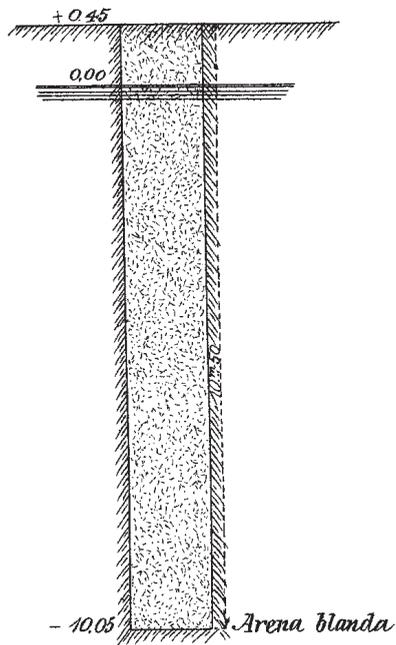
Sondaje N° 9
Kilómetro 1500 Eje del Canal
Cota 2^m 0 85
Principiado el 6 de Febrero de 1888. Terminado el 6 de Febrero de 1888.



Sondaje N° 10
Kilómetro 2355 Eje del Canal
Cota 0.70
Principiado el 7 de Febrero de 1888 Terminado el 7 de Febrero de 1888



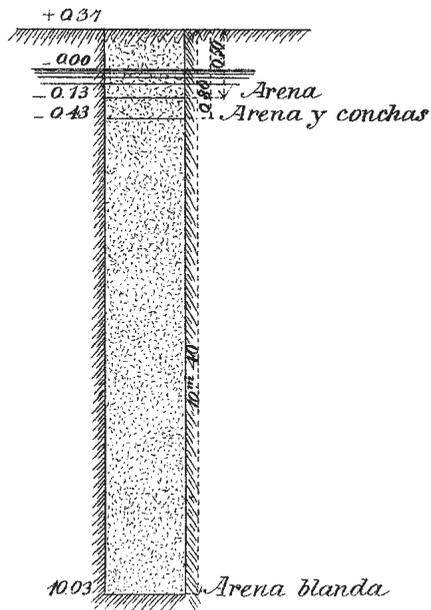
Sondaje N° 11
Kilómetro 2842 Eje del Canal
Cola 0^m 45
Principiado el 8 de Febrero de 1888 Terminado el 9 de Febrero de 1888



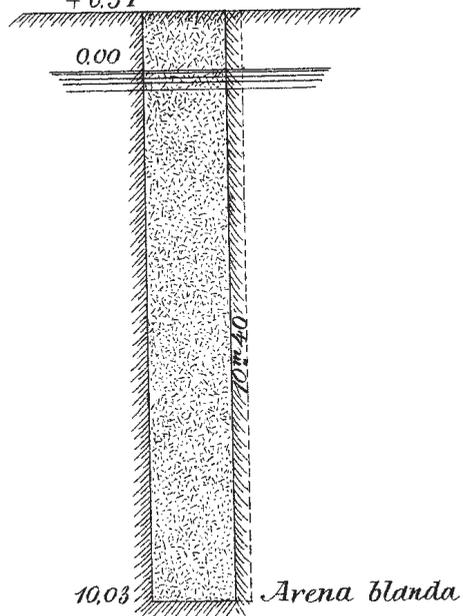
Sondaje N° 12
Kilómetro 4142 Eje del Canal

Cota 0.37.

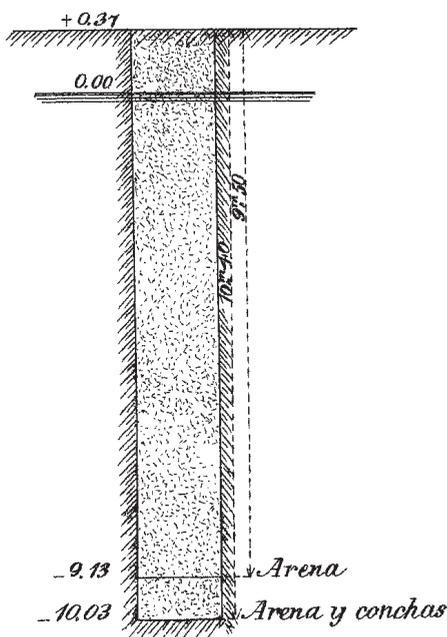
Principiado el 10 de Febrero de 1888. Terminado el 11 de Febrero de 1888



Sondaje N° 13.
Kilómetro 4142 30^{mts} a la izquierda del eje.
Cota 0.37
Principiado el 20 de Febrero de 1888 Terminado el 23 de Febrero de 1888
+ 0.37



Sondaje N° 14.
Kilómetro 4142 30^{mt.} a la derecha del Eje
Cota 0 37.
Principiado el 24 de Febrero de 1888 Terminado el 25 de Febrero de 1888



Estos sondajes han sido hechos por el infrascrito

V^o B^o
J. Ramón Nieto
Inj^{ro} Civil

Santiago, Marzo 11 de 1888
Rómulo Medina
1^{re} 1^o

ANEXO N° 3
 SONDAJES HIDROGRÁFICOS
 DE LA LAGUNA REFERIDOS AL NIVEL MEDIO DEL OCÉANO

Sondaje según dirección N° 1

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
75	3	Fango gredoso	
150	3,5		
225	3,5		
300	3,5		
375	3,5		
450	3,5		
525	3,5		
600	5		
675	9	Fango blando	
750	13		
825	14		
900	18		
975	19		
1.050	20		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2,50 m en el fango.
1.125	22,5		
1.200	23		
1.275	24		
1.350	24,5		
1.425	25		
1.500	26		
1.575	27		
1.650	27,5		
1.725	28		
1.800	28,5		
1.875	29		
1.950	29,5		
2.025	29,5		

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
2.025	29,5		
2.100	30		
2.175	30		
2.250	30		
2.325	30,5		
2.400	31		
2.475	32		
2.550	32		
2.625	29,5		
2.700	27,5	Fango blando	
2.775	23		
2.850	22		
2.925	22		
3.000	23,5		
3.075	23,5		
3.150	21		
3.225	20		
3.300	20,5		
3.375	23		
3.450	23		
3.525	21,5		
3.600	19,5		
3.675	18		
3.750	17		
3.825	14		
3.900	13		
3.975	11		
4.050	7,5	Arena gruesa	

Sondaje según dirección N° 2

43	6	Arena gruesa	
86	9		
129	11		
172	13		
215	13		
258	12		
301	12		
344	13		
387	13		
430	14,5		
473	16,5		
516	18		
559	19,5		
602	21		

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
645	21,5		
688	23		
731	23		
774	23	Fango blando	
817	18,5		
860	18,5		
903	19		
946	21		
989	23,5		
1.032	26,5		
1.075	28		
1.118	28		
11.612	8		
1.204	29		
1.247	29,5		
1.290	31		
1.333	33		
1.376	33,5		
14.193	3,5		
1.462	34		
1.505	34		
1.548	34		
1.591	33,5		
1.634	33,5		
1.677	33,5		
1.720	33,5		
1.763	33		
1.806	33,5		
1.849	33,5		
1.892	33,5		
1.935	33,5		
1.978	33,5		
2.021	33,5		
2.064	33,5		
2.107	32		
2.150	30,5		
2.193	28,5		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2,10 m en el fango.
2.236	26		
2.279	20		
2.322	16		
2.365	13		
2.408	2		
2.451	2		

Sondaje según N° 3

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
69	1	Arena gruesa	
138	9	Fango blando	
207	16,5		
276	23,5		
345	27		
414	30		
483	33		
552	34		
621	35		
690	35		
759	35,5		Una varilla de 12 kg se sumergió 2 m en el fango
828	35,5		
897	35,5		
966	36		
1.035	35,5		
1.104	33		
1.173	32		
1.242	28,5		
1.311	24		
1.380	18		
1.449	13		
1.518	5	Arena gruesa	

Sondaje según N° 4

51	6,5	Fango blando
102	14	
153	19	
204	23,5	
255	28	
306	30	
357	32	
408	33,5	
459	34	
510	34,5	
561	34,5	
612	35	
663	34,5	
714	34,5	
765	34	
816	34	
867	34	
918	34	

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
969	34		
1.020	33,5		
1.071	33,5		
1.122	33,5		
1.173	33,5		
1.224	33,5		
1.275	33,5		
1.326	33		
1.377	33		
1.428	30		Una varilla de 12 kg se sumer- gió 2,50 m en el fango.
1.479	29		
1.530	29		
1.581	28		
1.632	26		
1.683	25		
1.734	25		
1.785	24		
1.836	24		
1.887	25		
1.938	26		
1.989	25,5		
2.040	25,5		
2.091	24		
2.142	22,5		
2.193	21		
2.244	20		
2.295	18		
2.346	16,5		
2.397	14		
2.448	13		
2.499	11		
2.550	9,5		
2.601	8		
2.652	6,5	Fango blando	
2.703	4		
2.754	2	Fango gredoso	
2.805	1,5		
2.856	1,5		
2.907	1,5		
2.958	1		
3.009	1,5		
3.060	1,5		
3.111	3		
3.162	2,5		
3.213	1,5		

Sondaje según dirección N° 5

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
80	11,5	Arena gruesa	
160	14		
240	15	Fango blando	
320	15		
400	15		
480	14,5		
560	13,5		
640	15		
720	20		
800	25		
880	26		
960	26,5		
1.040	27		
1.120	28		
1.200	26		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2,50 m en el fango.
1.280	26		
1.360	26,5		
1.440	26,5		
1.520	25		
1.600	19		
1.680	16		
1.760	13	Fango blando	
1.840	13,5		
1.920	9		
2.000	8		
2.080	6		

Sondaje según dirección N° 6

56	5	Fango blando	
112	11		
168	15		
224	19		
280	26		
336	26		
392	27,5		
448	30		
504	31		
560	32		
616	32		
672	32		
728	32		
784	32		

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
840	32		
896	32		
952	32		
1.008	32		
1.064	31,5		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2,50 m en el fango.
1.120	32		
1.176	32		
1.232	33		
1.288	32,5		
1.344	30		
1.400	27		
1.456	24,5		
1.512	20		
1.568	17		
1.624	15	Fango blando	
1.680	14		
1.736	13,5		
1.792	9,5	Arena gruesa	

Sondaje según dirección N° 7

90	3,5	Fango blando	
180	4,5		
270	6		
360	5,5		
450	13,5		
540	18		
630	24		
720	29		
810	31		
900	32		
990	33		
1.080	32,5		
1.170	31,5		
1.260	29,5		
1.350	27,5		
1.440	25,5		
1.530	22,5		
1.620	18		
1.710	10,5		
1.800	3,5		

Sondaje según dirección N° 8

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
73	3	Fango blando	
146	8		
219	8,5		
292	8,5		
365	8		
438	10	Fango blando	
511	11		
584	11,5		
657	14		
730	15		
803	17		
876	18		
949	19		
1.022	20,5		
1.095	21		
1.168	21		
1.241	20		
1.314	16,5		
1.387	7	Arena gruesa	

Sondaje según dirección N° 9

49	12	Fango blando	
98	16,5		
147	21		
196	23,5		
245	23,5		
294	23,5		
343	24		
441	17,5		
490	18		
539	18		
588	17		
637	18		
686	25		
735	29		
784	31		
833	33		
882	33		
931	33,5		
980	33,5		
1.029	33,5		
1.078	33	Fango blando	

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
1.127	31		
1.176	29		
1.225	28		
1.274	20		
1.323	13		
1.372	5		

Sondaje según dirección N° 10

103	19	Fango blando	
206	25		
309	29		
412	31		
515	32		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2,50 m en el fango.
618	32		
721	31		
824	28		
927	23,5		

Sondaje según dirección N° 11

60	18	Fango blando	
120	21		
180	25		
240	27		
300	29		
360	30,5		
420	31		
480	31	Fango blando	
540	30,5		
600	30,5		
660	30,5		
720	28,5		
780	26,5		
840	25		
900	23,5		
960	21		
1.020	18,5		
1.080	16,5		
1.140	15		
1.200	13		

Sondaje según dirección N° 12

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
136	19	Fango blando	
272	24		
408	26		
544	26		
680	26,5		
816	27		
952	27		
1.088	27		
1.224	27		
1.360	25		
1.496	26,5		
1.632	26,5		
1.768	26		
1.904	25		
2.040	23		
2.176	21		
2.312	16,5		
2.448	13		
2.584	10,5		

Sondaje según dirección N° 13

139	15	Fango blando	
278	20		
417	22,5		
556	24		
695	24		
834	23		
973	20,5		
1.112	18		

Sondaje según dirección N° 14

129	14	Fango blando	
258	6		
387	7		
516	8		
645	20		
774	17		Una varilla de hierro de 12 kg se sumergió 2 m en el fango.
903	13		
1.032	11,5		
1.161	10		
1.290	10		

Sondaje según dirección N° 15

<i>Distancia al origen</i>	<i>Sondas</i>	<i>Naturaleza del fondo</i>	<i>Observaciones</i>
103	8,5	Fango blando	
206	12,5		
309	13		
412	14		
515	14		
618	14		
721	13,5		
824	13		
927	8,5		

Sondaje según dirección N° 16

138	9	Fango blando	
276	11,5		
414	12		
552	10		

Sondaje según dirección N° 17

148	10	Fango blando	
296	9,5		
444	9		
592	8,5		
740	8,5		

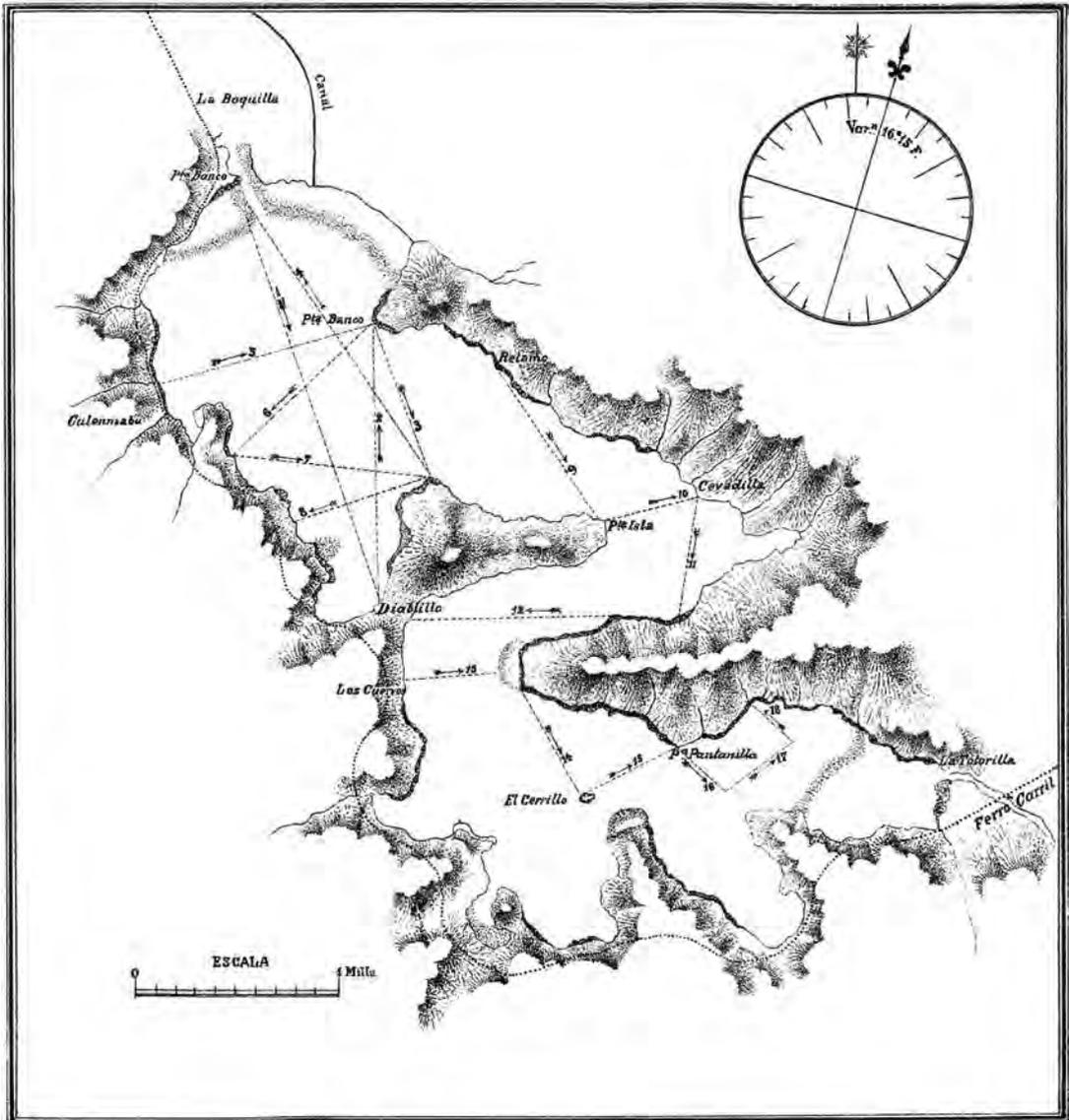
Sondaje según dirección N° 18

100	8,5	Fango blando	
200	8,5		
300	8,5		
400	8		

Estos sondeos han sido hechos por el infrascrito.

RÓMULO MEDINA
Teniente 1° de la Armada

V° B° *J. Ramón Nieto*
Ingeniero civil



ANEXO N° 4

MAREAS

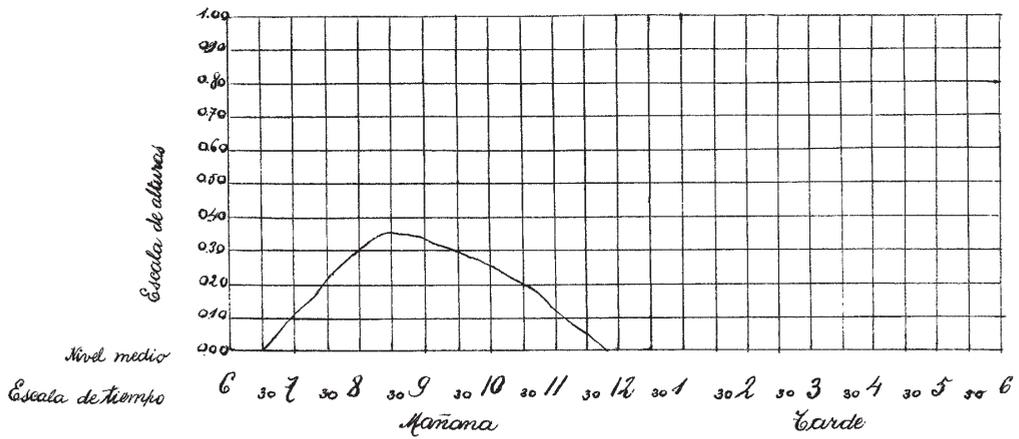
Anexo nº 4

Lamina nº 1

Diciembre 14

1887

Luna ●



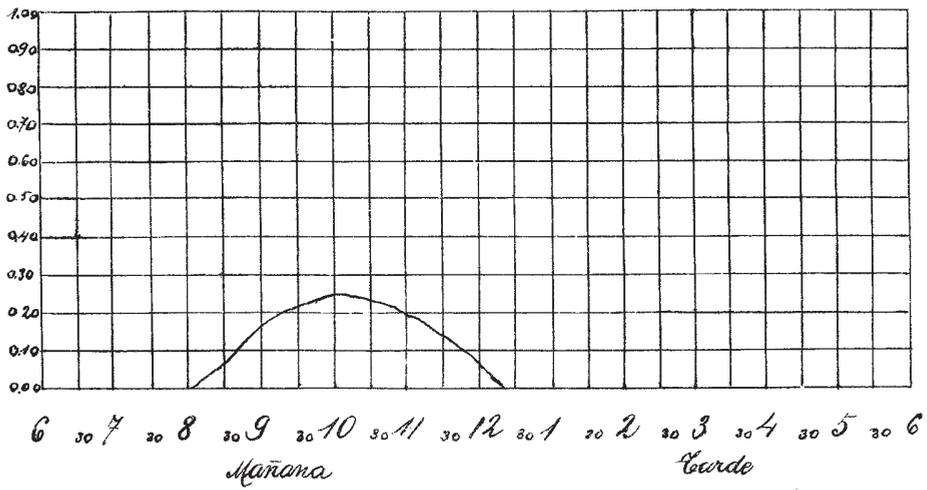
Hoja n.º 4

Lámina n.º 2

Diciembre 15

1887

Luna



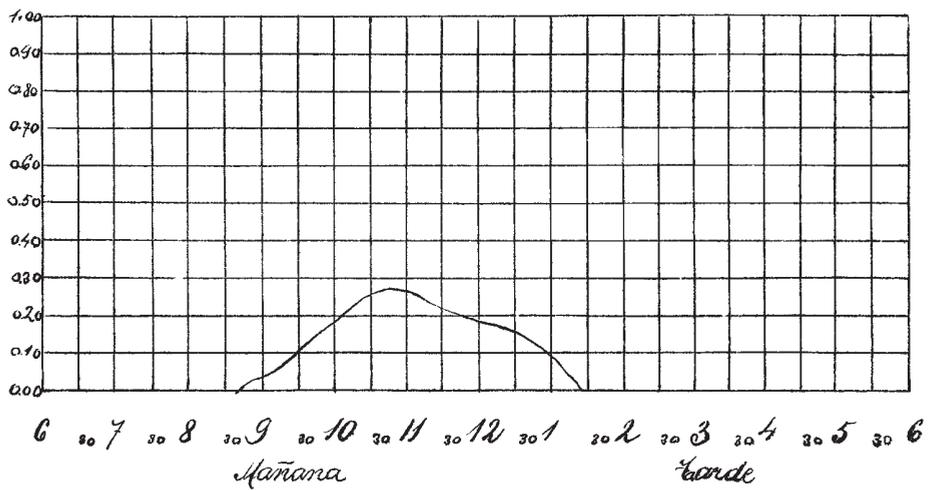
Anexo 4

Lamina 1. 3

Diciembre 16

1887

Lima



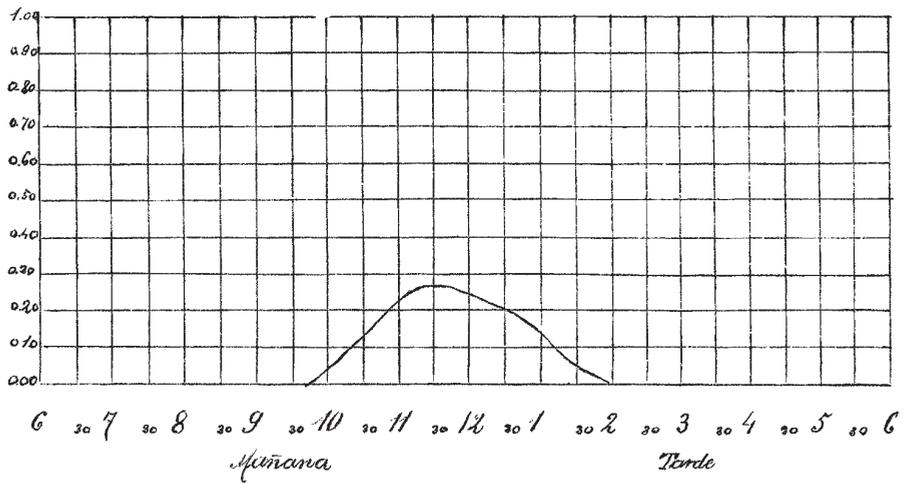
Anexo N° 4

Señal N° 4

Diciembre 17

1887

Lima



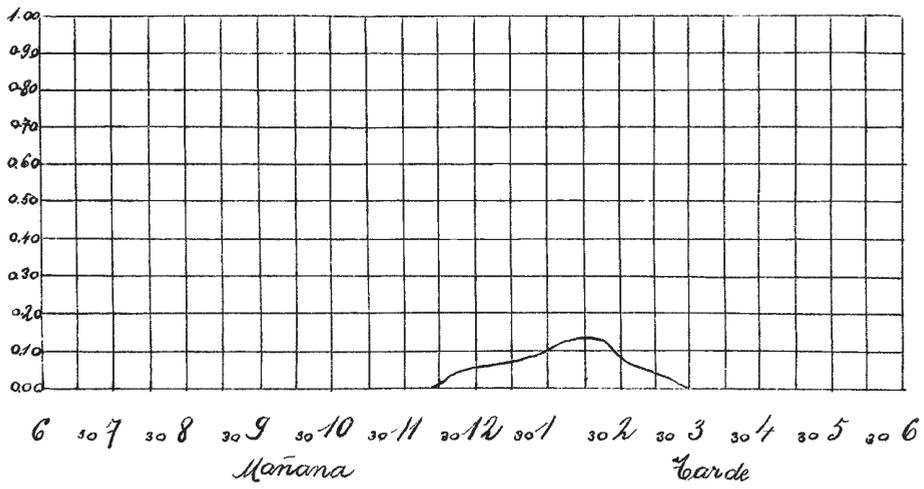
Anexo N° 4

Lámina N° 5

Diciembre 19

1887

Luna



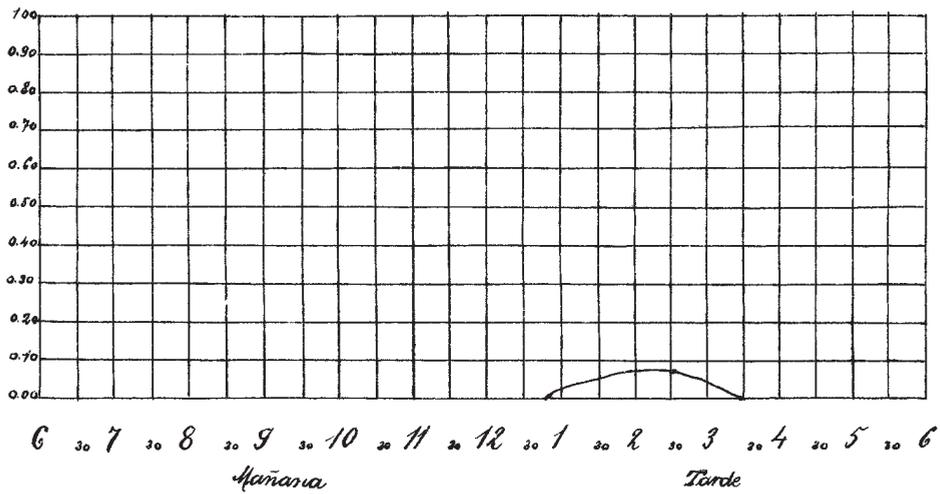
Anexo n.º 4

Lamina n.º 6

Diciembre 20

1887

Luna



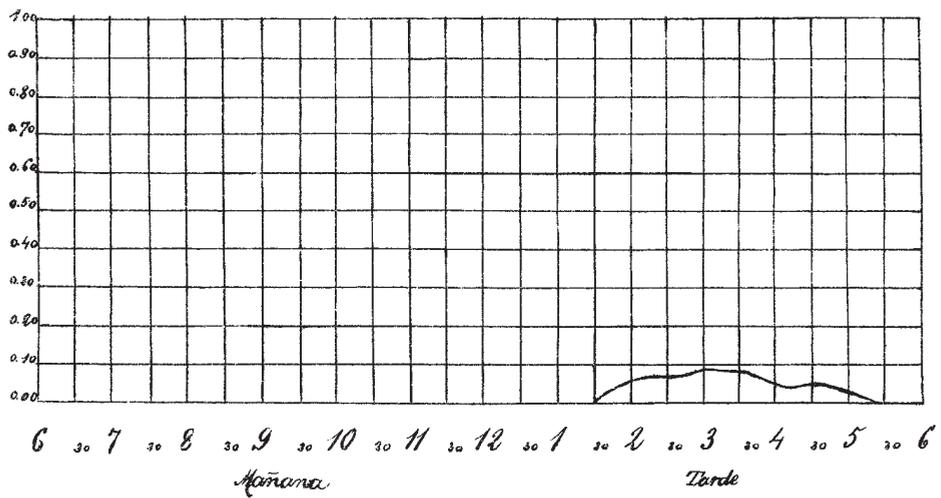
Anexo N° 4

Lamina N° 7

Diciembre 21

1887

Lima



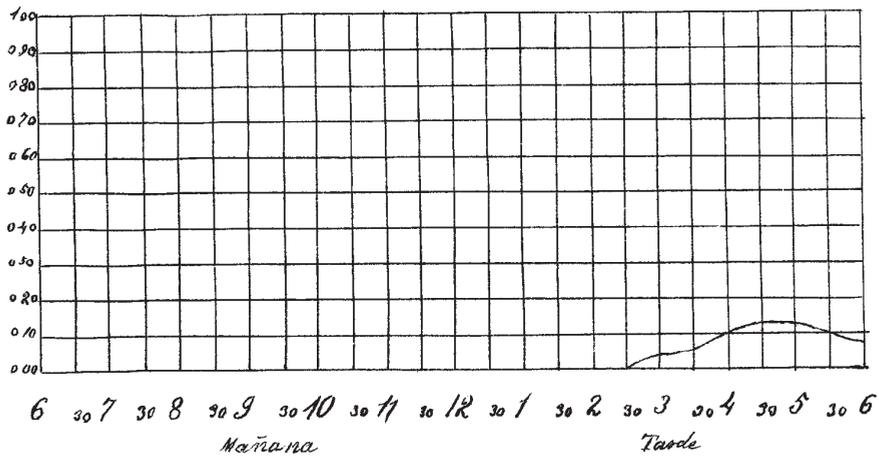
Anexo N° 4

Lámina N° 8

Diciembre 22

1887

Luna c



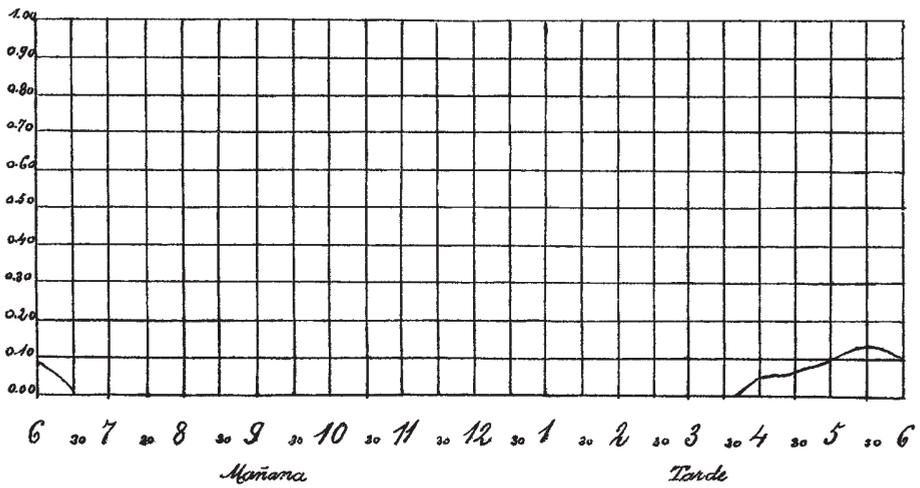
Arcecor N° 4

Lamina N° 9

Diciembre 23

1887

Lima



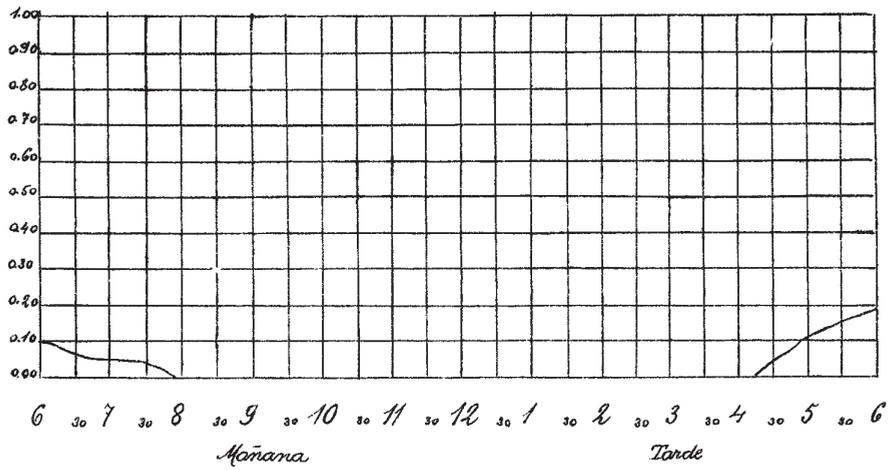
Anexo N° 4

Lámina N° 10

Diciembre 24

1887

Luna



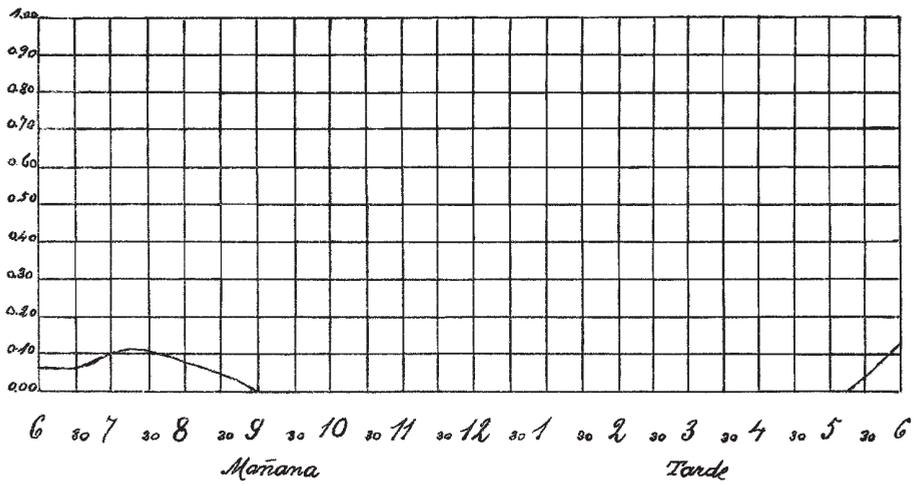
Anexo N° 4

Lamina N° 11

Diciembre 26

1887

Lima



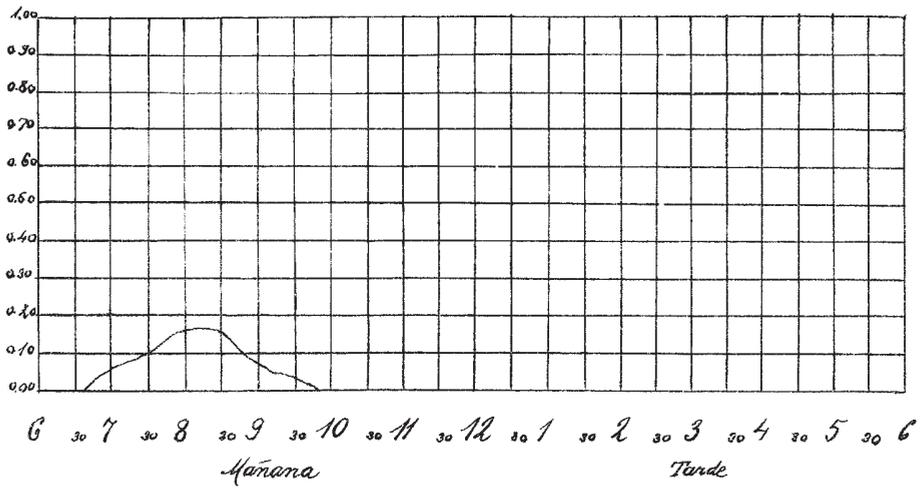
Anexo N° 4

Lámina N° 12

Diciembre 27

1887

Luna



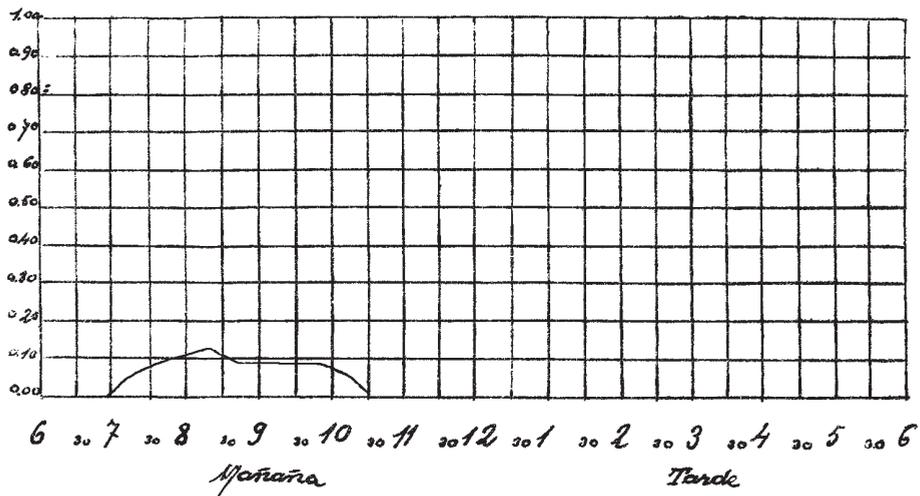
Anexo N° 4

Lámina N° 13

Diciembre 28

1887

Lima



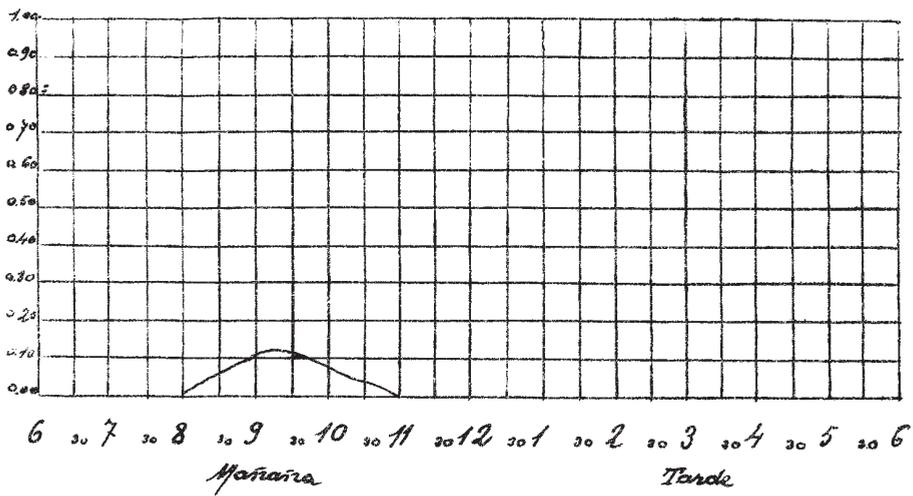
Anexo N° 4

Lamina N° 14

Diciembre 29

1887

Luna



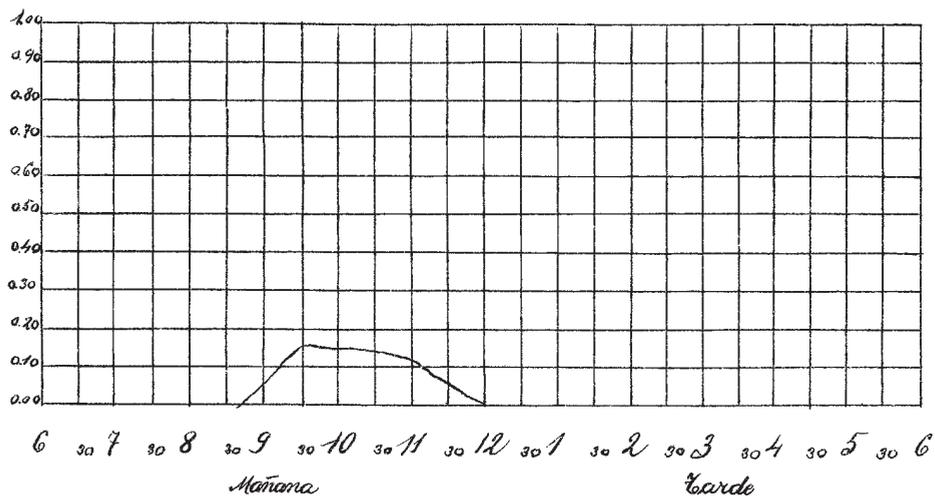
Temperatura N.º 4

Límite N.º 15

Diciembre 30

1887

Lima 0



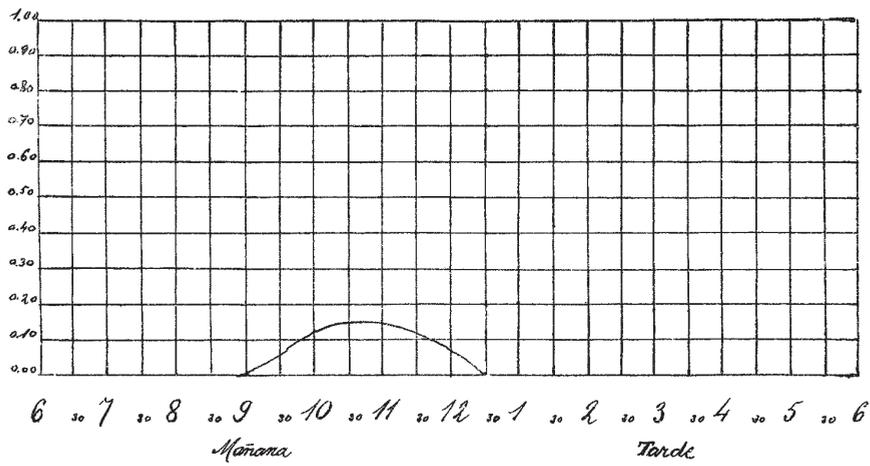
Anexo N° 4

Lámina N° 16

Diciembre 31

1887

Luna



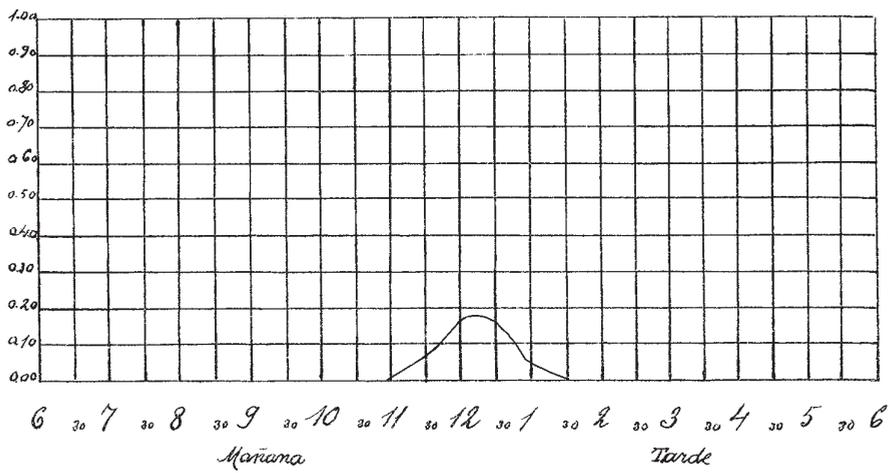
Anexo no 4

Lámina no 17

Enero 2

1888

Lima



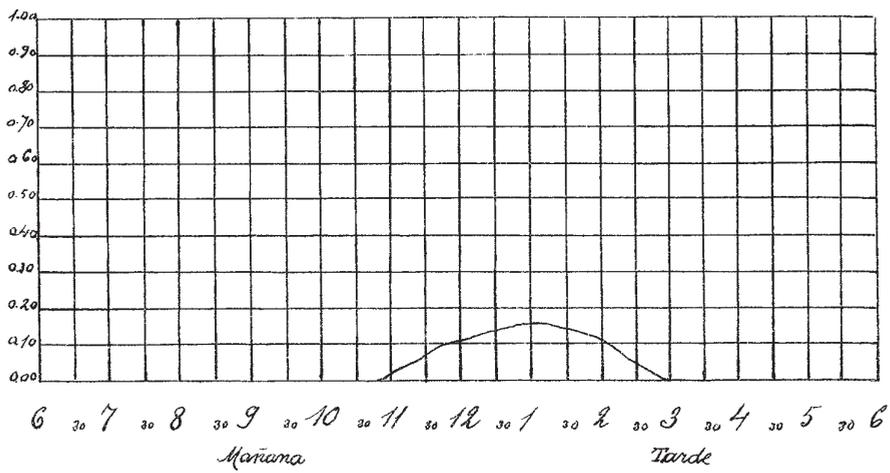
Anexo n.º 4

Lámina n.º 18

Enero 3

1888

Lima



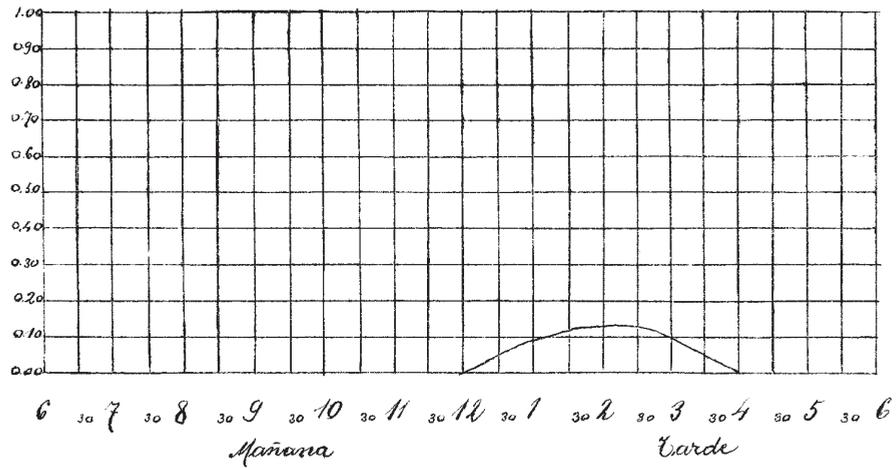
Anexo N° 4

Lámina N° 19

Enero 4

1888

Luna



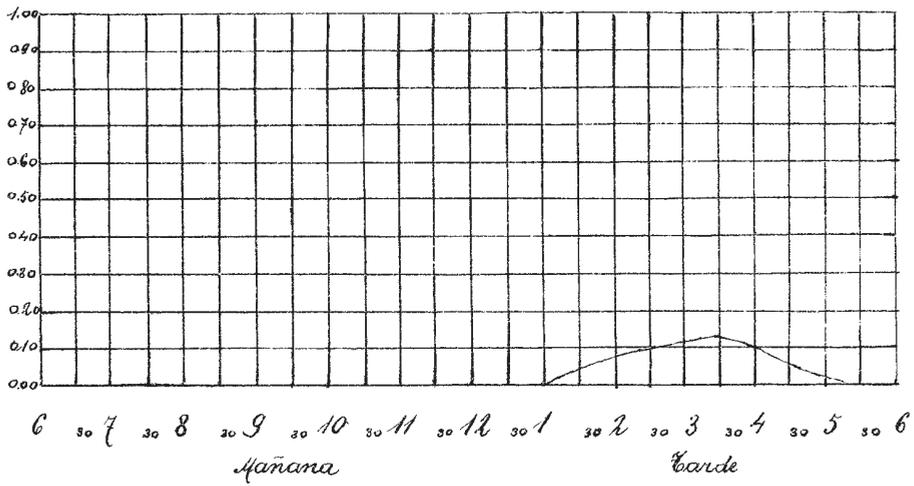
Anexo nº 4

Lámina nº 20

Enero 5

1888

Luna



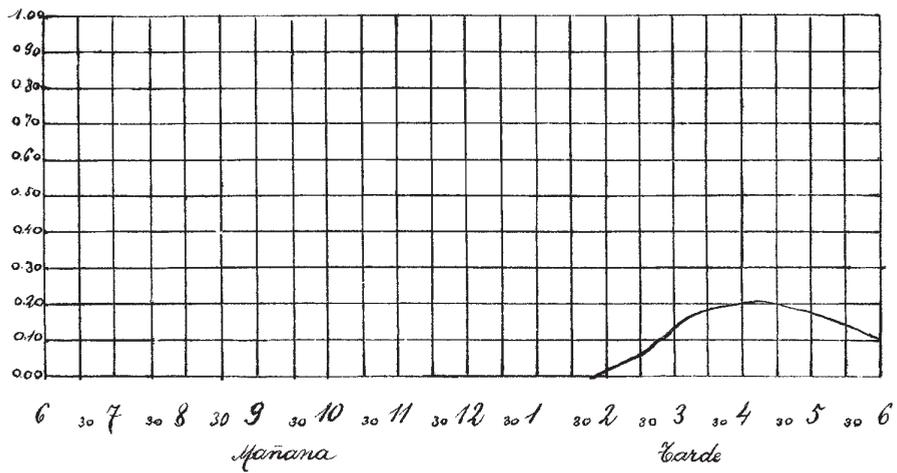
Anexo N° 4

Lámina N° 21

Enero 6

1888

Luna 3



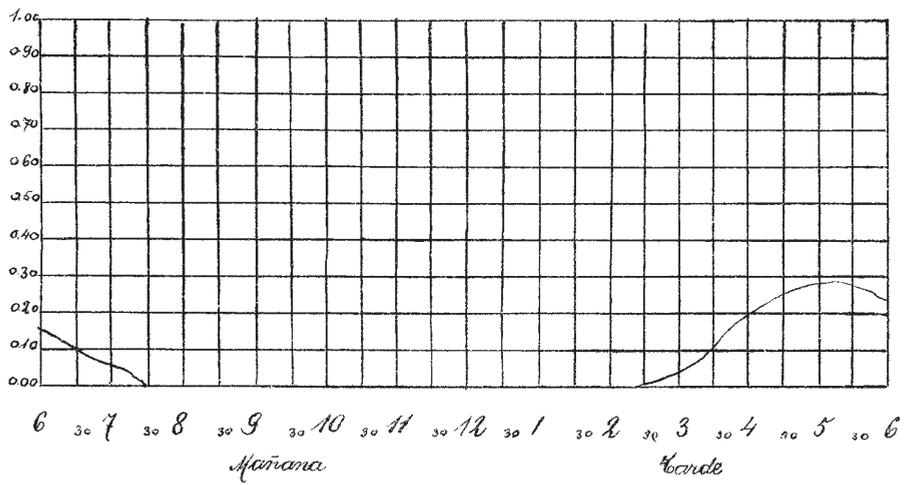
Anexo N° 4

Lamina N° 22

Enero 7

1888

Luna



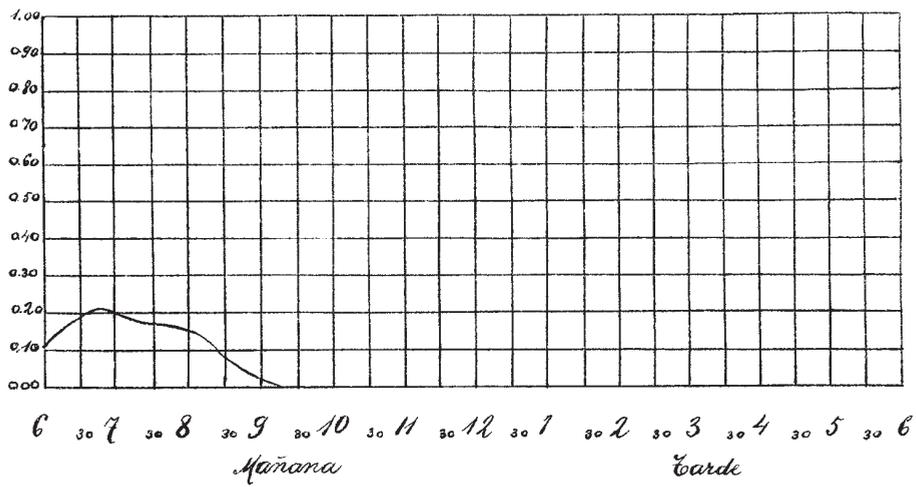
Anexo 4

Lámina nº 23

Enero 9

1888

Luna



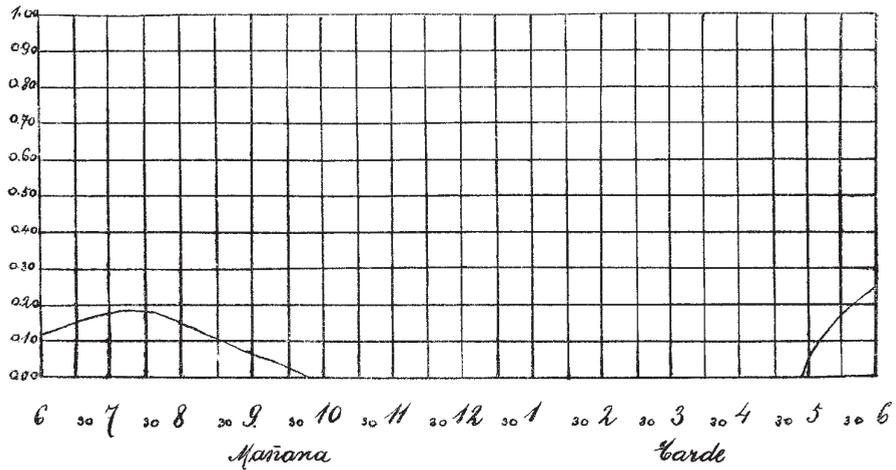
Anexo N° 4

Lámina N° 24

Enero 10

1888

Lima



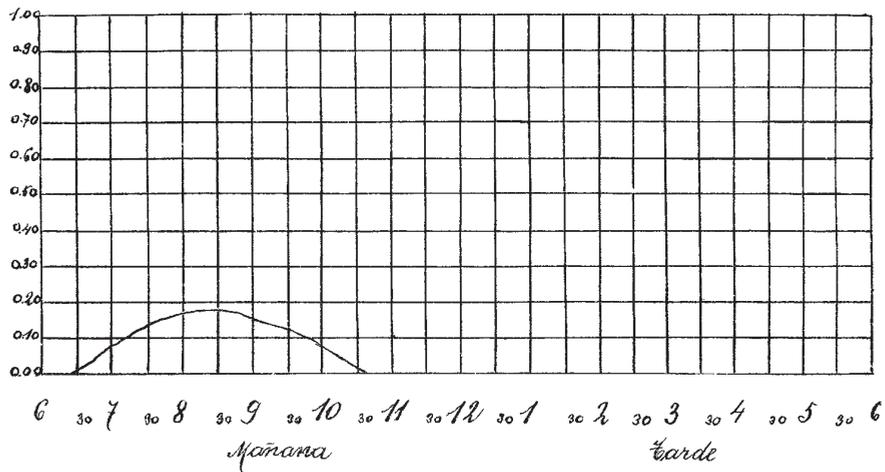
Anexo N° 4

Lámina N° 25

Enero 11

1888

Luna



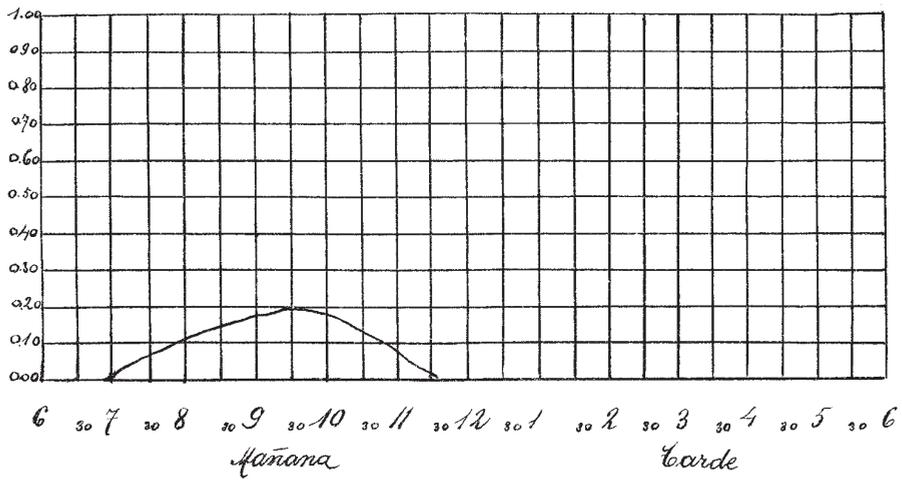
Anexo N° 4

Lámina N° 26

Enero 12

1888

Luna



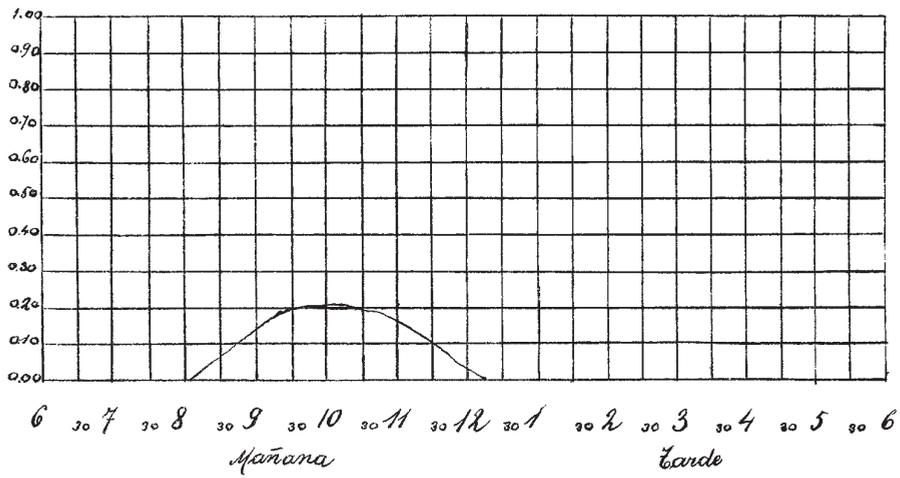
Anexo N° 4

Lámina N° 27

Enero 13

1888

Lima



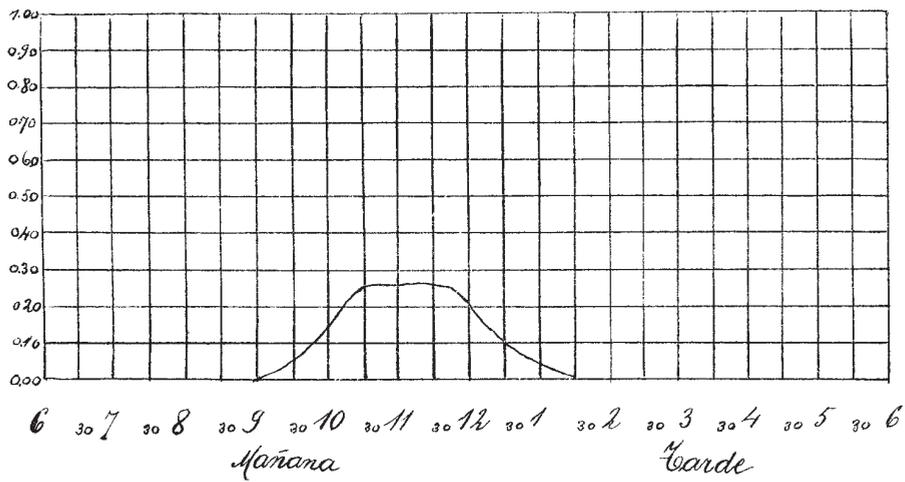
Apéndice N° 4

Lámina N° 28

Enero 14

1888

Lima



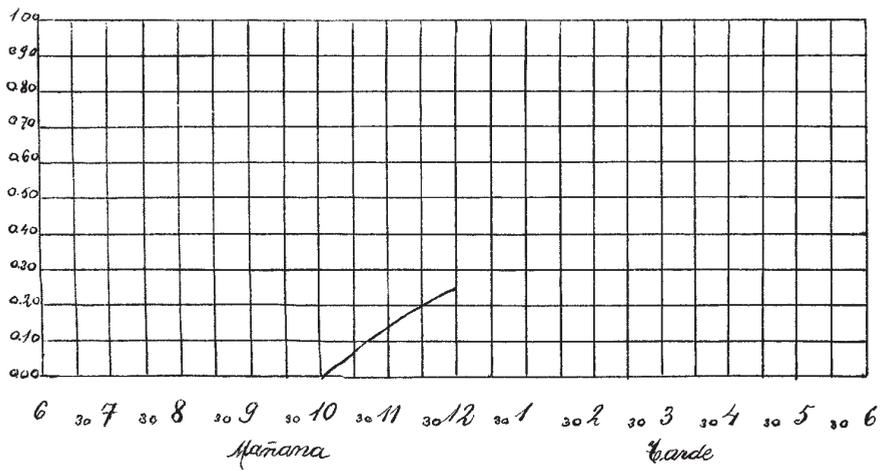
Anexo n.º 4

Lámina n.º 29

Enero 15

1888

Lima



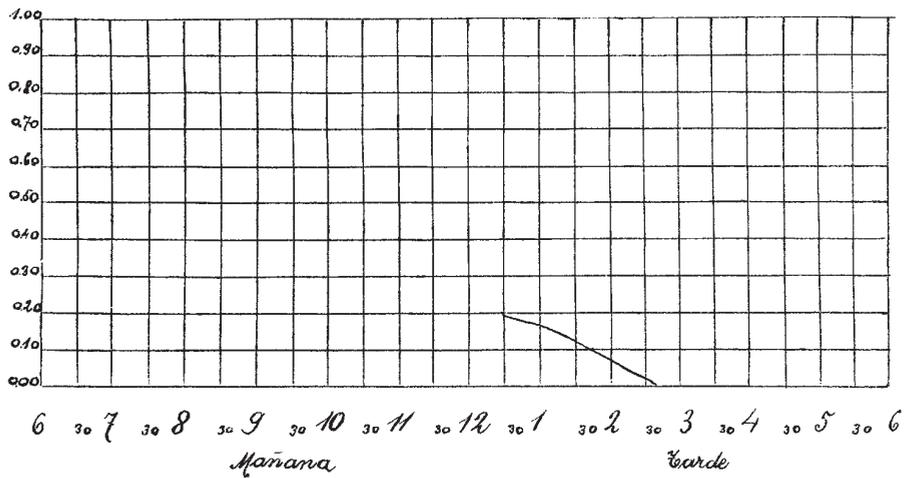
Anexo N° 4

Lamina N° 30

Enero 16

1888

Lima



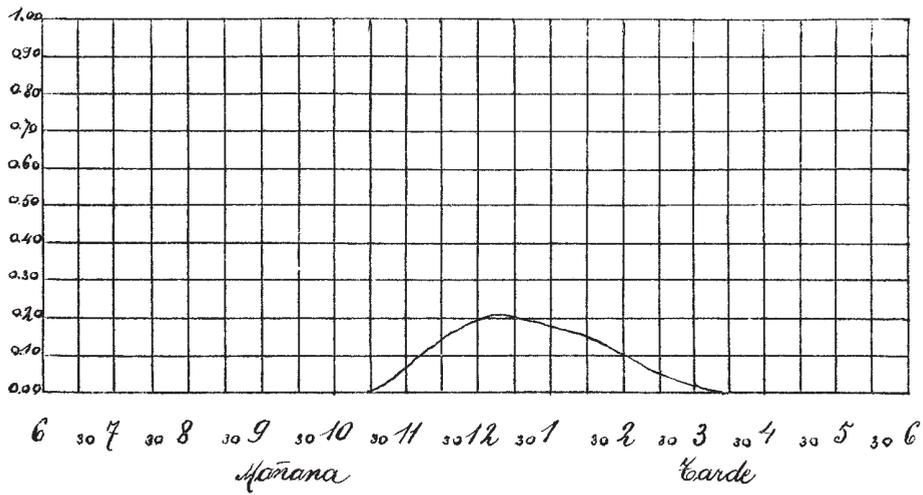
Anexo N° 4

Lamina N° 31

Enero 17

1887

Luna



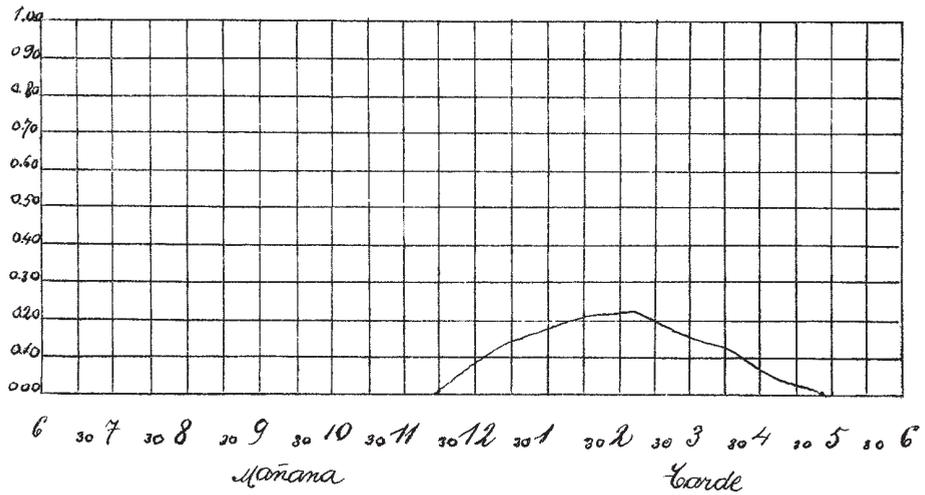
Anexo N° 4

Lamina N° 32

Enero 18

1888

Luna



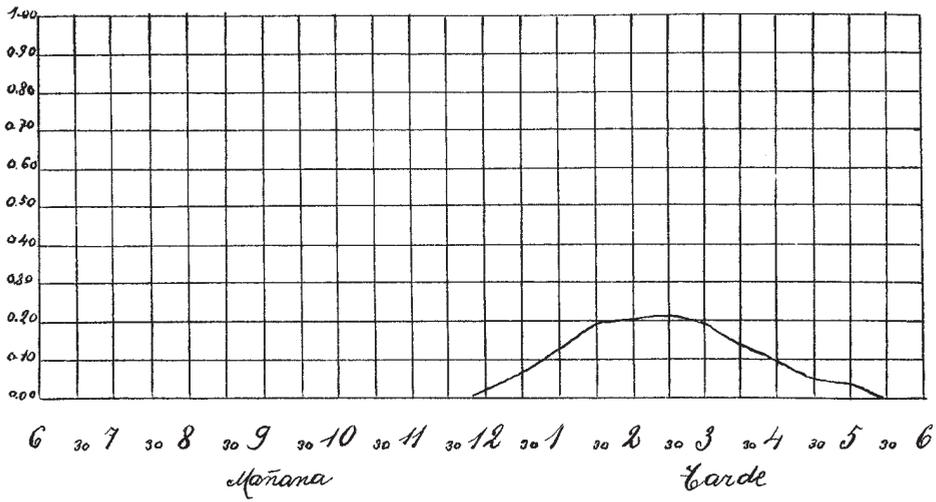
Anexo 4

Lamina N° 33

Enero 19

1888

Luna



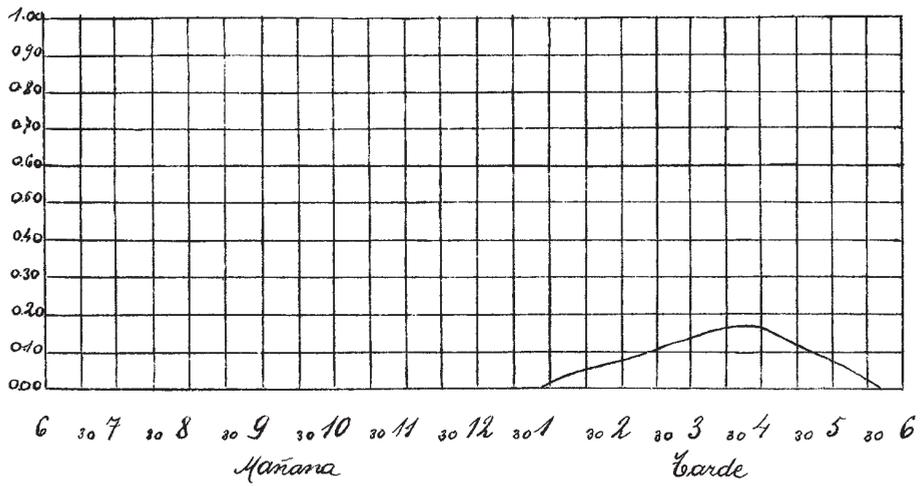
Anexo 4

Lámina nº 34

Enero 20

1888

Lima



ANEXO N° 5

PERFILES TRANSVERSALES DEL CANAL

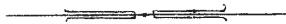
Anexo N° 5

Anexo núm. 5

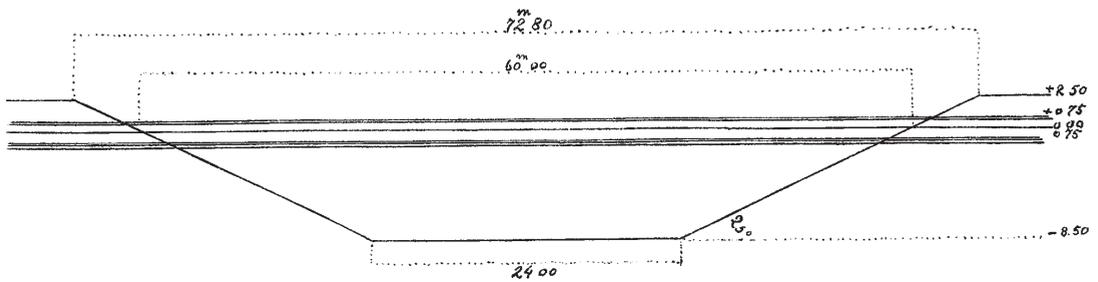
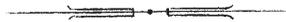
Lámina N° 1

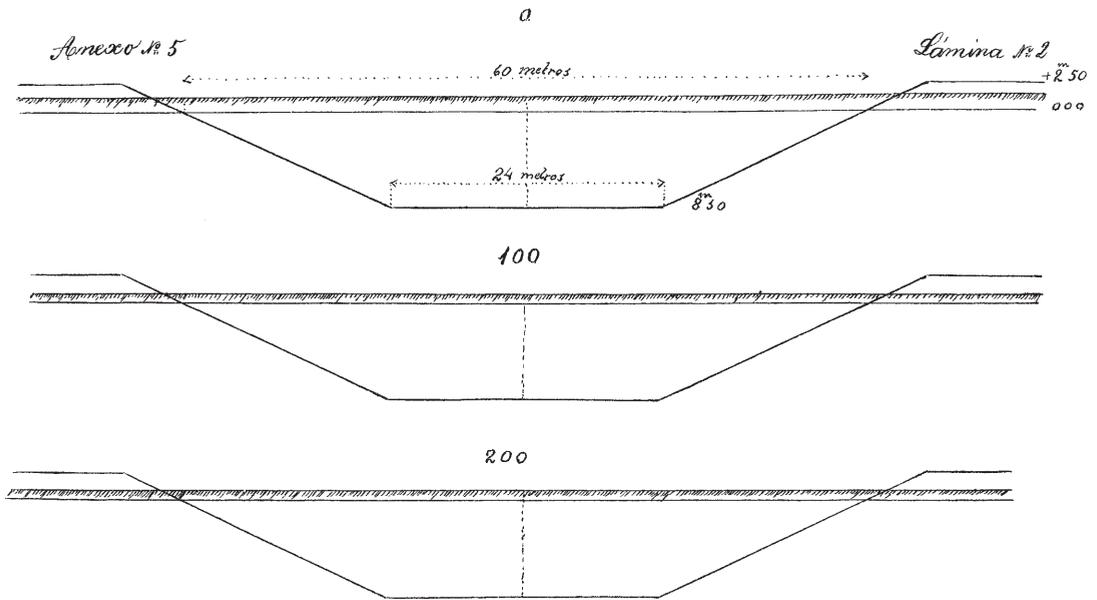
Perfiles transversales del canal

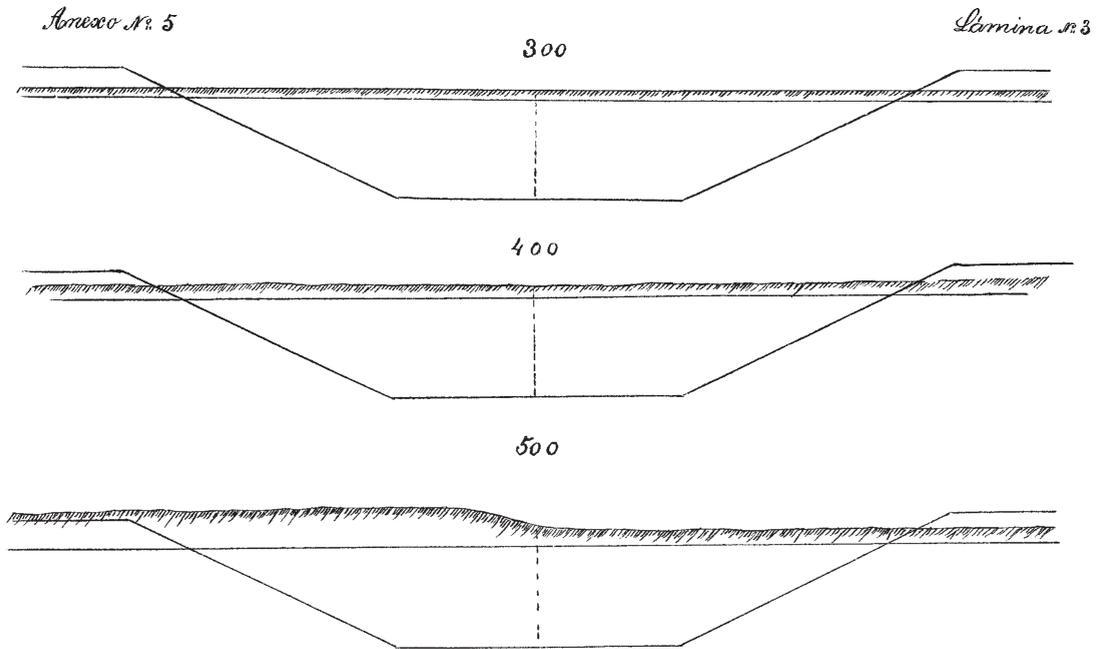
Perfil tipo

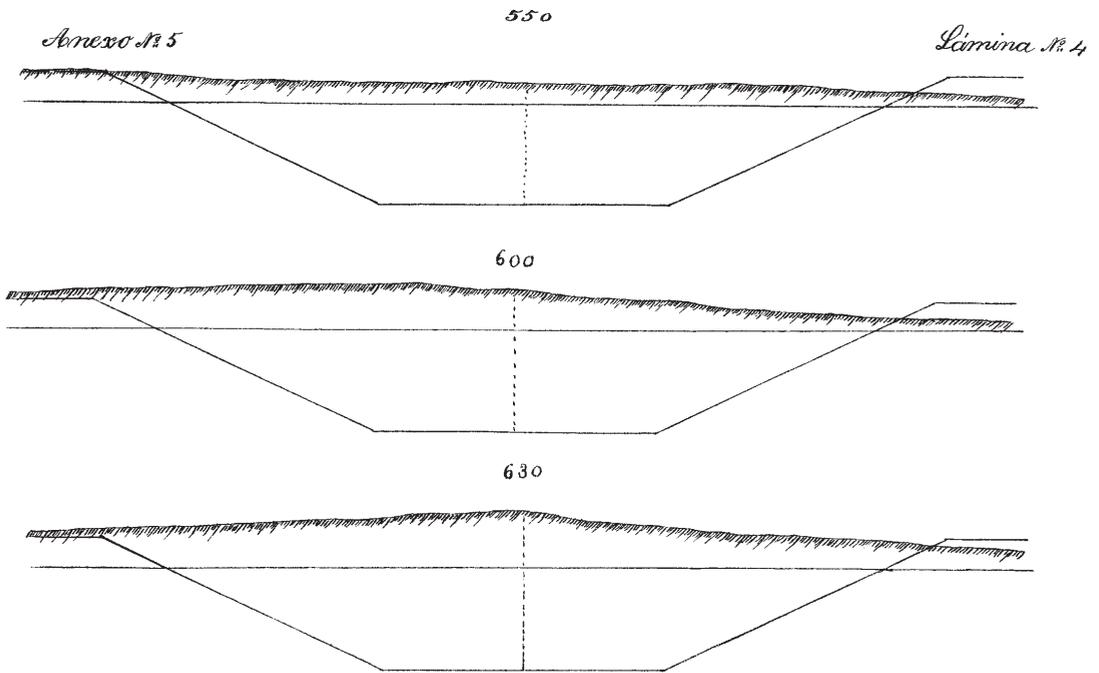


Escala $\frac{1}{500}$



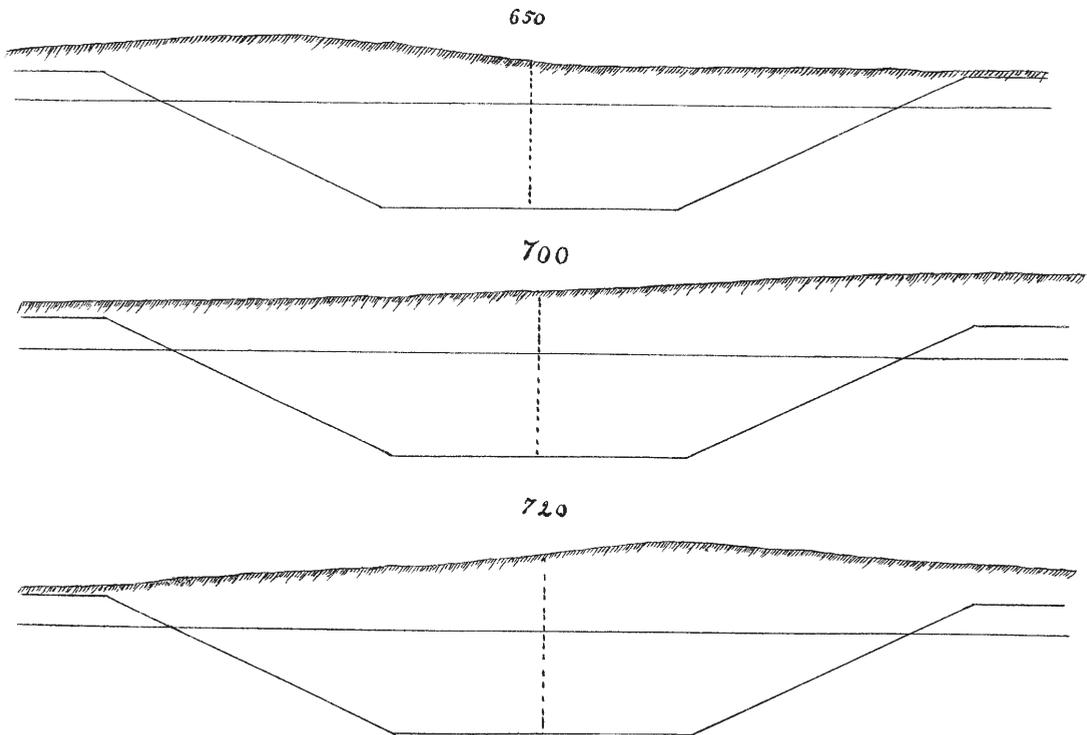


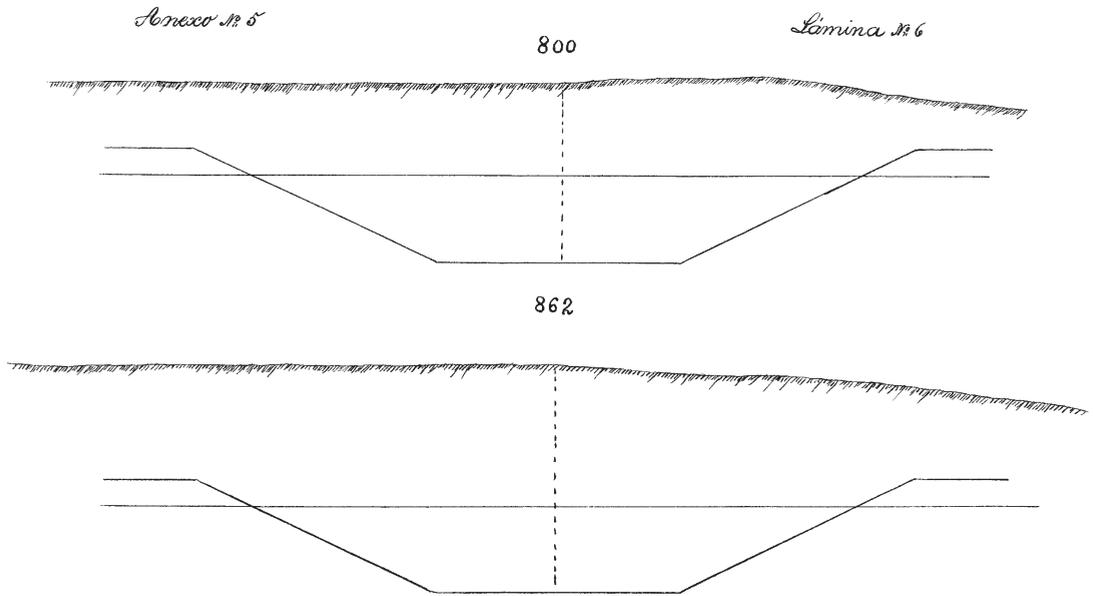


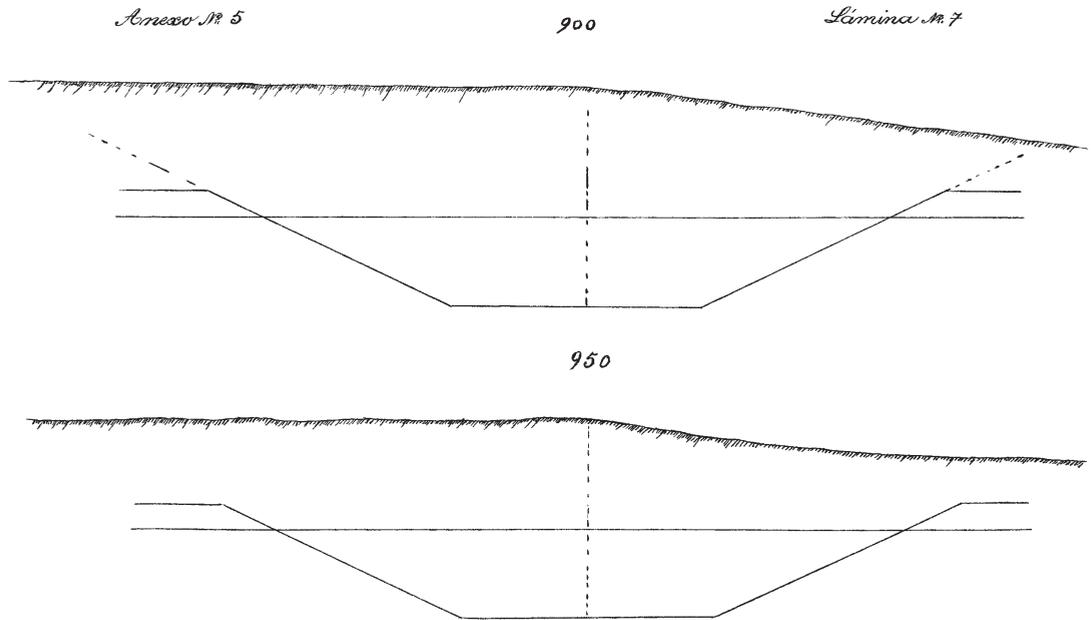


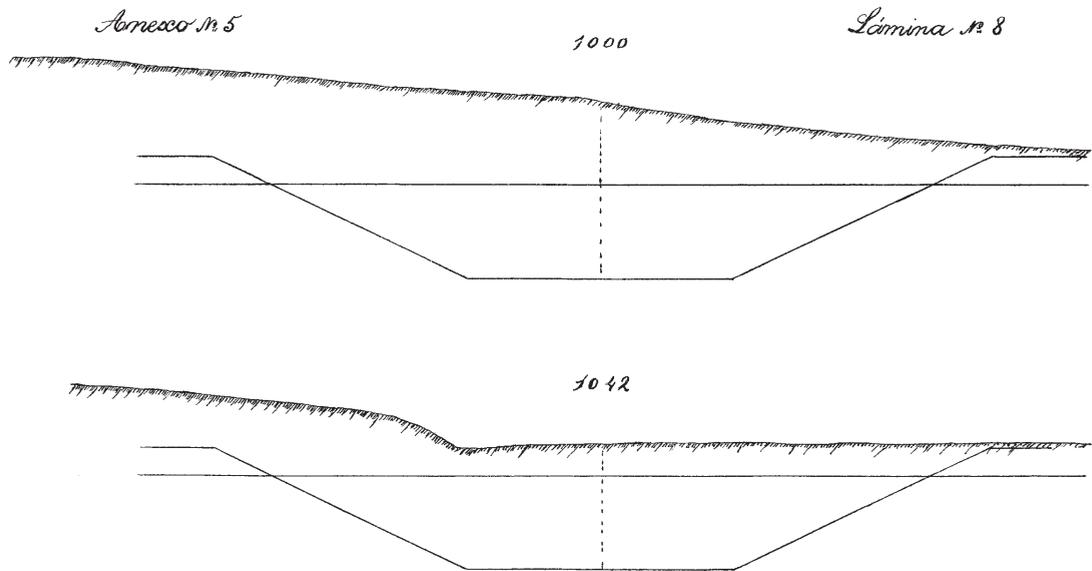
Anexo N° 5

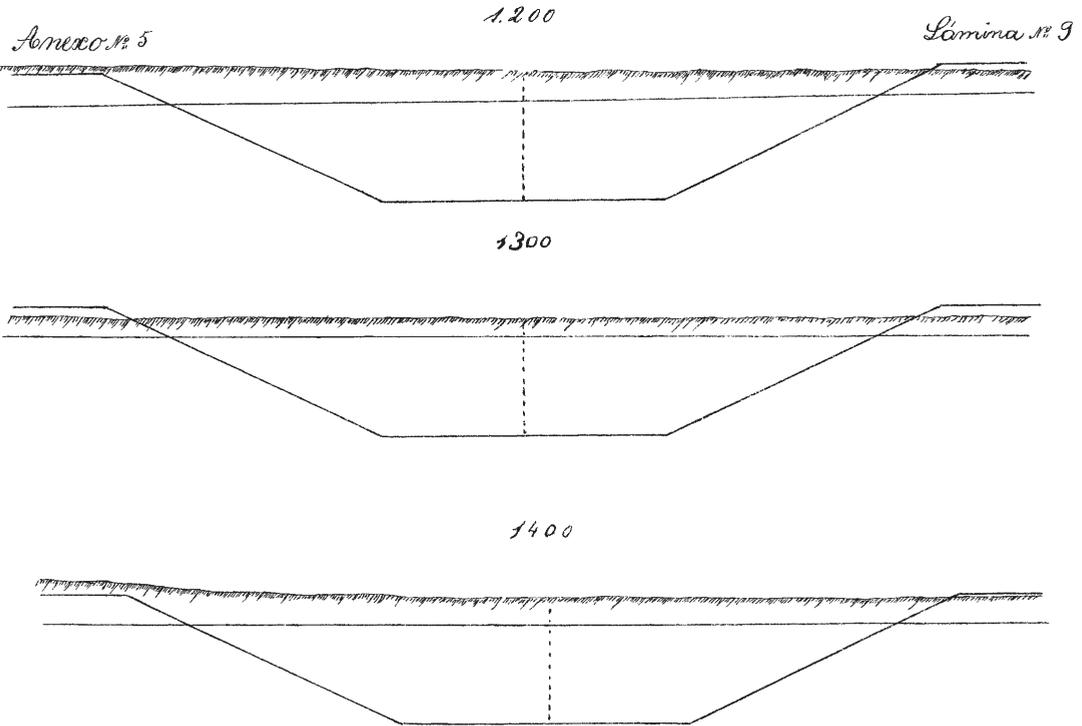
Lamina N° 5

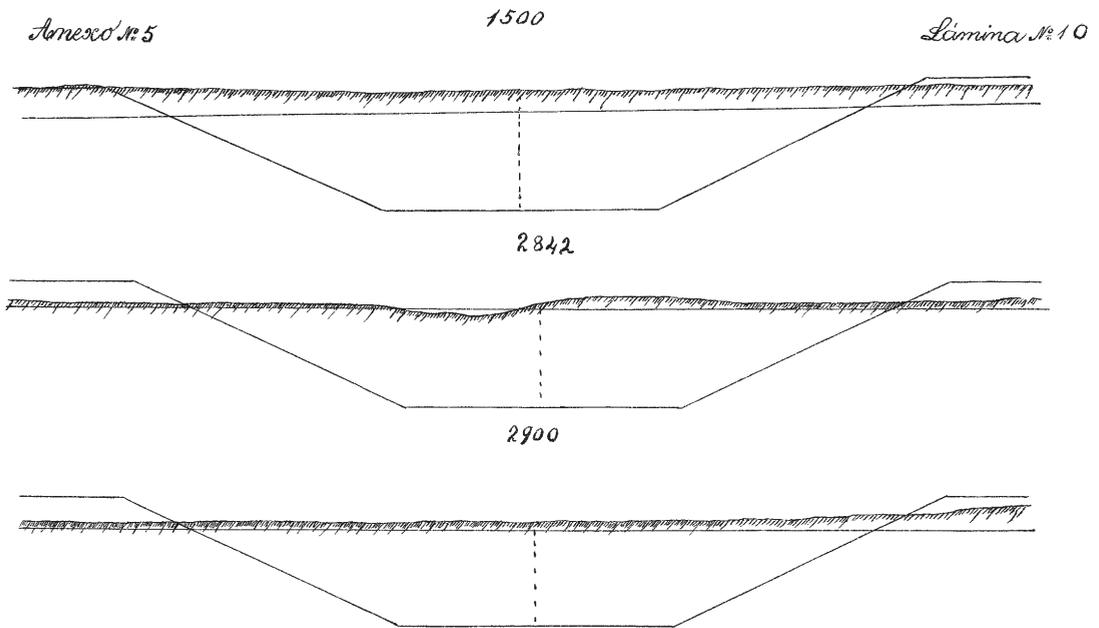


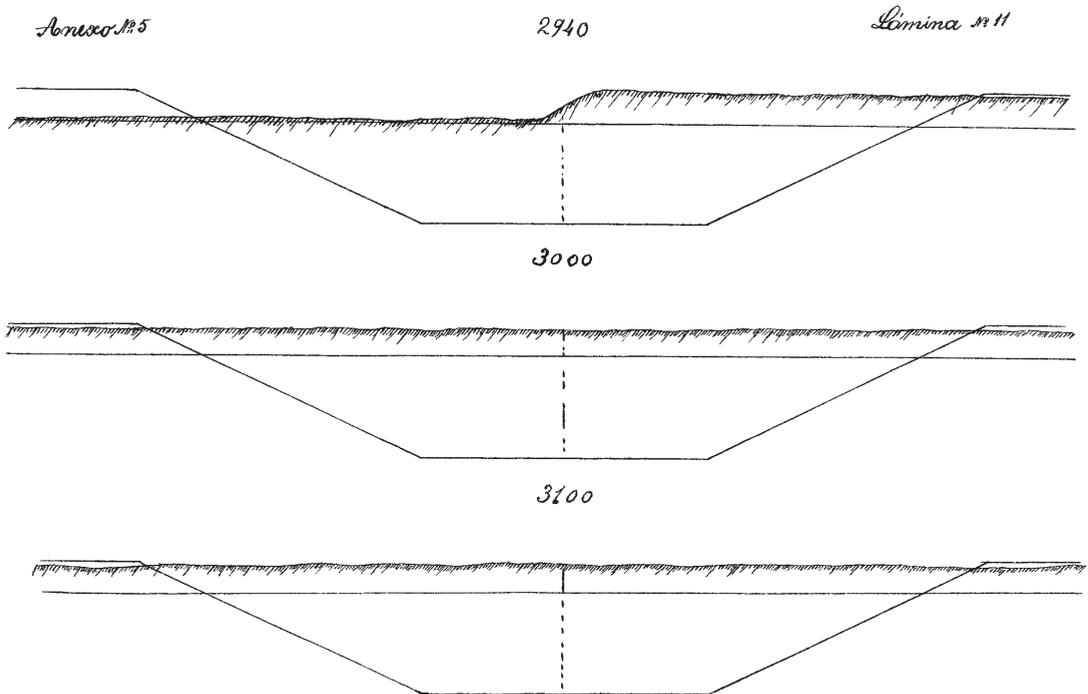


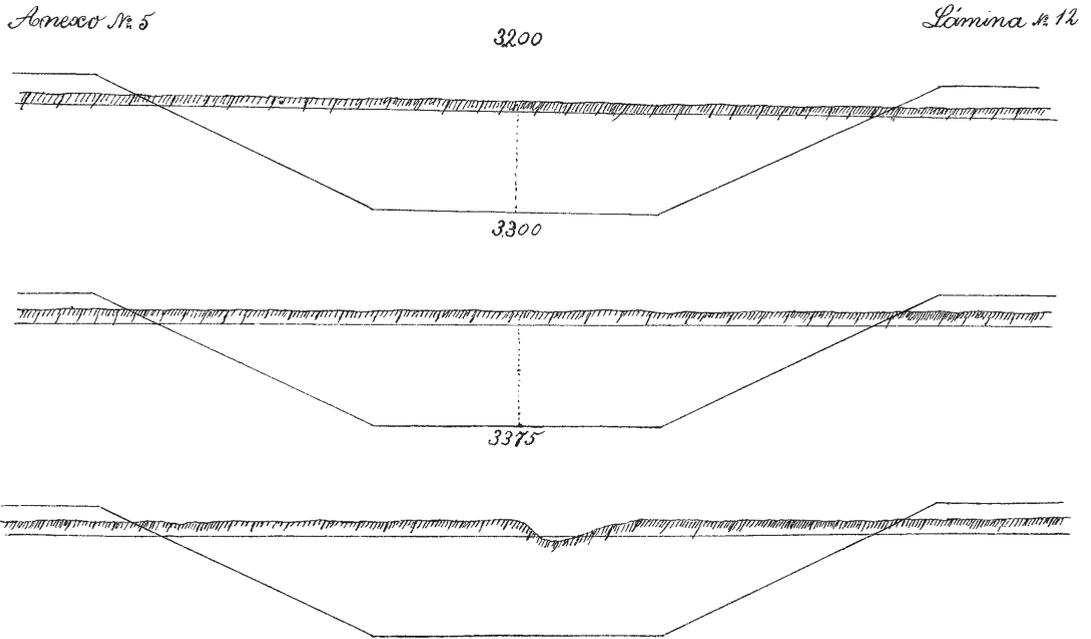


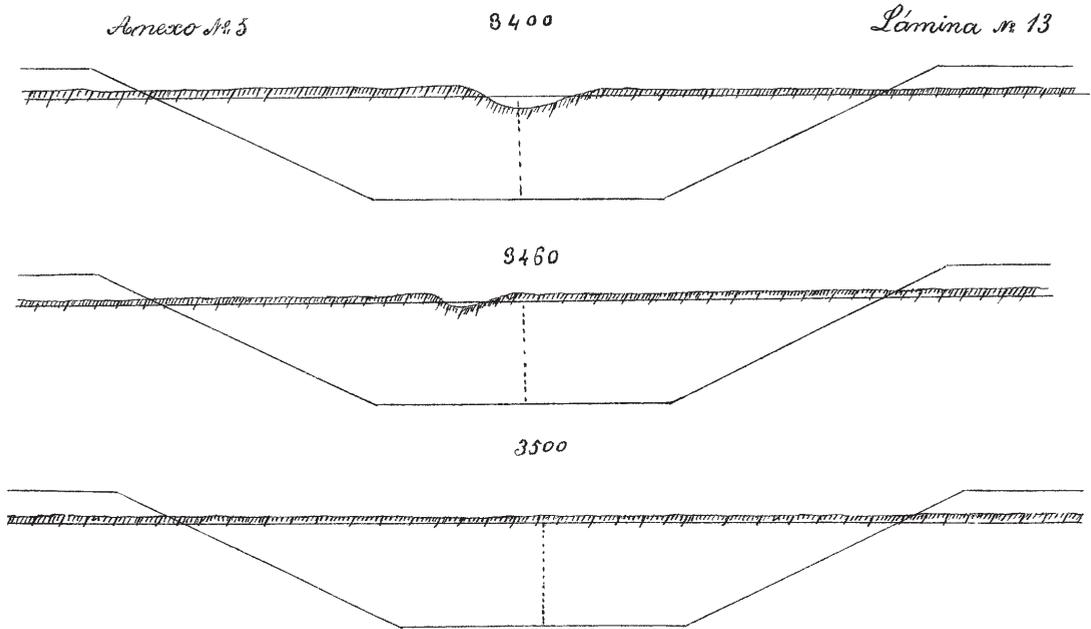


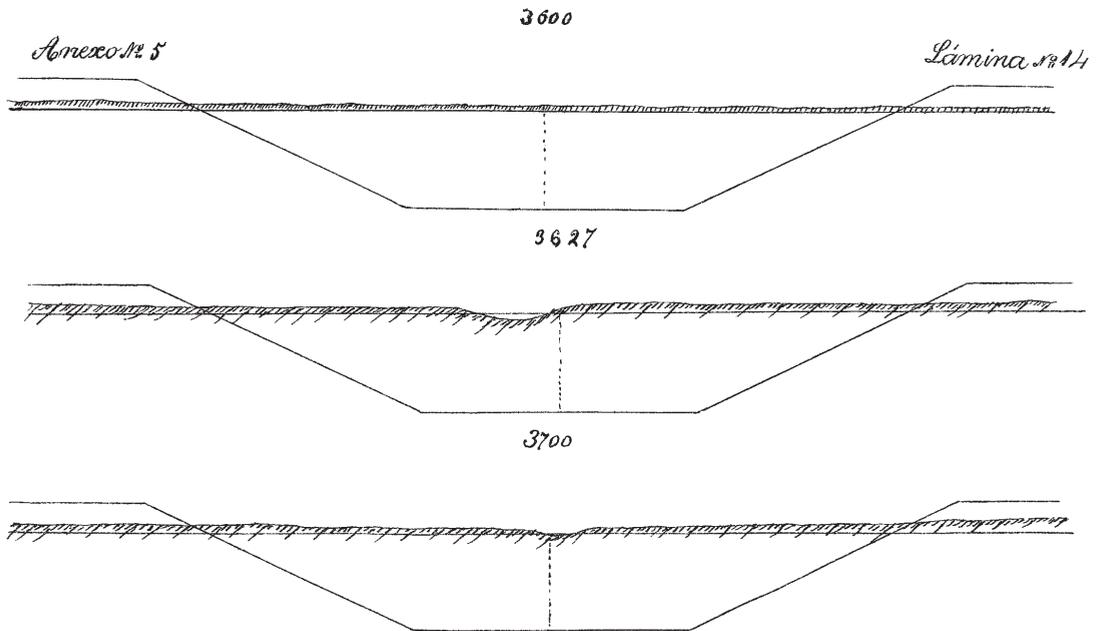


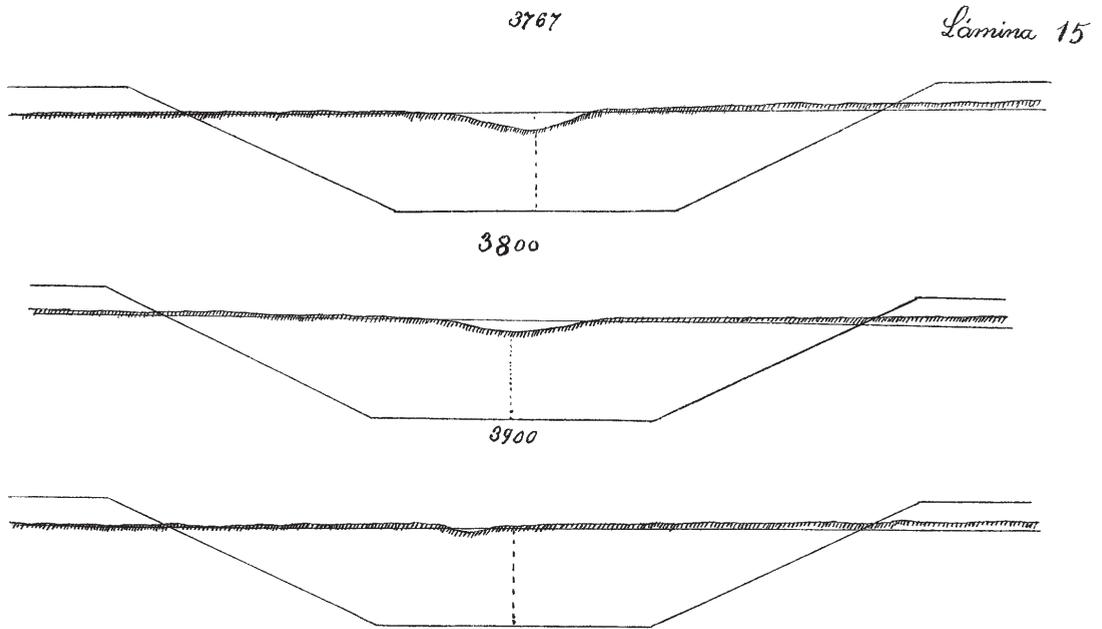








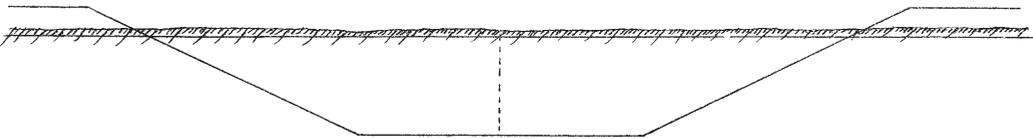
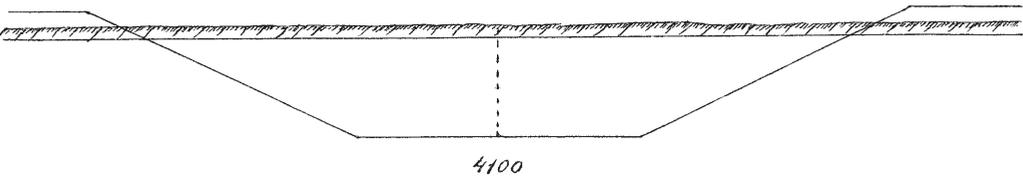
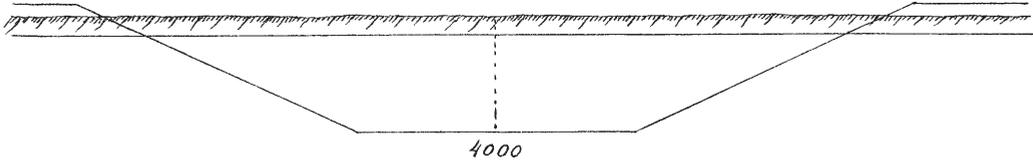




Anexo N° 5

3910

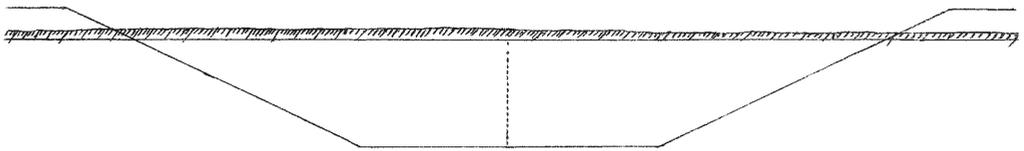
Lamina N° 16



Anexo N° 5

Lámina N° 7

4128



VOLUMEN DEL DRAGADO DEL CANAL

<i>Número del perfil</i>	<i>Superficie</i>	<i>Distancia entre perfiles</i>	<i>Volumen</i>	<i>Número del perfil</i>	<i>Superficie</i>	<i>Distancia entre perfiles</i>	<i>Volumen</i>
0	442	–	–	–	–	–	948.957
100	407	100	42.450	1.600	372	29	11.272
200	430	100	41.850	2.065	396	465	178.560
300	425	100	42.750	2.355	407	290	116.435
400	437	100	43.100	2.842	355	487	185.547
500	525	100	48.100	2.900	392	58	21.663
550	459	50	22.950	2.940	442	40	16.680
600	544	50	25.075	3.000	477	60	27.570
630	592	30	17.040	3.100	510	100	49.350
650	642	20	12.340	3.200	407	100	45.850
700	712	50	33.850	3.300	430	100	41.850
720	757	20	14.690	3.375	420	75	31.875
800	1.070	80	73.080	3.400	380	25	10.000
862	1.485	62	79.205	3.460	385	60	22.950
900	1.284	38	52.611	3.500	390	40	15.500
950	1.100	50	55.000	3.600	392	100	39.100
1.000	917	50	50.435	3.627	390	27	10.557
1.042	635	42	32.552	3.700	392	73	28.543
1.100	510	58	33.217	3.767	365	67	25.359
1.200	525	100	51.625	3.800	377	23	8.533
1.300	450	100	48.750	3.900	377	100	37.700
1.400	505	100	47.750	3.910	450	10	4.135
1.500	470	100	48.750	4.000	415	90	38.925
1.566	430	66	29.700	4.100	365	100	39.000
1.571	405	5	2.087	4.128	402	28	10.738
			948.957				1.966.649

Son un millón novecientos sesenta y seis mil seiscientos cuarenta y nueve metros cúbicos.

Santiago, 10 de agosto de 1888

J. RAMÓN NIETO
Ingeniero civil

INFORME DE LA COMISIÓN DE MARINA
ACERCA DE CIERTAS MODIFICACIONES
QUE SE DEBEN INTRODUCIR
EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
DE UN ANTEPUERTO EN LLICO
Y SU COMUNICACIÓN
CON EL LAGO DE VICHUQUÉN

Santiago, 12 de enero de 1889

Señor Ministro:

En cumplimiento del decreto supremo fecha de ayer, la comisión ha celebrado dos reuniones para estudiar los proyectos presentados por los señores Nieto y Prowe, relativos a la construcción de un antepuerto en la rada de Llico y la comunicación de ésta con la albuhera de Vichuquén.

Oído el informe del señor Prowe, modificando la disposición de las escolleras que deben constituir el antepuerto, y oídos también los fundamentos en que el señor Nieto se apoya para sostener las ventajas de su proyecto, como, asimismo, las explicaciones dadas por el ingeniero señor Pottier, la comisión indicó como más ventajoso una modificación en la disposición de las escolleras.

Después de una detenida deliberación, tomando en cuenta los principios náuticos y la facilidad de las maniobras para tomar y dejar el antepuerto, se acordó por una unanimidad las siguientes conclusiones:

- 1^a Aceptar el proyecto del señor Gustavo Prowe, modificado según las indicaciones de la comisión, marcadas en el plano con las letras A, B, C, D, E, F.

Estas modificaciones ofrecen varias ventajas sobre los dos proyectos presentados, tanto por ofrecer la entrada en la posición más avanzada hacia el mar, como porque la forma de las escolleras es más apropiada para las maniobras marinerías; además, así se da más amplitud al antepuerto y,

por último, los tajamares ofrecen mejor abrigo y mayores facilidades para amarrarse sin interrumpir el libre acceso del canal.

- 2^a Las disposiciones de las escolleras, según las modificaciones introducidas, se presta a servir de base para las nuevas obras que demande el desarrollo comercial y los fenómenos físicos que pueden operarse en Llico, ya por efectos de terremotos, ya por sollevamientos del litoral, fenómeno al que parece está sometida nuestra costa, ya, por fin, por el movimiento de las arenas litorales.
- 3^a En cuanto al canal de unión, la comisión acepta la línea recta propuesta por el señor Nieto, pero no desecharía la curva si ello fuese aconsejado por la economía y si ésta mereciese ser tomada en consideración.
- 4^a La comisión, finalmente, se permite recomendar la conveniencia de que el dragaje del antepuerto reciba toda la amplitud posible, a fin de que pueda contarse como surgidero de espera sin afectar el libre curso del canal.

Es cuanto podemos informar a US.: *J. Willians Rebolledo, G. Riveros, L. Uribe, Francisco Vidal Gormaz.*

NOTA
DEL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS,
DIRIGIDA AL CONSEJO DE DICHA DIRECCIÓN,
EN LA QUE MANIFIESTA LA CONVENIENCIA
DE TOMAR EN CUENTA CIERTOS PUNTOS
NO EXPRESADOS EN EL ESTUDIO
DEL SEÑOR NIETO,
RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO DE GUERRA Y DE COMERCIO
EN VICHUQUÉN

Señores consejeros:

Cumpliendo con las instrucciones que había recibido del señor ministro de Obras Públicas, tan pronto como recibí los planos y antecedentes del proyecto de puerto de Llico, traté de dar las instrucciones del caso al señor ingeniero don Rafael Pottier para que, trasladándose al lugar mismo, nos presentara como base de discusión un informe sobre dicha materia, examinando y analizando el proyecto del señor Nieto. Pero para poder dar acertadamente estas instrucciones y que el señor Pottier pudiera sacar verdadero provecho de su viaje, era necesario que no sólo tuviese conocimiento del proyecto sino que, también, tuviera las bases que le sirvieron de punto de partida a su autor y la opinión del señor jefe de la sección de Hidráulica de la Dirección de Obras Públicas, para que pudiera, entonces, recoger los datos que se creyeran necesarios o tomar en cuenta, al hacer su visita a la localidad, las observaciones que había merecido dicho proyecto al jefe de la sección respectiva.

Con este propósito, cité a una serie de conferencias preliminares al señor Valentín Martínez, como jefe de la sección de Hidráulica, y a los señores Budge, Pottier y Nieto.

De la discusión habida en dichas conferencias resultó un primer estudio del proyecto del señor Nieto y se hicieron las observaciones siguientes que debían ser tomadas en consideración por el ingeniero consultor señor Pottier al hacer su visita a la localidad:

- 1° Se necesitaba conocer el fondo del lago en la desembocadura del canal. Según los datos suministrados por el señor Nieto, en el fondo de la laguna había fango líquido, de modo que una barra de 12 k de peso penetraba por sí sola hasta 2,50 m en el fondo: se hacía, pues, indispensable conocer la extensión de este fango líquido y ver si permitiría o no hacer los dragajes necesarios en la desembocadura del canal, o si era necesario proyectar obras convenientes para facilitar el acceso de los buques sirviendo, por decirlo así, de muros de contención del fango líquido, y en tal caso dichas obras faltaban en el proyecto del señor Nieto;
- 2° Se constató, por los datos suministrados por el señor Nieto, que los sondajes del lago hechos últimamente confirman que no hay embancamiento, por cuanto no se nota un alza en el fondo;
- 3° Se observó que en el kilómetro 1 el canal proyectado por el señor Nieto corta la duna, y se manifestó la opinión de suprimir la línea recta y evitar ese corte para no tener en ese punto una amenaza constante de embancamiento por las arenas voladoras que se irían a estrellar contra los chaflanes del corte para caer después sobre la cuneta del canal. De todos modos era este un punto que merecía ser estudiado y ver y cerciorarse si la duna que se cortaba, como lo manifestaba el señor Nieto, estaba enteramente fija y no existiría el peligro que se temía;
- 4° Se reconoció que para poder proceder a formarse un juicio más o menos seguro de las construcciones que hay que hacer en el antepuerto era del todo necesario ejecutar sondajes geológicos en el eje de los molos, por imperfectos que ellos fuesen, por cuanto se nos había dicho que el escandallo había sacado, a mil metros de la costa, arena y fango, y si existiese una capa de fango, las condiciones de la construcción de los molos cambiarían por completo y aún podría hacer el proyecto irrealizable. Y sin ir tan lejos, aun suponiendo que no existe el fango, el hecho sólo de no conocer la naturaleza del fondo del mar en los puntos donde se proyectan los molos, hará siempre que los cálculos de estas construcciones sean enteramente eventuales e inseguros y
- 5° Que era necesario estudiar la cantera para ver sus facilidades de explotación y costo aproximado de la línea férrea que hay que construir para el acarreo de la piedra de la cantera al puerto.

Éstas fueron las conclusiones en lo tocante a puntos por estudiar y datos que era necesario tener presente para formar un juicio cabal de las construcciones proyectadas, y para llenar este vacío se recomendó lo siguiente:

Para reconocer la naturaleza del fondo del lago en la desembocadura del canal se harían por lo menos tres sondajes: dos laterales a 50 m a ambos lados de los piquetes de eje del canal y a 100 m de la costa, y el otro a 250 m del piquete de tierra y en el eje del canal.

Para los sondeos de mar, siguiendo el eje de los molos, ya que no se tenían aparatos adecuados para el caso, se creyó que algunas indicaciones útiles se podrían obtener haciendo uso de bombas Nortón, haciendo con ellas lo posible por aspirar junto con el agua las arenas o materias del fondo del mar hasta la mayor hondura posible. Y por último, recomendar los sondeos con el escandallo en toda la zona de los molos y lo más afuera posible, para ver si se comprobaba el hecho de aparecer arena y fango a mil metros de la costa y, en tal caso, fijar la línea de demarcación del fango lo más aproximadamente que se pudiera por medio de sondeos repetidos.

El S.G., accediendo a los deseos manifestados por la dirección, de practicar estos nuevos estudios, puso *El Toltén* a la disposición de la oficina y el señor Pottier fue encargado de dar las instrucciones necesarias. Los resultados de estos nuevos estudios, en los cuales nuestros marinos han vuelto a poner toda su buena voluntad para recogerlos hasta donde los elementos de que disponían se los permitieron, los encontraréis en los documentos anexos, y me parece inútil entrar a analizarlos, puesto que deben ser conocidos en extenso por el consejo, para que se forme un juicio cabal de los datos que tenemos del fondo del lago y del fondo del mar en la rada de Llico.

Respecto ahora del proyecto mismo, se hicieron observaciones sobre las dimensiones transversales del canal y sobre si convendría desde el primer momento hacer que el canal tuviese capacidad suficiente para doble vía o no. Después de una pequeña discusión a este respecto se creyó que no era conveniente, por el momento, recomendar el cambio de las dimensiones transversales del canal, puesto que sin gran costo, en caso de realizarse la obra, se podrían expropiar desde el principio los terrenos necesarios para procurarse más tarde el ensanche conveniente cuando las exigencias de la navegación lo reclamaren.

Respecto a la profundidad se creyó que sin un estudio más detenido del asunto no se podía resolver nada en absoluto, sin embargo, que se creía suficiente, por el momento, la profundidad fijada, puesto que por ahora pueden pasar nuestros blindados y los buques de comercio. Nuestros blindados miden 64 m de largo el casco y 84 con aparejos, 14 m de ancho el casco y 28 con aparejo s y calan 5 m 696 cm.

Sin embargo, hay buques de guerra como el *Lepanto*, de la marina italiana, que mide 122 m de largo, 22,50 m de ancho y 8,50 m de calado, justamente la profundidad del canal que se proyectó; pero, como semejantes buques no es probable que lleguen a nuestras costas, no es de recomendar, tal vez, que desde el primer momento se exagere la profundidad del canal, aumentando el costo de la primera instalación de los trabajos, cuando con la profundidad puede, hasta cierto punto, dejarse el ensanche para más tarde.

Se insinuó, también por el señor Martínez, la idea de correr la ubicación de los molos paralelamente a sí mismos, colocando en *cd* el *mn*, disminuyendo si era posible su largo obteniendo siempre la misma profundidad; corriendo el molo *efa gh*, disminuyendo notablemente su largo y dejando la boca del antepuerto *dh* en las mismas condiciones que la *nf* fijada por la Comisión de Marinos de la Armada Nacional. En tal caso se trabajaría el antepuerto propiamente dicho, o punto de espera para salir al mar o esperar el turno para entrar a la laguna, dragando la parte *ab*. Esta idea

tendría la ventaja de permitir a los vapores de gran calado del servicio de Europa no perder tiempo entrando y saliendo a la laguna, sino que cargarían y descargarían en un embarcadero especial en el antepuerto *ab*, cuyo costo habría que calcular.

Esta idea fue sometida a la consideración de la comisión de marinos que fijó la boca del antepuerto. Hasta la fecha no tengo conocimiento de la opinión que se pueda haber formado dicha comisión del cambio propuesto.

Después de hechas las observaciones anteriores se entró a estudiar en cuanto era posible el presupuesto y voy a apuntar enseguida las observaciones que se hicieron a este respecto, suponiendo para esto sin variación el proyecto Nieto, para tener cifras para los cubos de materiales, etcétera.

A. DRAGADO

200.000 m³ del antepuerto para formar simplemente un canal de entrada en forma de S.

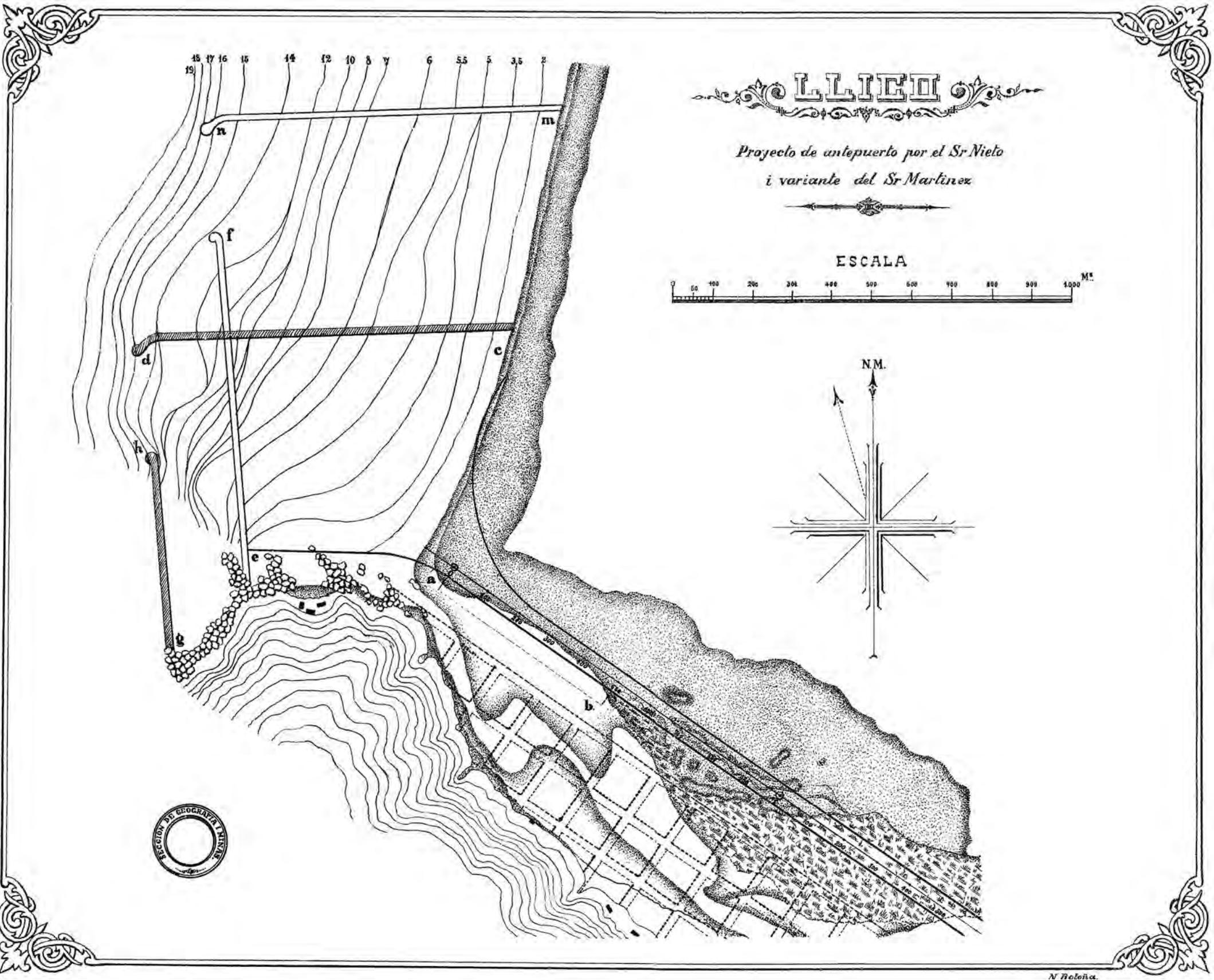
Tomando en cuenta que por esta clase de operaciones se pagaba un franco en toda la costa europea, y que la draga nuestra que ha funcionado en Valdivia, ha podido sacar 1.500 toneladas diarias, o sea, $1.500 \times 300 = 450.000$ toneladas en 300 días hábiles de trabajo con un gasto de 55.000 pesos por año. O sea, $55:450.000 = 0,122$ pesos por tonelada o 20 centavos el metro cúbico en aguas tranquilas.

En vista de que en Llico el mar está muy lejos de ser tranquilo y que los inconvenientes del transporte de los desmontes en vapores especiales son siempre grandes y que para asegurar un buen trabajo se necesitará botar los desmontes de la draga en la misma costa, estableciendo desembarcaderos con aparatos adecuados para el caso y amortización de las sumas invertidas en los materiales, se creyó que no era prudente contar con un precio menor de 80 centavos para el metro cúbico, 1.966.649 m³ de dragados del canal. Al estudiar este precio se tuvieron presentes las mismas consideraciones anteriores, pero como la botadura de los escombros a una distancia relativamente corta, formando mesetas a la cota +2,50 a ambos lados del canal, es más fácil y menos peligrosa que el trabajo en el mar, como se presenta en el antepuerto, se creyó que con un precio de 50 centavos por metro cúbico se cubrirían los gastos.

Fue preciso agregar 62,475 m³ de dragado para formar el embudo de entrada del canal por el lado del lago que no habían sido apuntados en el presupuesto del señor Nieto. Este dragado se avaluó también a 80 centavos el metro cúbico para tomar en cuenta la botadura de los escombros en vapores especiales y con desembarcaderos en la orilla del lago.

B. PIEDRA PARA LOS MOLOS

El señor Nieto había contado con un cubo de 567 m³ de bolones de las tres categorías necesarias para la construcción de los molos, haciendo su cálculo aumen-



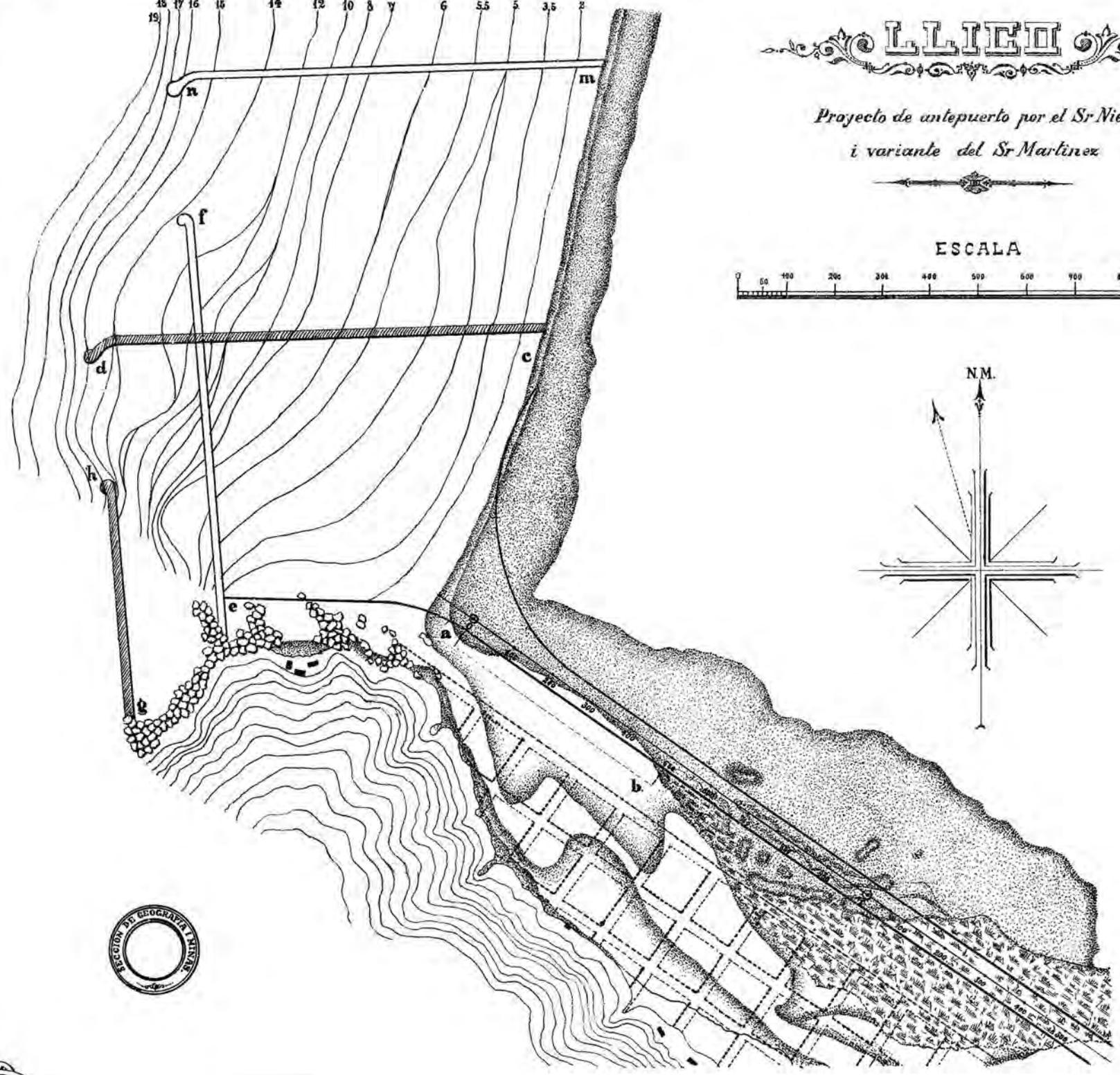
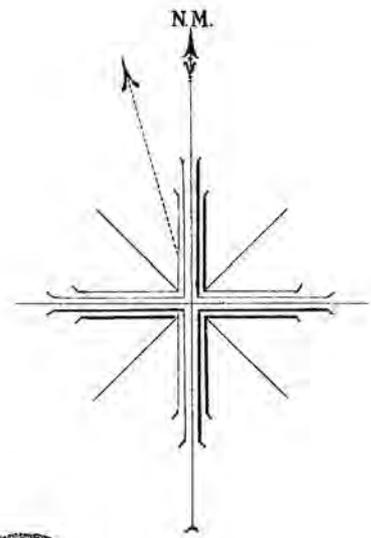
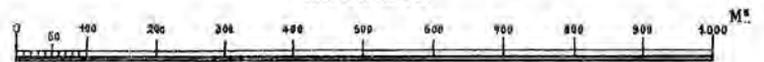
45 17 16 15 14 12 10 8 7 6 5.5 5 3.5 2

OLLICO

*Proyecto de antepuerto por el Sr Nieto
i variante del Sr Martinez*



ESCALA



tando las dimensiones del perfil de un metro por la penetración del material en las arenas del fondo, hecho que fue aceptado provisoriamente esperando que los sondeos geológicos del fondo de la rada dieran mayores indicaciones sobre el terreno y poder apreciar de una manera más aproximada esta circunstancia. Después, el volumen de un trozo de molo se ha disminuido en un 20% por las cavidades que deja el enrocado y por fin se ha aumentado en un 10% por el aplanamiento de los chaflanes debidos a la acción del mar y el trituramiento de los mismos materiales. Es decir, que el volumen de un trozo de molo había sido disminuido próximamente de un 10%.

Se creyó necesario suprimir esta disminución para tener en cuenta las eventualidades del mar, que pueden ser de consideración durante la construcción, y por el material que indudablemente se pierde por las dificultades de colocación en puntos determinados para realizar el perfil que se proyecta. Por consiguiente, se tomó como volumen de piedra necesario para la construcción el de 577.000 m³ aumentado en un 10%, o sea, 623.700 m³ de piedra.

El precio de esta piedra (sin contar el valor del ramal a la cantera) fue calculado teniendo presente el costo de las extracciones en las canteras de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado y el último contrato hecho para la piedra para la canalización del Mapocho: se creyó que un metro cúbico transportado hasta el mar no costaría más de 5 pesos. Considerando su descarga en el mar, su colocación convenientemente guiada para realizar el perfil del molo en proyecto por medio de aparatos adecuados al caso, se calculó que las ³/₄ partes del volumen podría ser colocado con cierta facilidad a razón de 50 centavos el m³ y una cuarta parte con aparatos especiales a razón de 2 pesos el m³, o sea, un valor medio de 90 centavos por m³ lo que daría como costo de la piedra sumergida el de 5 pesos 90 centavos, suma que se redondeó en 6 pesos por m³.

C. SILLARES DE HORMIGÓN HIDRÁULICO

El volumen consultado en el proyecto no se creyó que debía cambiarse, puesto que consulta un aumento de un cuarto para tomar en cuenta los que se han colocado fuera de perfil y su precio de 22 pesos se creyó conveniente sin ser muy desahogado.

Tales fueron, en resumen, las ideas que se emitieron en las reuniones preliminares, y para estudiar estas ideas y recoger los datos de sondeos que faltaban, y que se creían necesarios, la dirección solicitó que uno de los buques de la Armada fuera a recogerlos, comisión que fue encomendada al *Toltén* y al señor teniente Medina, y en las piezas anexas que los señores consejeros tienen a su disposición se encuentran los resultados de estas nuevas observaciones y sondeos.

Haciendo un resumen de las obras proyectadas por el señor Nieto, y aplicándole los precios que se creyeron convenientes en las reuniones preliminares, llegamos al siguiente resultado:

A. Dragado

200.000 m ³ del antepuerto a razón de 80 centavos el metro cúbico	\$ 160.000,00
1.966.649 m ³ de dragado del canal a 50 centavos el metro cúbico	\$ 983.324,50
62.475 m ³ del embudo de la desembocadura del lago a 80 centavos el metro cúbico	\$ 49.980,00
	\$ 1.193.304,50

B. Piedra para los molos

623.700 m ³ a 6 pesos el metro cúbico sumergido y colocado en perfil	\$ 3.742.200,00
---	-----------------

C. Sillares de hormigón hidráulico

117.000 m ³ a 22 pesos el metro cúbico sumergidos	2.574.000,00
	\$ 7.509.504,50

Como se ve en esta suma no se encuentra comprendido el valor del ramal a la cantera, que es indispensable construir para el acarreo de la piedra.

No se encuentran tampoco consultadas las sumas necesarias para los faros de los molos y demás luces que deben guiar la navegación en el canal y, por último, no se encuentra consultada ninguna instalación en el lago para que sirva de atracadero a los buques y mucho menos las instalaciones necesarias para hacer en Vichuquén un puerto militar.

Además de estos datos de las discusiones preliminares, el consejo tiene también los informes de los señores Prowe y Pottier que darán bastante luz sobre la discusión técnica del asunto y que completan el proyecto del señor Nieto, tomando en cuenta las instalaciones de alumbrado y obras de arte necesarias para hacer un puerto en Vichuquén.

Con tales datos no dudo que el consejo pueda estudiar convenientemente el asunto y llegar a un acuerdo tomando en cuenta todos los detalles de la cuestión.

D.V. SANTA MARÍA.

NOTA
DEL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
EN LA QUE, DE UNA MANERA GENERAL,
ANALIZALOSDIVERSOSESTUDIOSPRESENTADOS
E INDICA EL COSTO TOTAL
DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN
DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL
EN VICHUQUÉN

Santiago, 20 de mayo de 1889

Señor Ministro:

Tan pronto como se recibieron en la oficina de mi cargo los planos y presupuestos de las obras proyectadas por el ingeniero señor Ramón Nieto en el puerto de Llico y canal de comunicación entre Llico y el lago de Vichuquén, proyectadas por dicho ingeniero, cumpliendo con las instrucciones que había recibido a este respecto del señor ministro de Guerra y Marina, la dirección comisionó al señor ingeniero hidráulico, don Rafael Pottier, para que estudiando los antecedentes informara sobre el particular.

El señor Pottier hizo presente que, siendo el proyecto de alguna trascendencia, desearía, antes de informar, visitar la localidad acompañado del autor del proyecto; que se examinara el proyecto sumariamente para ver cuáles serían los puntos que más convendría estudiar y examinar en la localidad.

Obedeciendo a este propósito y para poder dar al señor Pottier las instrucciones del caso, y que dicho ingeniero sacara verdadero provecho de su viaje, era necesario que tuviera conocimiento de las bases que le sirvieron al autor del proyecto, como puntos de partida de sus operaciones y la opinión del señor jefe de la sección de Hidráulica de la dirección, para poder entonces recoger en la localidad

los datos complementarios que se creyeren necesarios y tener presente en el terreno las observaciones que había merecido dicho proyecto.

Cité con este objetivo a una serie de conferencias preliminares a los señores Valentín Martínez, como jefe de la sección de Hidráulica de la Dirección de Obras Públicas, al señor Enrique Budge, miembro del consejo y director de las obras fiscales de Valparaíso, al señor Rafael Pottier ingeniero hidráulico, consultor entonces de la Dirección de Obras Públicas y al señor Ramón Nieto, autor del proyecto.

No entraré a repetir los detalles de las discusiones habidas en dichas conferencias, las cuales las encontrará US. en la nota que pasé al consejo exponiendo los antecedentes del negociado y que va adjunta con los antecedentes que remito a US., y me limitaré a llamar la atención del Ministerio sobre los puntos de vital importancia que fueron observados.

- 1° Que se necesita conocer el fondo del lago en la desembocadura del canal. Según los datos que se tenían el fondo era de fango líquido en la parte central, de modo que una barra de 12 kg penetraba por su propio peso 2,5 m. Se hacía, pues, indispensable conocer la extensión de este fango líquido para, según eso, tomar en cuenta las obras de arte que exigiría la desembocadura del canal en caso que no fuera posible hacer los dragajes necesarios para dar la hondura conveniente;
- 2° Se observó el trazado recto del canal, ya que en el kilómetro 1 corta una duna, y se manifestó la idea de creerse más ventajoso hacer un trazado en “ese” que salvara la duna antes que cortarla, y se llamó la atención del señor Pottier sobre este punto para que lo examinara debidamente en el terreno y constatará si la duna se encontraba ya fija o todavía en curso de formación;
- 3° Se reconoció que era necesario hacer sondajes geológicos en Llico en los lugares en que se proponía la construcción de los molos del antepuerto. Por imperfectos que fueran estos sondajes darían siquiera alguna idea o mayor probabilidad sobre la clase de subsuelo y, por consiguiente, sobre su resistencia y penetración de dichos molos. Se hacían tanto más necesarios estos reconocimientos, por cuanto se había asegurado que el escandallo había sacado a 1.000 m de la costa arena y fango, y si fuera efectivo que existía en el subsuelo una capa de fango, las condiciones de la construcción de los molos cambiaría por completo. Se creyó este punto tan importante, que aun suponiendo que no existiera el fango, el hecho de no conocer la naturaleza del fondo del mar en los puntos donde se proyectaban los molos, haría siempre que los cálculos de estas construcciones sean enteramente aventurados e inseguros; y
- 4° Que era necesario recomendar al señor Pottier el estudio prolijo de las canteras que debían abastecer los materiales para las obras.

En esas mismas conferencias se examinaron sumariamente los diferentes precios apuntados por el señor Nieto en su proyecto, teniendo presente y considerando los que se podrían recoger de otras. Este examen no tenía más importancia que un primer cambio de ideas y saber las consideraciones que habían servido de punto de partida al autor del proyecto, puesto que en definitiva estos precios deberían

ser examinados por el consejo en vista de los antecedentes que expusiera el señor ingeniero informante señor Pottier.

En vista de las consideraciones anteriores esta dirección hizo presente al Ministerio de US. que era indispensable para formarse un juicio sobre las obras que se proyectaban en Llico, completar los sondajes geológicos en el lago de Vichuquén y en el mar, siguiendo el eje de los molos.

No se disimulaba la dirección que, no teniéndose los aparatos convenientes para este objetivo, no sería posible exigir un estudio completo, pero por lo menos era necesario contar con algunos antecedentes que vinieran a justificar las apreciaciones que podían hacer de la formación del subsuelo marino, en vista de las formaciones geológicas de los alrededores; con este objetivo, se recomendó el uso de la bomba Nortón a falta de otro aparato y, por último, recomendar los sondajes al escandallo en toda la zona de los molos y lo más afuera posible para ver si se confirmaba el hecho pronosticado de que a 1.000 m de costa el escandallo sacaba fango y arena de la superficie del fondo del mar.

El supremo gobierno, accediendo a los deseos manifestados por la dirección, puso *El Toltén* a disposición de la oficina y el señor Pottier fue encargado de dar las instrucciones de detalles necesarias para conducir sus operaciones. Nuestros marinos pusieron toda su buena voluntad para recoger los datos que se deseaban, trabajando hasta donde les fue posible con los elementos que tenían. Los datos que ellos obtuvieron se encuentran en los documentos anexos correspondientes, y US. verá ellos, que fueron completados todos los datos relativos al fondo del lago; pero que, desgraciadamente, no pudieron por causa del continuo mal tiempo recoger dato alguno con la bomba Nortón, y que el escandallo no confirmaba el hecho pronosticado de que se sacaba arena y fango a 1.000 m de costa, sino que, dice el señor teniente primero don Rómulo Medina:

“Queriendo adelantar más los sondajes hidrográficos en la rada me constituí a bordo del *Toltén* y en unión con el señor capitán y uno de los oficiales hicimos varias líneas de sondas, que nos dio como conclusión que a poco menos de 6.000 m de la orilla del mar, y en profundidad de más de 75 m, se encuentra la línea de separación entre la arena y el fango”.

Mientras se recogían estos datos llegó a Chile el señor Gustavo Prowe, ingeniero hidráulico al servicio del Estado en Prusia y que había sido contratado por nuestro gobierno y a indicación del Ministerio de US., y se le pidió también al señor Prowe que estudiando los antecedentes de las construcciones proyectadas en Llico informara a la dirección sobre el particular.

Dicho señor hizo presente, desde el primer momento, que no conociendo aún el país ni la localidad de que se trataba, su informe podría ser muy deficiente, pero que no tenía inconveniente en examinar los antecedentes y emitir el juicio que de ellos se formara. En efecto, con los datos que arrojan los documentos y otros que pudieron serle suministrados por el señor Pottier de vuelta de su viaje a Llico, el señor Prowe pasó a la dirección el informe que US. encontrará adjunto.

El señor Pottier por su parte, después de haber estudiado detenidamente la cuestión y visitado la localidad, presentó también el resumen de sus observaciones en el informe que US. se servirá también encontrar adjunto con la presente.

Teniendo todos estos datos y documentos a la vista, en la sesión del 7 de enero del presente año del consejo de obras públicas, fue examinado el proyecto presentado por el señor Ramón Nieto y sólo me limitaré a hacer un resumen de las conclusiones que fueron aprobadas, creyendo inútil entrar a detallar la discusión habida.

I. TRAZADO DEL CANAL

El trazado propuesto por el señor Nieto no fue aceptado, aunque es el más recto y presenta mayores facilidades para la navegación, por cuanto presenta el grave inconveniente de cortar la duna sobre una extensión de 450 m; y la profundidad del corte alcanza a 14 m sobre el cero correspondiente a las mareas medias: los sondajes geológicos acusan en esta parte arena fina y fango en pequeña proporción, y a la cota + 0,70 una capa de tierra vegetal de 1,50 m de espesor. Aunque la duna se encuentra fija en su parte superior y aún cubierta de vegetación, el consejo no creyó que sería prudente excavar ahí la sección del canal por el peligro permanente que existe de que el acarreo de arenas sea detenido por el corte y provoque el constante embancamiento de la cuneta.

El señor Prowe en su informe indica también un cambio en el trazado, pero no pudiendo el consejo saber si el trazado propuesto por el señor Prowe pudiera ser practicable, por cuanto se temía, y con razones bastantes, que encontrara roca que impidiera su dragado, fue aceptada la idea propuesta por el señor Pottier expresada en su informe en los términos siguientes:

“A este propósito, sería preferible reemplazar la recta que parte de la rada de Llico por una curva cuyo radio puede llegar a 1.500 m, teniendo su concavidad hacia el norte: esta forma de trazado trae consigo una segunda curva del mismo radio y en sentido inverso a la primera”.

Este trazado, aunque un poco más largo que el propuesto por el señor Nieto, no hace aumentar el cubo de desmontes para la formación de la cuneta, por cuanto evita el corte profundo en la duna.

II. DIMENSIONES DEL CANAL

El consejo por unanimidad aceptó las fijadas por el señor Nieto, pero declaró que debe expropiarse desde el primer momento la extensión necesaria para ensanchar el canal y dejarlo de doble vía, en previsión de las futuras necesidades del puerto.

III. ANTEPUERTO

El consejo se encontró, en este punto, en presencia de dos opiniones, la de los señores Nieto y Pottier, que defendía la formación del antepuerto, siguiendo el trazado fijado para los molos, marcado en los planos del señor Nieto. Y la del señor Prowe, que propone un cambio esencial en la ubicación de los molos. El consejo no pudo pronunciarse sobre este punto, por cuanto es ante todo náutico, y resolvió someter las ideas propuestas al dictamen de la Comisión de Jefes de la Marina Nacional que conoció en el proyecto.

Entre las piezas anexas adjuntas se servirá encontrar US. el informe presentado por los señores vicealmirante Juan Williams Rebolledo, contraalmirante señores Galvarino Riveros y Luis Uribe, y capitán de fragata señor Francisco Vidal Gormaz, el 12 de enero del presente año, que declara que después de oídas las explicaciones y observaciones de ambas partes, se pronuncian en vista de los principios náuticos y las facilidades de las maniobras para tomar y dejar el antepuerto, por unanimidad por la siguiente conclusión.

“Acepta el proyecto del señor Prowe, modificado según las indicaciones de la comisión, marcadas en el plano con las letras A, B, C, D, E, F”.

Esta modificación ofrece ventajas sobre los proyectos presentados, ya que ofrece mejor entrada y la forma del antepuerto se presta mejor para las maniobras marineras, teniendo al mismo tiempo más amplitud y mejor abrigo para amarrarse sin interrumpir el libre acceso del canal.

La Comisión de Jefes de la Marina Nacional cree también que, con la modificación introducida, puede más tarde darse el desarrollo conveniente a las obras según las necesidades futuras.

Se pronuncia también la comisión por el trazado recto del canal, tal como lo propone el señor Nieto, por las facilidades para la navegación, pero este punto se encontraba plenamente resuelto por el consejo, el cual no desconoció desde el primer momento la gran ventaja del trazado recto, pero dada las circunstancias locales como se ha dicho antes, fue de opinión de modificarlo para salvar, no sólo dificultades de primera ejecución en la cuneta sino, también, de conservación y mantención de la misma en lo futuro.

La Comisión de Jefes de Marina recomienda también la conveniencia de que el dragaje del antepuerto reciba toda la amplitud posible, a fin de que pueda contarse como surgidero de espera sin afectar el libre curso del canal, en lo cual se encuentra de acuerdo con las opiniones emitidas en el seno del consejo de obras públicas.

Fijada la ubicación de los molos del antepuerto por la Comisión de la Marina Nacional, pasó los antecedentes a la sección de Hidráulica para que se hicieran los cálculos del caso; para fijar el cubo de los molos en vista del cambio en el largo y profundidad, y el cubo de los dragajes que se necesitarían en el antepuerto, y US. se servirá encontrar entre las piezas adjuntas el documento de la sección de hidráu-

lica que fija como cubo de los molos, siguiendo las indicaciones de nuestros jefes de marina, el mismo que se encuentra indicado en el proyecto del señor Nieto, y como cubo de dragajes necesarios para poner el fondo del antepuerto a la cota mínima de 8,50 m, dejando un espacio de 100 m sin dragar a orillas de los molos, en la suma de 1.230.200 m³.

IV. PERFIL DE LOS MOLOS

El señor Prowe indicó una modificación de perfil propuesta por el señor Nieto, agregando una muralla de albañilería que sirviera de coronamiento a los molos. El consejo, encontrando bien calculada y bien consultada la sección propuesta por el señor Nieto, la aceptó, sin que esto envuelva un rechazo de la idea expuesta por el señor Prowe, por cuanto no se podría ejecutar el muro propuesto por dicho señor sino algún tiempo después de concluidos los molos, y ya para entonces se podría considerar como un mejoramiento futuro de la obra.

Enseguida, el consejo entró a examinar los precios que figuraban en los tres presupuestos que se tenían a la vista, el del señor Nieto y los dados por los señores Pottier y Prowe en sus respectivos informes, resultando de la discusión lo siguiente:

Para dragajes en el antepuerto a razón de	\$ 1,30 el m ³
Para dragajes en el canal	\$ 1,00 el m ³
Piedra para los molos, el metro cúbico colocado a razón de	\$ 6,30 el m ³
Bloques artificiales o sillares de hormigón hidráulico, el metro cúbico colocado a razón de	\$ 30,00 el m ³
Línea férrea a la cantera, 12 kilómetros a razón de 15.000 pesos cada uno	\$ 180.000,00
Equipo y material rodante	\$ 100.000,00
Total de la línea férrea	\$ 280.000,00

Hasta aquí el examen del proyecto del señor Nieto, elaborado en virtud de instrucciones dadas a dicho ingeniero por el señor ministro de Marina, por decreto supremo del 30 de agosto de 1887, que sólo mandaba a estudiar el canal y el antepuerto. El consejo de obras públicas y los dos señores ingenieros hidráulicos informantes, señores Pottier y Prowe, han creído necesario agregar a las obras anteriores las estrictamente necesarias que deben ejecutarse juntamente con el canal y el antepuerto, para formar en el lago de Vichuquén un desembarcadero o puerto comercial y los accesorios más indispensables para facilitar la navegación.

El consejo estimó que si se ejecutan simplemente las obras presupuestas por el ingeniero señor Ramón Nieto sin hacer trabajo alguno para recibir los buques en el lago, las obras no sólo quedarían incompletas sino que no prestarían todos los beneficios que de ellas se esperaban.

No se tomó en cuenta en el consejo el proyecto de establecimiento de un puerto militar formulado en su informe por el señor Prowe, por cuanto no se creyó

pertinente, debiendo para ello hacerse un estudio completo cuando el supremo gobierno lo estimara conveniente.

Para las obras del puerto comercial y demás accesorios, que el consejo creyó indispensable agregar a las proyectadas por el señor Nieto, se acordó aceptar las propuestas por el señor Pottier en su informe, aceptando también a este respecto el valor apuntado para los muros del puerto comercial, muelles, faros y demás accesorios.

Antes de entrar a formar el presupuesto de las obras de Llico, según las determinaciones del consejo de obras públicas, no puedo menos que recordar aquí que:

“El consejo determinó dejar constancia de que sus cálculos y resoluciones se basaban en la hipótesis de tener fondo de arena en el antepuerto. Que no habiendo sido posible obtener sondajes geológicos en esta parte, no puede garantizarse el presupuesto de las obras basado en esa hipótesis”.

Y que los cubos de las obras debían ser tomados y para los dragajes, los que recomendaran como indispensables la comisión de jefes de la marina nacional, y para el cubo de enrocado de los molos el que resultara del trazado propuesto por dicha comisión, calculándolo como se estipuló en las conferencias preliminares.

Tomando los precios apuntados en los acuerdos y los cubos corregidos del dragaje del antepuerto, como se manifiesta en las piezas adjuntas, resulta el siguiente presupuesto:

Presupuesto de las obras proyectadas en la rada de Llico y lago de Vichuquén, según los acuerdos del consejo de obras públicas del 7 de enero de 1889 y lo dispuesto en el informe de los jefes de la marina nacional del 17 de enero de 1889.

A. Dragados

a) Para la formación del antepuerto según las indicaciones de la comisión de jefes de la marina nacional, y poner su fondo a la cota mínima de 8,50 dejando sin dragar un espacio de 100 m alrededor de los molos, 1.230.200 m ³ a 1 peso 30 centavos el metro cúbico	\$ 1.599.260,00
b) Para la sección del canal, 1.966.649 m ³ y a 1 peso cada uno	1.966.649,00
c) Para la formación del embudo de entrada al canal en el lago 62.475 m ³ a 1 peso 30 centavos cada uno	81.217,50
d) Al frente de los malecones del puerto comercial, según acuerdo del consejo, 360.000 m ³ a 1 peso 30 centavos cada uno	468.000,00
	\$ 4.135.126,50

B. Piedra para los molos

a) 623.700 m ³ de enrocados sumergidos a 6 pesos 30 centavos el metro cúbico	\$ 3.929.310,00
---	-----------------

C. Bloques artificiales de hormigón hidráulico

a) 117.000 m ³ a 30 pesos el metro cúbico	\$ 3.510.000,00
--	-----------------

D. Línea férrea a la cantera

a) 12 km de línea a 15.000 pesos cada uno	\$ 180.000,00
b) Por equipo y material rodante	100.000,00
	\$ 280.000,00

E. Primeras instalaciones de un puerto comercial

a) 600 m de muro de malecón a 1.700 pesos el metro corrido	\$ 1.020.000,00
b) Dos molos de 100 metros de largo cada uno a 3.500 pesos el metro corrido	700.000,00
	\$ 1.720.000,00

F. Accesorios indispensables para facilitar la navegación

a) Un gran faro	\$ 15.000,00
b) Un faro pequeño	5.000,00
c) Pasarela de acceso para los faros, 2.000 m a 10 pesos cada uno	20.000,00
d) Juego de luces, 10 luces en el canal, faro del lago, etcétera	\$ 5.000,00
e) Molo suplementario del antepuerto, 100 m a 500 pesos metro	500.000,00
	\$ 95.000,00
Suma	\$ 13.669.436,50
g) Imprevistos 10%	1.366.943,65
Total	\$ 15.036.380,15

El presente presupuesto asciende a la suma de 15.036.380 pesos 15 centavos.

Antes de terminar sólo tengo que llamar la atención de US. a los hechos siguientes:

- 1° En el proyecto del señor Nieto no se consulta ningún empedrado para defender la boca del canal en el antepuerto contra las oleadas del mar, por cuanto según la disposición de los molos, no era herida directamente esta parte por las olas que se pudieran formar en el antepuerto.

El señor Prowe, cambiando la disposición de los molos, y dejando la embocadura del antepuerto frente a la boca del canal, consulta como es natural en los chaflanes de la embocadura, un empedrado suficientemente calculado para impedir el deterioro de ellos por las oleadas.

El consejo, como US. lo ha visto, dejó a la decisión de la comisión de marinos la fijación de la dirección de los molos del antepuerto; habiéndose

pronunciado esta comisión a favor de las modificaciones introducidas por el señor Prowe, se hace indispensable en este caso consultar los empedrados en los chaflanes de la boca del canal. La suma correspondiente para este trabajo, no se encuentra apuntada en el presupuesto anterior.

- 2° Tampoco se encuentran consultadas en el presupuesto anterior las sumas necesarias para atender a las expropiaciones de terrenos indispensables para el canal de comunicación entre el lago y el mar y demás accesorios necesarios para las instalaciones de obras semejantes.

Ni para el arriendo o compra o expropiación de los terrenos necesarios para la instalación del ramal a la cantera.

Tomando en cuenta sumariamente las partidas anteriores, creo que el costo de las obras que proyectó el señor Nieto, más las que el consejo de obras públicas creyó indispensable agregar para completar el proyecto, ascenderá en números redondos a 15.500.000 pesos.

Dios guarde a US.,

D.V. SANTA MARÍA

INFORME
DEL JEFE DE LA SECCIÓN DE HIDRÁULICA
EN EL QUE DA CUENTA DE CIERTOS SONDAJES
EFECTUADOS EN EL PUERTO DE LLICO

Santiago, 4 de enero de 1890

Señor director general de Obras Públicas:

Tengo el honor de remitirle el informe sobre los sondeos que se han hecho en el puerto de Llico y, al mismo tiempo, le adjunto las muestras geológicas.

Comenzados el 1 de julio del 89, se han concluido el 26 de agosto del mismo año, haciéndose dos sondeos.

PRIMER SONDAJE GEOLÓGICO

El sitio en que se ha hecho el primer barrenado está situado en el eje del molo norte. El piso del aparato tenía 1,95 m sobre la alta marea.

En los primeros días el trabajo se hizo con bastante rapidez hasta cerca de 7 m de hondura donde, por la gran cantidad de agua, el hundimiento de los tubos y la extracción de las tierras, se hicieron pesados.

A la hondura de 15 m el avance diario no ha sido más que de 0,30 m a 0,40 m, a pesar de ocuparse mayor número de trabajadores y de todas las medidas empleadas.

En cuanto a la naturaleza del suelo, el dibujo I demuestra todos los datos.

He encontrado lo siguiente:

De 0 – 1,50 m:	arena vergara pura y seca	Muestra A. I.
De 1,50 m – 5,30 m:	arena vergara pura con agua	Muestra A. I.
De 5,30 m – 12,65 m:	arena gruesa y piedras rodadas de cuarzo y esquista	Muestra B. I.
De 12,65 m – 15 m:	arena vergara con pedacitos de cuarzo y esquista	Muestra C. I.

SEGUNDO SONDAJE GEOLÓGICO

En este segundo sondeo el adelanto de los trabajos fue mucho más rápido y satisfactorio que el del primero; sin embargo, algunos días de lluvia han causado pequeñas interrupciones en el hundimiento.

Comenzado el 2 de agosto y concluido el 23 del mismo mes, el pozo ha llegado hasta 23,10 m.

Aunque los tubos tenían un largo total de 30 m, no se pudo llegar a esta profundidad porque, en primer lugar, uno de los tubos estaba encorvado, y luego por la fractura de dos piezas de empalme (*manchons d'assemblage*) de los cañones.

El sitio donde se ha hecho este segundo sondeo geológico está situado en el eje del canal proyectado en los estudios de don Ramón Nieto, a 600 m, más o menos, de la embocadura del canal en el mar. Este sondeo se hizo a una hondura de 23,10 m, teniendo la plataforma del aparato 0,35 m sobre la alta marea.

En cuanto a la naturaleza del suelo en el lugar del segundo barreno, el dibujo II adjunto da todos los datos.

Se ha encontrado lo siguiente:

De 0 -1,10 m:	arena gruesa y terreno vegetal.	
De 1,10 m - 8,60 m:	arena gruesa y pura con piedras rodadas de esquita y cuarzo	Muestra A. II.
De 8,60 m -16,85 m:	arena vergara con pedacitos de esquista y cuarzo	Muestra B. II.
De 16,85 m - 19,75 m:	arena arcillosa	Muestra C. II.
De 19,75 m - 23,10 m:	arena gruesa cuarzosa	Muestra D. II.

En cada uno de estos barrenos se han encontrado frecuentemente piedras rodadas de cuarzo y esquita, productos de las rocas que componen la costa del lado sur. De este fenómeno se puede deducir que la playa actual ha sido formada en los tiempos modernos.

Esta hipótesis está confirmada por la configuración general de la costa. Según esto no se puede negar la existencia anterior de un golfo cuyos últimos vestigios son la laguna de Vichuquén y de Torca.

De esto se puede concluir la entera semejanza del subsuelo hasta una profundidad bastante considerable y, además, que las capas van superponiéndose en el mismo sentido y con una pendiente regular hacia el mar.

En cada uno de los pozos se encuentra una capa de arena gruesa y pura: en el primero esta capa va de 5,30 m hasta 12,65 m, y en el segundo de 1,10 m a 8,60 m.

La diferencia de nivel reconoce por causas:

- 1º las diferencias de las alturas del piso del aparato en cada uno de los sondeos, pues, en el segundo era de 1,60 m más bajo y
- 2º la pendiente hacia el mar, pues el primer pozo quedaba apenas 30 m de distancia de la línea de bajamar (*laisse de basse mer*).

En el primer pozo la primera capa tiene arena fina, seca y con agua más abajo, mientras que en el segundo hay una primera capa de arena mezclada con terreno

vegetal. Esta desemejanza se comprende fácilmente, porque en el sitio del primer pique el terreno vegetal por los vientos y las mareas no puede afirmarse, mientras que en el segundo barreno, el sitio está abrigado por los cerritos contra los vientos dominantes.

En cada uno de los sondajes la tercera capa es de arena fina con pedacitos de esquista y de cuarzo: en el primero esta capa se extiende de 12,65 m hasta la hondura total del pique, es decir, hasta 15 m; en el segundo, la misma capa se extiende de 8,60 m a 16,85 m.

En el segundo pozo se encuentra una cuarta capa de arena arcillosa; no hay duda de que a una mayor hondura en el primer pozo se habría hallado la misma capa; pues cerca del lugar donde se ha hecho el primer sondaje hay agua dulce a poca profundidad, lo que es un indicio evidente de la existencia de una capa inferior impermeable.

De todos estos datos se puede concluir que estas capas firmes se extienden lejos en el mar y que, por los molos proyectados en los estudios de don Ramón Nieto, el suelo podrá, sin peligro alguno, sostener una comprensión de 2 k 50 por centímetro cuadrado.

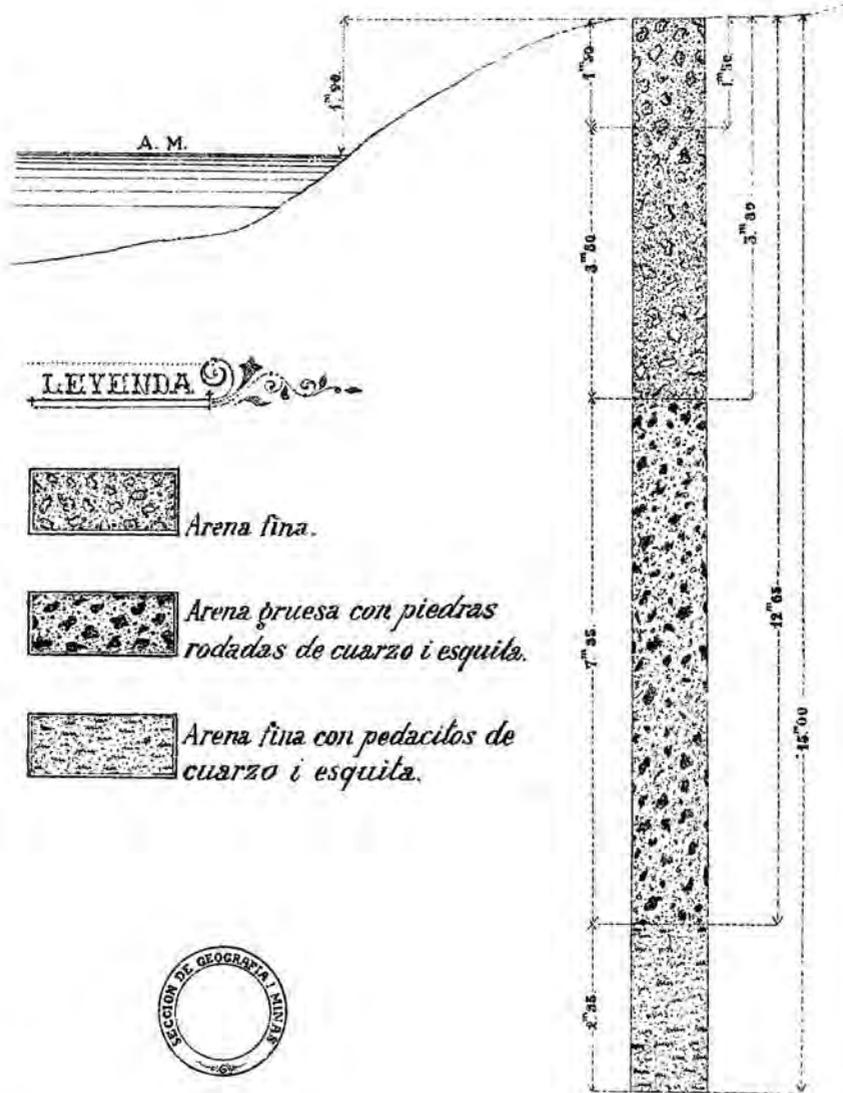
Dios guarde a Ud.

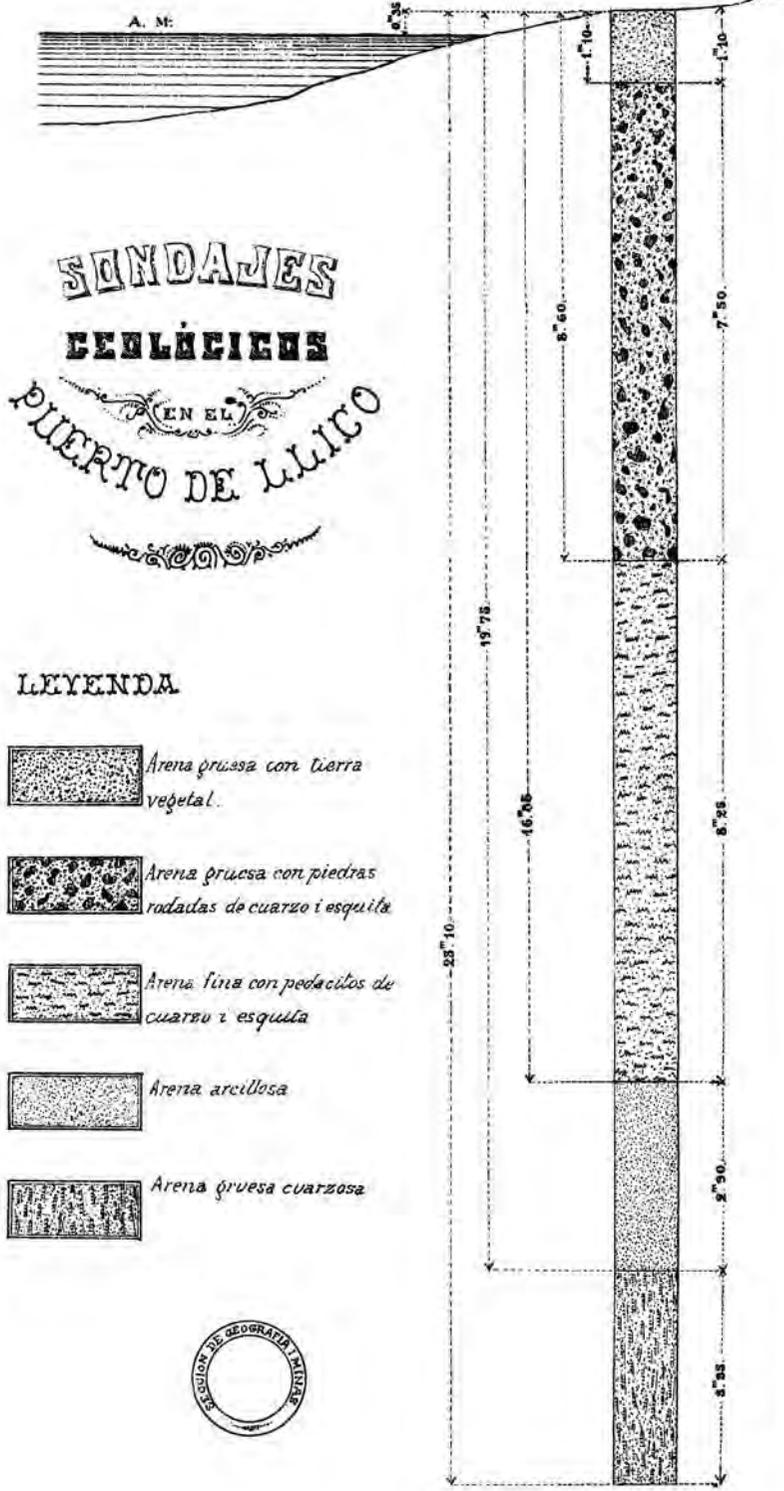
RAFAEL POTTIER

SONDAJES GEOLÓGICOS

EN EL

PIEDRITO DE LILICO





INFORME RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN
POR
C.J. DE CORDEMOY

RAPPORT SUR L'ETABLISSEMENT
D'UN PORT DE GUERRE ET DE COMMERCE
DANS LE LAC DE VICHUQUÉN,
PAR L'INGENIEUR MR. C.J. DE CORDEMOY

LE LAC DE VICHUQUÉN

Le lac de Vichuquén est situé sur la côte du Chili, près de la bourgade de Llico, par 34°46' S. Il mesure de 1.400 à 1.500 hectares; c'est le dernier chiffre qui sera adopté dans les calculs ultérieurs. Il communique avec la mer par un émissaire, ou canal tortueux, dont la largeur varie jusqu'à 200 mètres, mais dont la profondeur est très faible, quelques décimètres; sur une grande partie de son parcours, le lit est complètement envahi par des herbes aquatiques.

La communications avec la mer est donc presque nulle; et même, en janvier 1890, quand nous avons visité le lac, l'embouchure de l'émissaire était fermée par les sables, sur une longueur d'environ 40 mètres, depuis plusieurs mois.

Nous devons prévenir que le seul plan du lac et de ses alentours que nous avons est la carte de l'almirauté anglaise, N^o 1312; c'est sur elle que nous basons toutes nos mesures. Nous ne savons pas, non plus, la position relative du niveau des eaux du lac et de celui de la mer; nous avons supposé qu'il était le même à haute mer, sans fixer ce terme, très vague, de haute mer.

L'eau du lac est presque douce dans la partie la plus éloignée de la mer, et devient de plus en plus saumâtre à mesure qu'on s'approche de l'océan.

L'immense étendue d'eau que présente ce lac, ses belles profondeurs, l'abri complet qu'il recoit des collines qui l'entourent, tant contre le vent que contre l'ennemi, tout concourt à donner l'idée d'un magnifique port à construire. Ajoutons pourtant tout de suite que la partie la plus enfoncée dans les terres, les baies désignées sur la carte sous les noms de Paula Bay, Huiña Bay, et encore moins celle qui aboutit à la Totorilla, ne peuvent être utilisées comme refuges de grand navires, les sondages étant trop faibles. La baie de la Totorilla este même presque tout à fait envahie par les jongs.

Vents

Nous n'avons aucune donnée sur les vents qui règnent devant Llico; nous supposons qu'ils soufflent généralement du Sud au Sud-Ouest, et que les tempêtes proviennent du 4^e quadrant.

Courants

Quelles est l'importance du courant de Humboldt dans la rade de Llico? Y a-t-il d'autres courants locaux? Quelle est leur puissance? Les observations nous manquent également.

Marées

On compte que les marées sont de 1 m 50 au maximum. Cependant, Mr. Dirks en a observé de 1 m 80 à Talcahuano, et cela pendant le jour. Or, la nuit, pour des raisons connues, la mer monte parfois bien plus haut. On nous a affirmé à Llico que la marée pouvait atteindre 2 m 40; nous le croirions volontiers. En tous cas, il est prudent de compter sur plus de 1 m 50.

Dunes

Au N. de l'embouchure de l'émissaire, règnent de puissantes dunes. Toute la plage est de sable; mais au S. la côte est escarpée.

Distance à la mer

Le lac est distant de la mer d'un peu moins de 5 kilomètres; on ne saurait les rejoindre que par la partie sablonneuse qui côtoie aujourd'hui l'émissaire. Partout ailleurs, les cerros s'y opposent.

Brisants

Devant l'embouchure de l'émissaire, il y a de nombreux brisants, sur lesquels la mer déferle avec fureur. Les navires mouillent en dehors, et communiquent avec la terre par le moyen de fortes lanchas. Ces brisants sont, paraît-il, sablonneux.

CRÉATION DU PORT

Il est évident qu'il n'y a qu'un seul moyen de faire du lac de Vichuquén un port: le relier à la mer par un canal, et abriter l'entrée du canal dans un avantport délimité par deux môles.

Mais cette solution, très simple au premier abord, est-elle possible?

On n'a, semble-t-il, qu'à copier ce qui s'est fait en Egypte. Construire une sorte d'avant-port, comme à Port-Saïd, et établir un canal comme celui de Suez, que la pratique a démontré suffire pour de très grands navires.

Malheureusement, en fait de travaux maritimes, les exemples sont souvent très trompeurs. Une chose peut réussir en un point, qui ne réussit pas dans un autre. Une étude complète de chaque question, en elle-même, est nécessaire; et nous allons faire voir que la solution qui semble s'imposer, comme celle que nous venons de dire, n'est pas possible.

CANAL

Supposons, en effet, qu'on adopte pour le canal un profil à peu près pareil à celui du canal de Suez:

Plafond de 24 mètres.

Inclinaison des talus sur l'horizon: 25°.

Hauteur de la marée: 1,50 m.

Profondeur du canal	Haute mer	}	9,25	mètres
	Mer moyenne		8,50	mètres
	Basse mer		7,75	mètres

Dans ces conditions, on aura pour la section du canal, ou surface d'écoulement:

Section du canal	Haute mer	}	405	mètre carrés
	Mer moyenne		358	mètre carrés
	Basse mer		314	mètre carrés

VITESSE DE L'EAU DANS LE CANAL

La plus courte distance que puisse suivre un navire pour se rendre de la mer au lac est d'environ 4.600 mètres; mais pour tenir compte des inflexions que l'on pourrait faire subir à ce chemin, nous compterons à 5.000 mètres la longueur du canal.

La surface du lac étant de 1.500 hectares, et le jeu de la marée étant estimé de 1,50 m, nous avons les éléments nécessaires pour calculer la vitesse du courant dans le canal.

- A. Remarquons d'abord que pour qu'une molécule d'eau, partant du lac, arrive à la mer dans le laps de temps de la marée descendante, soit 6 heures, il faut que sa vitesse soit de

$$\frac{5.000}{3.600 \times 6} = 0 \text{ m. } 231$$

Si le courant n'avait pas au moins cette vitesse, la dite molécule n'arriverait pas à franchir la longueur du canal.

- B. Si d'autre part, on admet que ces deux vases communicants, la mer et le lac, réunis par un canal, doivent éprouver des mouvements solidaires de même amplitude, la surface du lac doit donc baisser en 6 heures de 1,50 m, c'est à dire qu'il s' en écoulait un volume de 1.500 hectares x 1,50 m =

22.500.000 mètres cubes

Or, ce volume doit passer en $3.600 \times 6 = 21.600$ secondes par la section du canal, dont la moyenne est de 358 mètres carrés.

Par seconde, il passerait donc

$$\frac{22.500.000}{21.600} = 1.041 \text{ mètres cubes} = Q$$

Et l'on aurait $Q=SV$ (produit de la surface d'écoulement par la vitesse); d'où

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{1.041}{358} = 2,90 \text{ m}$$

Il faudrait, en outre, tenir compte de l'écoulement du volume contenu dans le canal lui même. Ou arriverait à ce résultat que pour assurer la vidange du lac, en concordance avec la marée, la vitesse moyenne devrait être supérieure à 3 mètres. Ils est bon de noter que la vitesse maxima serait beaucoup plus forte.

C. Que va-t-il se passer en réalité?

Le phénomène est très simple, mais les conditions en sont singulièrement complexes. L'eau, dans le canal, s'écoulera suivant une pente déterminée par l'abaissement de la marée, abaissement qui est, par heure, de

$$\frac{1,50 \text{ m}}{6} = 0,25 \text{ m}$$

et, par seconde, de

$$\frac{0,25 \text{ m}}{3.600} = 0,00007 \text{ m}$$

Mais si, comme il arrivera, le canal ne peut pas débiter les 22.500.000 mètres cubes qui devraient s'écouler en 6 heures, le niveau de la mer baissera plus vite que celui du lac, et l'écoulement se fera sous une pression croissante, tandis que le niveau du lac baissera d'une quantité fonction de ces diverses conditions.

Aucune des formule généralement employées pour la mesure de la vitesse ne peut s'appliquer dans ce cas. Nous avons dû recourir à un mode de calcul spécial, analysant le phénomène à tout instant. Avant d'en exposer le résultat, il est nécessaire d'établir les hypothèses que nous avons adoptées, en l'absence de renseignements exacts.

Nous avons admis pour la marée.

- 1° Qu'il n'y avait pas d'étale.
- 2° Que l'abaissement ou l'élévation du niveau se faisait régulièrement de 0,00007 m par seconde, ce qui n'arrive pas dans la nature. De cette façon,

nous avons substitué à la courbe inconnue des marées une droite qui en rejoint les niveaux supérieurs et inférieurs.

3° Que le flux et le jusant duraients chacun exactement 6 heures.

4° Que la marée était uniformément de 1,50 m.

Ces diverses conditions peuvent bien modifier, très légèrement d'ailleurs, les détails; mais nous verrons par la suite que les résultats obtenus ont une signification parfaitement déterminée.

Sans entrer dans le détail très compliqué de ces calculs, nous en avons réuni l'ensemble dans les tableaux annexés, et nous l'avons figuré sur la planche 1. Nous avons placé le moment initial du phénomène à celui de la haute mer. Le canal est donc censé ouvert à un instant où les niveaux de la mer et du canal coïncident, au sommet maximum.

On suit parfaitement sur la planche les phases diverses. On y voit représentées la droite ponctuée et la courbe approximative figurant le mouvement de la marée. La courbe *0 a b c d e...* indique les positions successives du niveau du lac. Les ordonnées indiquent (à 1/20) les hauteurs d'eau, les abscisses (*a* 0,0125 m par heure) les temps.

En examinant de près ces diverses courbes, on voit que le mouvement du lac ne suit que de très loin celui de la mer.

- a. Les niveaux maximum et minimum de la mer s'établissent aux points 0, 6, 12, 18... Ceux du lac aux points *a, b, c, d, e...* où la courbe *a, b, c, d...* coupe les droites 0-6, 6-12, 12-18.
- b. La courbe *a, b, c, d...* commence par être irrégulière, parce que le régime ne peut s'établir en une seule marée; mais après 5 ou 6 marées, le calcul montre qu'on retombe sur une ordonnée déjà trouvée, au même rang dans l'échelle des temps, ce qui indique pour l'avenir la permanence du régime.
- c. A chaque instant, la différence de niveau entre le lac et la mer est figurée par la différence de longueur des ordonnées de la courbe *a, b, c, d* et de la droite correspondant à la même abscisse. Il est aisé de voir que la différence maxima se trouve aux points $\alpha, \beta, \gamma...$
- d. Aux points *a, b, c, d, ...* la différence entre les ordonnées est nulle, il n'y a pas de pente, et par conséquent pas de vitesse. Il est facile de comprendre que c'est en ces points qu'a lieu le changement de sens de la vidange du lac dans la mer et réciproquement.
- e. On voit clairement que le niveau moyen du lac s'établira à la même hauteur que celui de la mer, à la cote 0,75⁷; mais que les niveaux maximum et minimum n'oscilleront autour de cette cote que de 0,25 m environ, de sorte que l'amplitude de la marée dans le lac ne sera que de 0,50 m.
- f. La haute mer et la basse mer du lac retarderont de 2 heures 5 minutes sur celles de l'océan, de sorte que l'établissement du port à Llico étant de 10 heures, celui du lac serait de 12 hs. 5. Comme conséquence, on voit qu'au moment de la basse mer (océan), le canal, dans sa partie supérieure, ne

⁷ Le zéro correspond au niveau de basse mer.

serait pas à son niveau minimum, ce qui est intéressant au point de vue du dragage.

- g. En étudiant la courbe a, b, c, d..on reconnait qu'elle approche beaucoup d'une sinusoïde, dont l'équation serait

$$y = 0,235 \sin x \quad [c = 0,235]$$

Pour connaître la quantité d'eau qui entre dans le lac en sort à chaque marée, on n'a qu'à remarquer que cette quantité est représentée par l'aire de la sinusoïde, au dessus ou en dessous de la droite (cote 0,75 m) prise comme axe des abscisses.

L'intégrale définie

$$\int_0^{\pi} c \sin x \, dx$$

représente cette surface. En effectuant les calculs, on trouve, pour la partie au dessus ou en dessous de l'axe des abscisses:

S = 3.530.000, soit	3.530.000 mètres cubes
Le calcul direct donne	3.650.000 mètres cubes
Et il se sera écoulé en réalité	3.600.000 mètres cubes

et en totalité 7.200.000 mètres cubes du lac, à chaque marée descendante, quantité que réintégrera le flot suivant.

La comparaison des trois nombres précédents montre la très grande approximation du calcul tel qu'il a été effectué.

- h. On remarquera ce fait très curieux qu'en définitive le lac se sera vidé d'une certaine quantité (0,50 m), et que par conséquent les sondages actuels devront être diminués de cette hauteur.
- i. Enfin, et ceci est la remarque la plus importante à laquelle conduit ce long travail, on voit que la vitesse d'écoulement maxima s'élève à 1,360 m par seconde.

Et cela dans les conditions les plus favorables.

Si nous prenons, en effet, les coefficients adoptés dans les principales formules en usage, nous trouvons les vitesses suivantes:

	<i>m</i>
Bazin	1,47
Kutter et Ganguillet	1,50
Prony	1,52

Ce n'est pas tout:

- 1° Nos calculs sont basés sur la valeur de 1,50 m pour la marée; or celle-ci dépasse certainement 1,80 m et atteint peut-être 2,40 m.

2° Nous avons supposé que la mer baisse ou monte uniformément; or, il n'en est généralement pas ainsi. L'observation, en Europe, prouve que le mouvement est très varié, et que la hausse ou baisse maxima peut s'élever au double de la valeur moyenne.

Dans ces conditions, en admettant pour la valeur de la marée, 1,80 m, on voit qu'à un moment donné la baisse par heure peut être de 0,60 m au lieu de 0,25 m, ce qui changerait singulièrement la vitesse d'écoulement.

On peut affirmer sans hésitation que celle-ci pourra atteindre et dépasser 2 mètres par seconde.

CONSÉQUENCES DE LA VITESSE D'ÉCOULEMENT

1° D'après les données admises dans la science, les vitesses au dessus desquelles les divers terrains sont affouillés, sont, en mètres:

	<i>Vitesse au fond</i>	<i>Vitesse moyenne</i>
Sable	0,305	0,46
Gravier	0,609	0,96
Cailloux	0,914	1,12
Pierres cassées	1,220	1,23
Cailloux agglomérés	1,520	1,90

Avec la vitesse trouvée précédemment, presque aucun de ces terrains ne résisterait. A Llico, la berge est composée de sable très fin, qui ne résisterait pas à une vitesse de plus de 0,40 m. Donc, les talus d'un canal creusé dans ce sable seraient rapidement rongés et emportés.

Il y aurait même eu un danger extrême à entreprendre ce canal, car la vitesse d'écoulement aurait tout compromis, avec de grandes difficultés pour remédier au mal.

Il faut donc conclure que le creusement du canal, tel que nous l'avons exposé, est pratiquement irréalisable.

2° Pourrait-on du moins le creuser, de la mer à une certaine distance du lac, le maçonner, puis enlever enfin le batardeau naturel qu'on aurait laissé, et permettre à l'eau du lac de s'y répandre?

Le premier inconvénient serait ainsi évité; mais une vitesse de 2 mètres à la seconde (4 noeuds) empêcherait totalement un navire de gouverner dans cet étroit canal; la moindre embardée le jetterait contre les talus, surtout dans les parties courbes.

En fin, ce serait avec beaucoup de peine qu'un navire remonterait un courant semblable, dans un canal qui, par ses dimensions mêmes, oppose, ainsi qu'on le verra, une grande résistance à la marche du bâtiment.

Le canal de 24 mètres au plafond est donc impossible et doit être abandonné, du moins dans les conditions énoncées.

CANAL DE JONCTION

Comment effectuer ce canal de jonction entre la mer et le lac?

- A. Cherchons d'abord la largeur qu'il devrait avoir pour que la vitesse d'écoulement n'y dépasse pas 0,40 m.

Et, pour ne pas s'exposer trop à des déceptions, estimons que le jeu de la marée peut atteindre 2 mètres.

Dans ce cas, admettant $26^{\circ}34'$ comme angle des talus du canal avec l'horizon, angle dont la cotangente = 2, et 9 mètres comme profondeur moyenne du canal, on trouve que le plafond doit avoir 366 m.

Même en admettant 1,50 m pour les marées, on trouve encore 271 mètres.

Nous pensons qu'il n'est pas besoin de discuter cette solution.

- B. Pourrait-on se contenter d'augmenter dans une certaine proportion la largeur du canal, de manière à éviter seulement l'influence de la vitesse d'écoulement sur la manœuvre, quitte à prévoir le perruyages des talus et du plafond?

Le calcul démontre que pour obtenir la concordance des marées du lac et de la mer, et se mettre ainsi à l'abri des vitesses accrues par la retenue d'eau, il faudrait un plafond de 110 mètres, et l'on aurait encore une vitesse de 1,22 m (2 noeuds et demi).

- C. En fin, le moyen qui se présente naturellement à l'esprit est l'interposition d'une écluse à sas entre la mer et le lac.

Les deux solutions B et C sont admissibles. Le choix doit être dicté par plusieurs considérations que nous allons examiner:

- 1° Puisqu'il s'agit d'un port militaire, il peut se présenter le cas où un navire poursuivi se réfugie dans le port, ou au contraire celui où un navire veut sortir du port pour poursuivre l'ennemi. Dans le premier cas, si l'écluse est assez éloignée pour être à l'abri, la question de temps n'a pas grande importance. Il n'en est pas de même pour le second cas.

Il est évident que si l'écluse doit retarder considérablement le moment de la sortie, elle constituera un facteur très nuisible.

Ce serait pis encore s'il s'agissait d'une flotte entière à faire sortir.

Il importe donc d'étudier le mécanisme de l'écluse pour réduire au minimum de temps la manœuvre. Or, avec les moyens actuels dont dispose la science, elle s'exécutera toujours avec assez de rapidité pour n'entraîner aucun inconvénient.

Cependant, il faut tout prévoir. Il est clair que plus tard, quand le port aura pris une grande importance, aussi bien au point de vue commercial qu'au point de vue militaire, une écluse ne suffira pas au mouvement. Il

faudra construire deux et même trois écluses, ainsi qu'on a été obligé de le faire au canal d'Amsterdam.

Ces écluses seront juxtaposées latéralement; on devra donc choisir, pour édifier la première, un point où l'on pourra s'élargir.

- 2° La question de dépense entrera en ligne de compte. Si le canal élargi était moins cher que l'écluse, il aurait d'incontestables avantages. Pourtant, il ne faudrait pas conclure à priori qu'on devrait le préférer, car il y a à tenir compte également des frais d'entretien. C'en est que par une étude rationnelle de ces divers éléments qu'on devra se décider. Nous l'entreprendrons plus loin, en utilisant le peu d'éléments que nous possédons.

TRACÉ DU CANAL

Il est impossible d'aller de la mer au lac en ligne droite. D'un côté, il importe de garder à peu près l'embouchure actuelle de l'émissaire, pour éviter les collines du N; d'autre part, celles du S forcent à s'écarter de la direction rectiligne.

Nous avons adopté:

- 1° une ligne droite de 3.180 mètres;
 2° une courbe de 2.000 mètres de rayon et qui, s'étendant sur 50 degrés, atteint un développement de 1760 mètres. La longueur totale du canal est donc de 4940 mètres.

Avec le rayon de 2000 mètres, supposons un navire de 150 mètres de longueur suivant la ligne médiane du canal, son axe longitudinal s'en écartera, à la proue et à la poupe, de 1,42 m. Il suffira donc de donner au canal courbe un élargissement de 3 mètres, pour que l'on se trouve dans les mêmes conditions que dans la partie rectiligne. Les échouements ne seront donc guère à redouter.

D'ailleurs, en diminuant le rayon (à 1000 mètres, les ordonnées seraient de 2,85 m et nécessiteraient un élargissement de près de 6 mètres), on ne diminuerait la longueur du canal que de quelques mètres; le cube à draguer resterait plus considérable.

La pl. I montre que le débouché de la partie courbe dans le lac se fait très aisément dans de bonnes conditions.

Il est absolument impossible, nous l'avons dit, d'éviter la courbe terminale. Quant à la partie rectiligne qui part de la mer, on pourrait la remplacer par deux courbes suivant à peu près le cours actuel de l'émissaire. On éviterait ainsi une surélévation formée par les dunes, et qui atteint 12 mètres au maximum. Il y aurait peut-être ainsi moins, non pas à draguer, mais à excaver au dessus du niveau de l'eau. N'ayant pas les courbes de niveau de cette partie, nous ne pouvons par estimer cette différence de cube; mais elle est absolument insignifiante en comparaison de la somme à dépenser pour la construction du port. On ne saurait songer à une pareille économie quand il s'agit d'un travail de cette importance. Il y a, de plus, à considérer qu'il faudrait nécessairement élargir les courbes en question, et alors à se demander si même le cube à enlever serait plus considérable. En fin,

la longueur étant augmentée, les frais d'entretien seraient plus considérables, et dépasseraient peut-être l'intérêt de la somme dépensée en plus originairement, s'il en est ainsi.

Il faut donc, résolument, adopter la ligne droite.

DIMENSIONS DU CANAL

Il y a évidemment intérêt à donner au canal la plus grande largeur possible, tout en ne dépassant pas les dimensions compatibles avec l'économie raisonnée dans les frais de premier établissement, et le coût de l'entretien. Mais comme il s'agit de fouilles, qu'on peut augmenter à volonté, il y a deux phases à considérer. On peut se contenter d'abord d'un canal aussi restreint que possible, qu'on élargira plus tard, quand les besoins l'exigeront. Nous avons adopté pour le plafond 22 mètres, comme au canal de Suez, et l'angle des talus avec l'horizon a été fixe à 26°34'.

Dans la courbe, le plafond a été porté à 25 mètres.

Ces dimensions ont suffi au canal de Suez pendant 20 ans. Ce n'est qu'aujourd'hui qu'on songe à donner au plafond 65 mètres. Il sera temps d'y songer à Llico, quand le mouvement des navires l'exigera.

Quant à la profondeur, nous avons considéré que les navires de guerre ne devaient jamais être arrêtés dans l'avantport ou dans le lac, faute d'un mouillage suffisant dans le canal. Il peut y aller de la sécurité d'une escadre.

Admettant que l'amplitude de la marée peut atteindre, dans des cas très rares, jusqu'à 2,40 m, nous avons encore donné au canal 8 mètres au dessous de cette cote. A la mer moyenne, le canal aura donc 9,20 m d'eau, et dans les marées ordinaires de syzygies, les navires trouveront encore 8,45 m à la basse mer. Ce sont là de bonnes conditions de sécurité.

Si l'on adopte l'écluse, en la plaçant ainsi que nous l'avons figurée, l'eau se tiendra, dans la partie amont du canal, à la cote 9,20 m.

ECLUSE

Outre les conditions que nous avons déjà définies, il importe que l'écluse présente encore les suivantes: être entre deux alignements droits; avoir les dimensions nécessaires.

Nous avons prévu que le port pouvait recevoir des navires de 150 mètres; dans l'avenir, cette longueur pourrait même être augmentée. C'est ainsi qu'en Angleterre, on vient de porter au delà de 250 mètres la longueur d'un nouveau bassin de radoub. Mais point n'est besoin, non plus, de faire des dépenses inutiles pour le moment. A Amsterdam, on a commencé par des écluses ayant 70 et 120 mètres; la nouvelle, nécessitée par le développement commercial, aura 205 mètres.

Nous avons donné 25 mètres de largeur à l'écluse; les navires ayant au plus 150 mètres pourront ainsi y passer facilement.

L'écluse a 3 paires de portes; le deux plus intérieures délimitent réellement le sas utile. Les portes à la mer on leur busc tourné vers elle, pour s'opposer à l'entrée des hautes eaux. Il sera bon de ménager à chaque extrémité des places pour bateaux-portes afin de fermer en cas de réparation du sas ou des portes.

On pourrait employer la porte univalve du canal de Tancarville; mais il ne faudrait pas songer aux caisos glissants ou roulants, qui prennent de la place latéralement, et gêneraient la construction de futures écluses.

VITESSE DE L'EAU DANS LE CANAL

De la place que nous avons assignée à l'écluse jusqu'à la mer, le canal a une longueur de 2800 mètres. En pleine mer totale, sa section serait de 454 mètres, et en très basse mer de 304. Différence: 150.

Le volume mobile dans une pareille marée serait de 420.000 mètres cubes, la vitesse d'écoulement moyenne serait donc de 0,05 m, et la vitesse maxima 0,066. En admettant même que la marée ait à un moment donné un mouvement double du mouvement moyen, la vitesse ne serait donc encore que de 0,10 m à 0,3 m, ce 13 qui n' a rien de dangereux pour les berges.

Quant au mouvement des vagues produites par le passage des bateaux, vagues qui se produisent à l'arrière du bâtiment, leur effet sera beaucoup amorti para la disposition très élargie des talus. Nous pensons que des plantations de roseaux on de tamaris, faites en temp utile, suffiraient pour empêcher les dégradations. Il ne sera probablement pas nécessaire de recourir à un perreyage.

VITESSE DES NAVIRES DANS LE CANAL

En tous cas, il s'agit d'une si courte distance, que même dans les cas les plus urgents, dont la rareté sera d'ailleurs extrême, on pourra, on devra ralentir la marche des navires; quelques minutes de plus ou de moins ne sembler pas bien compromettantes. Aun canal de Suez, la vitesse des bâtiments ne peut excéder 10 kilomètres. A Llico, on pourrait la réduire encore sans inconvénient.

D'ailleurs, par la force même des choses, cette vitesse ne serait pas considérable. Bien que les donnés expérimentales sérieuses fassent défaut, on sait que la résistance de l'eau dans les canaux s'oppose fortement au mouvement des navires. Quand la section est le triple de celle du maître-couple, la vitesse, d'après certains écrivains, peut descendre au centième, et est d'environ $\frac{1}{3}$, à la condition d'avoir au moins 15% (de la hauteur de la section mouillée) d'eau sous la quille. Des essais, malheureusement peu concluants, entrepris récemment, sembleraient confirmer cette donnée. Avec la profondeur d'eau de notre canal, on pourrait donc atteindre cette proportion; mais il serait bon, dans l'intérêt de la conservation des berges, de limiter à 8 kilomètres la marche des bâtiments, si l'on ne perreye pas les talus.

Tout compris, avec la manœuvre de l'écluse, on ne mettrait guère plus d'une heure pour traverser le canal. Cela n'a rien d'anormal, et dans tous les pors du monde, il faut beaucoup de temps pour aller prendre sa place ou en sortir.

AVANTPORT

Il faut, bien entendu, un avantport pour protéger l'embouchure du canal dans la mer et obtenir la profondeur nécessaire pour y accéder. Cet avantport, dans les conditions de Llico, doit nécessairement être constitué par deux môles, partant de la terre, à une certaine distance l'un de l'autre, et convergeant en mer. Les marins ayant demandé une entrée de 240 mètres, nous la conservons.

L'orientation, la disposition des môles dépendent de plusieurs facteurs: la direction des vents généraux, celle des vents de tempête ont une grande influence. Mais il en est encore d'autres condition à faire entrer en compte. Parmi elles, les apports jouent un grand rôle.

A Llico, il y a, en avant de l'embouchure de l'émissaire, des brisants constitués par des levées de sable (cordon littoral ou barre). Le sable est très abondant sur la côte nord, et il forme des dunes qui ont envahi les terres sur une grande étendue.

D'où viennent ces sables? Comment marchent-ils? Sont-ils portés par les courants littoraux (courant de Humboldt, etc)? Ne-sont-ils remués que par les vagues? Est-ce là une action constante sur toute la côte du Chili, ou s'agit-il, en diverses localités, d'actions particulières? Jusqu'à quelle distance du littoral s'étend ce phénomène, et à quelle profondeur? Les sables sont-ils alternativement remués par les vents ordinaires du sud et par les tempêtes du nord?

Nous avons compulsé ce qui a été écrit sur cette question, sans avoir réussi à nous former une opinion. Et cependant, tout l'avenir du port de Llico est là. Si l'apport des sables est constant et considérable, si la nature et la forme des fonds avoisinants sont de nature à favoriser l'ensablement, si ce sont les courants qui agissent principalement, on éprouvera de grandes difficultés à maintenir l'entrée.

Celle-ci aura beau être placées dans les grandes profondeurs, le sable aura vite envahi les angles formés para les jetées. Nous avons vu construire un port sur une côte sablonneuse, où pourtant l'on ne croyait pas à la marche des sables; le fond de la mer avait là une pente énorme; on trouvait à peu de distance des sondes de 100 mètres. On a placé, pour comble de précaution, l'entrée par la ligne de 15 mètres. Peu de temps après l'achèvement des môles, en trois jours on constatait l'entrée de 93.000 mètres cubes de sable.

Il nous est donc absolument impossible de donner un avis raisonné sur la disposition des môles, et sur l'avenir réservé à l'avantport. Aussi dans l'ensemble des travaux à construire, avons nous figuré les murs d'abri par des lignes ponctuées.

Mais même ces lignes ponctuées, faut-il les expliquer:

D'abord, nous donnos à nos môles, en plan, la forme curviligne. On a ainsi deux avantages:

Le premier, c'est que la solidité est beaucoup plus grandes; d'une part, la vague extérieure n'attaque pas simultanément toute la longueur du mur; d'autre part, le coup est porté sur l'extrados, et les matériaux tendent à se comprimer les uns contre les autres, par conséquent à se renforcer mutuellement.

Le second, c'est que la lame qui entre dans l'avantport trouve devant elle un mur qui fuit plus rapidement que s'il était rectiligne, et elle s'abaisse plus vite.

L'écartement des enracinements des môles est compté, approximativement, à 1.200 mètres, ce qui porte à environ 70 hectares la surface de l'avantport. Si, dans ces conditions, on estime la puissance réductive de cette nappe d'eau sur la hauteur des vagues, d'après la formule de Th Stevenson, on trouve qu'elle est égale à $\frac{1}{4}$, c'est à dire qu'une lame de 8 mètres de hauteur aurait encore à peu près 2 mètres au fond de l'avantport.

La formule de Stevenson n'est exacte que si l'abri réunit les conditions suivantes:

- 1° Les môles sont assez élevés pour soustraire la surface intérieure à l'action des vents;
- 2° La largeur de l'entrée n'est pas très grande par rapport à la section de la vague;
- 3° Les murs sont à peu près verticaux;
- 4° La distance de l'entrée au point observé est supérieure à 15 mètres;
- 5° La profondeur est suffisamment uniforme.

De ces conditions, la dernière est la plus importante. Il faut draguer toute la surface abritée. Si l'on se contentait d'y creuser un canal pour le passage des navires, la lame y entrerait avec force, en bouleverserait les bergers, dont les débris combleraient en partie le canal et y produiraient des hauts fonds.

Cependant, on pourrait, sans grand inconvénient, ne draguer qu'à 10 mètres une partie de l'avantport, en ayant soin de ne pas séparer par un brusque redan cette partie de celle qui serait draguée plus profondément, à 15 mètres par exemple, si l'on portait par cette ligne de sonde l'entrée, ce qui serait une bonne mesure.

Cette profondeur, en effet, aurait pour avantage d'éviter autant que possible l'effet de l'ensablement. Quant à l'entrée des navires, même par les fortes vagues, elle se ferait même avec moins de mouillage, parce que les bâtiments sont portés par les lames à un niveau supérieur à celui de leur dépression.

D'après ce qui a été dit ci-dessus, en admettant la formule de Stevenson, il pourrait y avoir une houle de 2 mètres au fond de l'avantport. Il y aurait dès lors grand inconvénient à y dessiner l'entrée du canal en forme d'entonnoir. La vague s'y engouffrerait en s'élevant, ce qui produirait juste le contraire des môles de l'avantport: les berges seraient détruites et le canal éprouverait une agitation très dangereuse.

Il y a plusieurs moyens d'empêcher la houle de se propager dans le canal. Nous avons préféré, parmi eux, une disposition qui remplit un double but: celui de calmer l'agitation et de procurer un port de relâche pour les navires pressés, les caboteurs, etc., refuge qu'on ne saurait chercher dans l'avantport, trop ouvert à la vague. Nous avons, à la suite d'une entrée, limitée à 100 mètres, en face des musoirs, disposé en redans des bassins, dont le nombre n'est pas fixé, mais variera suivant les exigences de l'avenir. Dans ces bassins, la vague tombera complètement, et les navires seront entièrement à l'abri. Quant au canal, il ne recevra plus aucun mouvement du large.

Les bassins sont séparés par des traverses de 50 mètres de largeur, qui seront suffisants pour les services qu'on veut installer en ce point.

DES MÔLES

Nous répétons que la direction des môles, marquée sur le plan, n'est pas arrêtée d'une façon définitive, bien que telle quelle, elle paraisse être de nature à s'opposer à l'action des vents, et à soustraire l'entrée aux apports des courants, que nous ne connaissons pas assez pour nous décider.

Quant à la construction de ces môles, il ne peut y avoir aucun doute.

Le type généralement adopté en France, celui de Marseille, n'est acceptable que dans les endroits bien abrités. (Marseille, Gênes, Alger, Trieste, etc.), ou dans les points où ce que les Anglais nomment le fetch, c'est à dire la distance à la côte voisine, est peu considérable (Boulogne). Partout ailleurs, mais surtout sur les côtes exposées comme celles de Llico, on ne pourrait arriver à établir ce type.

Il n'y a alors que deux procédés possibles, car nous écartons aussi les systèmes anglais nouveaux (béton posé in situ, en sacs, dans des caissons, etc.). Il faut construire les jetées en blocs artificiels posés pêle mêle, ou rangés régulièrement.

Le type de Marseille pourrait certainement résister, une fois terminé, et avec un fort revêtement de blocs posés avec le plus grand soin; mais il est certain qu'avec les tempêtes du Pacifique, les portions en construction seraient aisément détruites, et ce serait une lutte continuelle, très coûteuse, et dont rien ne peut assurer la fin. Nous en avons un exemple bien concluant dans un port français.

Dans les mers de l'Inde, qu'on peut comparer au Pacifique, à Madras, Manora, Kustendjee, la Réunion, on n'a pas songé à employer le type de Marseille. A Alexandrie, on l'a modifié, en n'employant que des blocs.

Il faut encore moins penser à recouvrir des enrochements par une superstructure. On ne connaît pas la nature du sous-sol à Llico, mais il peut y avoir de la vase, et en tous cas, le sable est bien fin, et facilement affouillable. Une superstructure se réduirait en miettes au moindre tassement.

Nous pensons qu'il y a un système tout indiqué: celui justement de la mer des Indes: la construction des môles par de gros blocs, indépendants les uns des autres et posés régulièrement. De cette façon, chaque tronçon de mur est toujours terminé, la mer ne peut rien contre lui, ou du moins il est aussi solide à tout moment du travail qu'à son achèvement.

Nous avons induiqué la construction de ces môles telle que nous la comprenons.

Si, ce que des expériences préliminaires indiqueront, s'il y a de la vase, et danger d'enfoncement des matériaux, il faudra, dès l'origine, établir un substratum en pierres naturelles, qui s'enfonceront et sur lesquelles on établira les blocs. Ces pierres seront posées au fur et à mesure de l'avancement; et en admettant qu'une tempête subite en enlève quelques-unes, le mal ne sera pas grand.

Si, au contraire, le fond est assez solide pour supporter les blocs, on ne commencera le substratum qu'à la cote. 8 mètres, là où l'on sera à peu près certain que les pierres ne seront pas remuées par la vague. Nous laissons à l'expérience, acquise pendant la construction, le soin de fixer ce point.

Sur ce substratum, on élèvera une muraille composée de trois blocs de 5 mètres de longueur chacun, et dont les dessins indiquent suffisamment la pose. Ces blocs

pèseront, d'après leurs dimensions, plus de cent tonnes; nous ne pouvons préciser, car leur poids dépendra de la densité des pierres employées dans le béton. Avec ces dispositions, l'absence presque complétée de joints, les blocs de défense posés à l'extérieur, ceux qui, par dessus, serviront de mur de garde, et enfin le musoir établi ainsi qu'on le voit, nous pensons qu'on aura toute sécurité.

Il y a tout avantage à employer de gros blocs; la sécurité est plus grande, les joints moins nombreux, la pose plus rapide (pour le même cube construit). Quant à cette pose, elle se fait avec une exactitude presque mathématique avec les outils dont on dispose aujourd'hui, et dont le prix ne croît pas proportionnellement au poids des blocs employés.

Il est bien évident que ces outils devront être des grues mobiles sur les portions de jetées établies; l'état de la mer ne permettrait pas l'emploi de pontons. Et nous ferons remarquer que dès lors, la pose des blocs de protection, avec le type de Marseille, serait une opération bien difficile.

Il faudra avoir bien soin d'enraciner les môles à terre; au S, cela serait très aisé; mais au N, on devra relier le môle à des portions du rivage solides et non affouillables.

DRAGAGE

Le dragage du canal et des portions contigues dans le lac semblent très faciles; cependant, il y aura des mécomptes par rapport à la ténuité du sable. Quant à l'avantport, on ne peut en connaître le sous-sol. Renferme-t-il des couches rocheuses? Rien ne permet de se décider à cet égard.

Comme, pour la discussion du canal, il importe de savoir le prix du dragage, nous estimerons que dans l'avantport, il vaudra 2 francs le mètre cube. Quant au canal, nous pensons qu'avec 1,25 f. on y pourra aisément draguer et transporter la mètre cube.

Le devis du dragage du canal, tel que nous l'avons décrit ci dessus, peut s'estimer ainsi:

De la mer à l'écluse	1.526.000 m ³	} 2.546.800 m ³
De l'écluse au lac	1.020.800 m ³	
Qui à 1,25 f. font	2.983.500 frs.	} 6.983.500 frs.
Auxquels il faut ajouter:		
écluse complète	4.000.000	

soit 7 millions et demi avec l'imprévu.

Si, au contraire on donnait au canal 110 mètres de largeur au plafond dans toute son étendue, le cube à draguer serait de 8.200.000 mètres cubes, qui à 1,25 f. feraient 10.250.000 francs, soit 11 millions avec l'imprévu. Différence: 3 millions et demi, en faveur du canal étroit avec écluse. Il faudrait, de plus, perreyer le canal large, ce qui coûterait près de 3 millions.

DU CANAL

La solution du canal large ne saurait être acceptée que si l'on est certain de pouvoir le creuser partout dans un terrain facile. Elle a aussi contre elle l'entretien plus dispendieux.

Mais il y a, en revanche, beaucoup de raisons qui militent en sa faveur.

D'abord, il est évident que la navigation devient plus facile, plus rapide; les navires peuvent se croiser et aller à toute vitesse. La traversée du canal ne dure qu'un quart d'heure.

On n'a pas besoin de prévoir la construction future d'une ou de deux autres écluses, l'élargissement du canal, etc., qui porteraient à une somme bien plus considérable la dépense définitive.

Les dangers d'échouement ne sont plus à craindre.

Il y a encore une autre raison, et des plus importantes à considérer.

Si l'on adopte le tracé avec écluse, dans les marées ordinaires de 1,50 m, il passera à travers l'entrée de l'avantport, en 6 heures, l'eau qui sortira des 2.800 mètres du canal, en aval de l'écluse, et celle de l'avant-port. C'est un total de $246.400 + 1.050.000 = 1.296.000$ m cubes, soit 60 mètres cubes par seconde, avec une vitesse absolument insignifiante.

Si, au contraire, on exécutait le canal de 110 mètres de plafond, il passerait un volume d'eau égal à.

$$1.130.000 + 22.500.000 + 1.050.000 = 24.680.000$$

soit à peu près 25 millions de mètres cubes, avec une vitesse de 0,32 m par seconde, en moyenne. En admettant que cette vitesse peut être doublée, à un certain moment, on atteindrait donc 0,64 m par seconde.

Si l'entrée de l'avantport n'avait que 150 mètres de largeur, la vitesse serait d'environ 1 mètre, et dans ces conditions, on pourrait espérer que la majeure partie des alluvions apportées par le flot serait balayée par le reflux, ce qu'on n'obtiendrait pas dans les autres cas.

Il y a donc là un ensemble de considérations fort importantes dont une étude complète pourrait seule faire sortir les inconnues, de manière à dresser un projet complet et, autant que possible, à l'abri de la critique.

Pour notre part, nous ne faisons que les signaler, n'ayant pas les éléments voulus pour décider.

DU PORT

Ainsi que nous l'avons dit en commençant, le port devra être établi dans la première portion du lac. Dans les premiers temps, des estacades en fer suffiront largement. En tous cas, les quais de maçonnerie, si on les exécute, devront être établis en blocs artificiels posés par la grue des moles. Il n'y a aucune raison pour adopter un système de pose plus compliqué et plus coûteux.

Il sera toujours temps de prévoir les installations futures, au point de vue des dépenses, car elles ne s'exécuteraient qu'à la longue. Mais il serait indispensable d'en prévoir le plan général, avant tout commencement des travaux, car l'on pourrait peut-être se trouver très gêné plus tard par des constructions établies à la légère.

RÉSUMÉ

En résumé, nous estimons que la construction du port de Llico donnerait au Chili le plus beau port qu'on puisse souhaiter, mais que les conditions de son établissement, au point de vue technique, comme au point de vue financier, ne pourraient être établies qu'après une étude plus approfondie que celle qu'il nous a été donnée de faire.

Santiago, 21 mars 1890

C. J. DE CORDEMOY

INFORME RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO
DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL
EN EL LAGO DE VICHUQUÉN
POR EL INGENIERO SEÑOR C.J. DE CORDEMOY

EL LAGO DE VICHUQUÉN

El lago de Vichuquén está situado en la costa de Chile, cerca de la población de Llico, a los 34°46' S. Mide 1.400 a 1.500 hectáreas; esta última cifra es la adoptada en los cálculos ulteriores. Comunica con el mar por un desagüe o canal tortuoso, cuyo ancho varía hasta 200 m, pero cuya profundidad es muy pequeña, algunos decímetros. En una gran parte de su trayecto el lecho está completamente cubierto por plantas acuáticas.

La comunicación con el mar es, pues, casi nula, y aun, en enero de 1890, cuando hemos visitado el lago, la embocadura del desagüe estaba cerrada por las arenas en una longitud de cerca de 400 m, hacía varios meses.

Debemos prevenir que el único plano del lago y sus alrededores que tenemos es la carta N° 1312 del almirantazgo inglés; en ella basamos todas nuestras medidas. Tampoco sabemos la posición relativa del nivel de las aguas del lago y del mar, hemos supuesto que coinciden durante la alta marea, sin fijar este término muy vago de alta marea.

El agua del lago es casi dulce en la parte más lejana del mar y se hace más y más salobre a medida que uno se acerca al océano.

La inmensa extensión de agua que presenta este lago, sus grandes profundidades, el abrigo completo que recibe de los cerros que lo rodean, tanto contra el viento como contra una escuadra enemiga, todo concurre para dar la idea de construir un magnífico puerto. Agreguemos, sin embargo, inmediatamente, que la parte más escondida dentro de tierra, las bahías designadas en la carta ya expresada con los nombres de Paula Bay, Huiña Bay y aun menos la que termina en la Totorilla, no pueden utilizarse como refugio de grandes naves por ser poco profundos los sondeos. La bahía de la Totorilla está aún casi enteramente invadida por los juncos.

Vientos

No tenemos ningún dato acerca de los vientos que reinan en Llico, suponemos que soplan generalmente del S al SO y que las tempestades provienen del 4° cuadrante.

Corrientes

¿Cuál es la importancia de la corriente de Humboldt en la rada de Llico? ¿Hay otras corrientes locales? ¿Cuál es su potencia? También nos faltan las observaciones.

Mareas

Se dice que las mareas son de 1,50 m como máximo. Sin embargo, Mr. Dirks ha observado algunas de 1,80 m en Talcahuano, y eso durante el día. Ahora bien, de noche, por razones conocidas, el mar sube a veces mucho más arriba. Se nos ha afirmado en Llico que la marea podía llegar a 2,40 m; lo creemos de buena gana. En todo caso es prudente contar con más de 1,50 m.

Dunas

Al N de la embocadura del desagüe hay grandes dunas. Toda la playa es de arena, pero al S la costa es escarpada.

Distancia al mar

El lago dista del mar un poco menos de 5 km, no se les puede unir más que por la parte arenosa que costea en la actualidad el desagüe. Por cualquiera otra parte los cerros se oponen.

Rompientes

Delante de la embocadura del desagüe hay numerosas rompientes contra las cuales el mar bate con furor. Las naves fondean afuera y se comunican con tierra por medio de grandes lanchas. Estas rompientes parece que son de arena.

CREACIÓN DEL PUERTO

Es evidente que no hay más que un medio de hacer del lago de Vichuquén un puerto: uniéndolo con el mar por un canal y abrigando la entrada del canal por un antepuerto limitado por dos molos.

Pero esta solución muy sencilla a primera vista ¿es posible?

Parece que no hay más que copiar lo que se hizo en Egipto. Construir una especie de antepuerto como en Port-Saïd y establecer un canal como el de Suez, que la práctica ha demostrado que basta para muy grandes naves.

Desgraciadamente, en materia de trabajos marítimos los ejemplos son a menudo muy engañosos. Una cosa puede tener éxito feliz en un punto y fracasar en otro. Un estudio completo de cada cuestión en sí misma es necesario y vamos a hacer ver que la solución que parece imponerse, como la que acabamos de exponer, no es posible.

CANAL

Supongamos en efecto que se adopte para el canal un perfil más o menos semejante al del canal de Suez.

Fondo de 24 m de ancho.

Inclinación de los taludes sobre el horizonte: 25°

Altura de la marea: 1,50 m.

Profundidad del canal	Alta mar	}	9,25 m
	Mar media		8,50 m
	Bajamar		7,75 m

En estas condiciones se tendrá como sección del canal o superficie de escurrimiento:

Sección del canal	Alta mar	}	405 m ²
	Mar media		358 m ²
	Bajamar		314 m ²

VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL

La menor distancia que puede recorrer un buque para trasladarse del mar al lago es próximamente de 4.600 m, pero para tomar en cuenta las inflexiones que se puede dar a este camino subiremos a 5.000 m la longitud del canal.

- A. Notemos primeramente que, para que una molécula de agua que parte del lago llegue al mar durante el lapso de tiempo del reflujó, o sea, en 6 horas, es necesario que su velocidad sea de

$$\frac{5.000 \text{ m}}{3.600^s \times 6^h} = 0 \text{ m. } 231 \text{ por segundo}$$

Si la corriente no tuviese a lo menos esta velocidad, dicha molécula no alcanzaría a franquear la longitud del canal.

- B. Si por otra parte se admite que estos dos vasos comunicantes, el mar y el lago, reunidos por un canal, deben experimentar movimientos solidarios de la misma amplitud, la superficie del lago debe bajar, pues, en 6 horas de 1,50 m, es decir, que saldría un volumen de 1.500 hectáreas x 1,50 m o sea de

22.500.000 metros cúbicos

Ahora bien, este volumen debe pasar en $3.600 \times 6 = 21.600$ segundos por la sección del canal, cuya media es de 358 m^2 . Por segundo pasarían pues

$$\frac{22.500.000}{21.600} = 1.041 \text{ m}^3 = Q$$

Y se tendría $Q = SV$ (producto de la superficie de escurrimiento por la velocidad); de donde

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{1.041}{358} = 2,90 \text{ m}$$

Habría, además, que tomar en cuenta el escurrimiento del volumen contenido en el canal mismo. Se llegaría a este resultado: que para obtener el vaciado del lago en concordancia con la marea, la velocidad media debería ser superior a 3 m. Es conveniente notar que la velocidad máxima sería mucho más fuerte.

C. ¿Qué va suceder en realidad?

El fenómeno es muy simple, pero sus condiciones son singularmente complejas. El agua en el canal se escurrirá según una pendiente determinada por el descenso de la marea, descenso que es por hora de

$$\frac{1,50 \text{ m}}{6^{\text{h}}} = 0,25 \text{ m}$$

y por el segundo de

$$\frac{0,25 \text{ m}}{3.600^{\text{s}}} = 0,00007 \text{ m}$$

pero si, como sucederá, el canal no puede dar paso a los $22.500.000 \text{ m}^3$ que deberían escurrirse en 6 horas, el nivel del mar bajará más ligero que el del lago y el escurrimiento se hará bajo una presión creciente, mientras que el nivel del lago bajará de una cantidad función de estas diversas condiciones.

Ninguna de las fórmulas generalmente empleadas para la medida de la velocidad puede aplicarse en este caso. Hemos debido recurrir a un modo especial de cálculo, analizando el fenómeno en todo instante. Antes de exponer su resultado es necesario establecer las hipótesis que hemos adoptado por falta de datos exactos.

Hemos admitido para la marea:

- 1° Que no hay estoa.
- 2° Que el descenso o la elevación de su nivel se hace regularmente de $0,00007 \text{ m}$ por segundo, lo que no sucede en realidad. De esta manera hemos sustituido a la curva desconocida de las mareas una recta que une los niveles superiores e inferiores.
- 3° Que el flujo y el reflujo duran cada uno exactamente 6 horas.
- 4° Que es uniformemente de $1,50 \text{ m}$.

Estas condiciones diversas pueden modificar muy ligeramente, por lo demás, los detalles, pero veremos más adelante que los resultados obtenidos tienen un significado perfectamente determinado.

Sin entrar en el detalle muy complicado de estos cálculos hemos reunido el conjunto en los cuadros anexos y los hemos representado en la lámina 1. Hemos colocado el momento inicial del fenómeno en el de la alta mar. Se considera, pues, que el canal se abre en un instante en que los niveles del mar y del canal coinciden en el vértice máximo.

Se siguen perfectamente sobre la lámina las diversas fases.

Se ven representadas ahí la recta de puntos y la curva aproximada que figuran el movimiento de la marea. La curva $0 a b c d e...$ indica las posiciones sucesivas del nivel del lago. Las ordenadas indican (a $\frac{1}{20}$) las alturas de agua, las abscisas (a razón de 0,0125 m por hora) el tiempo. Examinando estas diversas curvas se ve que el movimiento del lago sigue de muy lejos el del mar.

- a. Los niveles máximo y mínimo del mar se establecen en los puntos 0, 6, 12, 18... Los del lago en los puntos $a, b, c, d, e...$ donde la curva $a b c d e...$ corta las rectas 0-6, 6-12, 12-18...
- b. La curva $a b c d...$ comienza por ser irregular, porque el régimen no puede establecerse en una sola marea, pero después de 5 o 6 mareas el cálculo muestra que se recae sobre una ordenada ya encontrada en el mismo rango en la escala del tiempo, lo que indica que el régimen será permanente en adelante.
- c. En cada instante la diferencia de nivel entre el lago y el mar está figurada por la diferencia de longitud de las ordenadas de la curva $a b c d...$ y de la recta, correspondientes a la misma abscisa. Es fácil ver que la diferencia máxima se halla en los puntos $\alpha, \beta, \gamma...$
- d. En los puntos $a, b, c, d...$ la diferencia entre las ordenadas es nula, no hay pendiente y, por consiguiente, tampoco velocidad. Es fácil comprender que es en esos puntos donde tiene lugar el cambio de sentido del vaciado del lago en el mar y recíprocamente.
- e. Se ve claramente que el nivel medio del lago se establecerá a la misma altura que el del mar, en la cota 0,75⁸, y que los niveles máximo y mínimo oscilarán alrededor de esta cota de 0,25 m próximamente, de manera que la amplitud de la marea en el lago no será más que de 0,50 m.
- f. La alta mar y bajamar del lago estarán atrasadas en 2 hs. 5 minutos con respecto a las del océano, de manera que siendo el establecimiento del puerto en Llico de 10 horas, el del lago sería 12 hr. 5 ms. Como consecuencia se ve que, en el momento de la bajamar en el océano, el canal en su parte superior no estaría en su nivel mínimo, lo que es interesante desde el punto de vista del dragado.
- g. Estudiando la curva $a b c d...$ se reconoce que se aproxima mucho a una sinu-soide, cuya ecuación sería

$$y = 0,235 \text{ sen } x \text{ [c = 0,235]}$$

⁸ El cero corresponde al nivel de bajamar.

Para conocer la cantidad de agua que entra en el lago o sale de él en cada marea no hay más que notar que esta cantidad es representada por el área de la senoide encima o debajo de la recta (cota 0,75 m) tomada como eje de las abscisas.

La integral definida

$$\int_0^{\pi} c \sin x \, dx$$

representa esta superficie. Efectuando los cálculos se halla para la parte que está encima o debajo del eje de las abscisas:

	S = 3.530.000, o sea	3.530.000	metros cúbicos
El cálculo directo da		3.650.000	metros cúbicos
y en realidad se habrían escurrido		3.600.000	metros cúbicos

y en totalidad 7.200.000 m³ del lago en cada marea descendente, cantidad que reintegrará el flujo siguiente.

La comparación de los tres números precedentes muestra la grandísima aproximación del cálculo tal como se ha efectuado.

- h. Se observará este hecho muy curioso: que en definitiva el lago se habrá vaciado de una cierta cantidad (0,50 m) y que, por consiguiente, los sondajes actuales deben disminuirse en esta altura.
- i. Por fin, y ésta es la observación más importante a la cual conduce este largo trabajo, se ve que la velocidad máxima de escurrimiento se eleva a 1,360 m por segundo. Y esto en las condiciones más favorables. Si tomamos, en efecto, los coeficientes empleados en las principales fórmulas en uso, hallamos las velocidades siguientes:

	<i>m</i>
Bazin	1,47
Kutter y Ganguillet	1,50
Prony	1,52

Hay más aún.

- 1° Nuestros cálculos se han basado en el valor de 1,50 m para la marea; ahora bien, ésta pasa positivamente de 1,80 m y alcanza tal vez a 2,40 m.
- 2° Hemos supuesto que el mar baja o sube uniformemente; ahora bien, no sucede generalmente así. La observación, en Europa, prueba que el movimiento es muy variado y que la elevación o descenso máximo puede elevarse al duplo del valor medio.

En estas condiciones, admitiendo como valor de la marea 1,80 m, se ve que en un momento dado el descenso por hora puede ser de 0,60 m en lugar de 0,25 m, lo cual cambiaría singularmente la velocidad de escurrimiento.

Se puede afirmar que ésta alcanzará y pasará de 2 m por segundo.

CONSECUENCIAS DE LA VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO

Según los datos admitidos en la ciencia, las velocidades más allá de las cuales los diversos terrenos pueden ser socavados, son en metros:

	<i>Velocidad en el fondo</i>	<i>Velocidad media</i>
Arena	0,305	0,46
Cascajo	0,609	0,96
Gujarros	0,914	1,12
Piedras quebradas	1,220	1,23
Conglomerado	1,520	1,90

Con la velocidad encontrada anteriormente casi ninguno de estos terrenos resistiría. En Llico la orilla se compone de arena muy fina que no resistiría a una velocidad media de 0,40 m. Luego los taludes de un canal abierto en esta arena serían corroídos y llevados rápidamente.

Aun más, sería muy peligroso emprender este canal, pues la velocidad de escurrimiento lo comprometería todo, con grandes dificultades para remediar el mal. Hay, pues, que concluir que la apertura del canal tal como lo hemos expuesto, es prácticamente irrealizable.

¿Se podría por lo menos abrirlo desde el mar hasta una cierta distancia del lago, revestirlo con albañilería y quitar, por fin, el ataguía natural que se habría dejado y permitir al agua del lago derramarse?

El primer inconveniente se evitaría así; pero una velocidad de 2 m por segundo (4 nudos), impediría totalmente que una nave gobernase en este estrecho canal, el menor error la echaría contra los taludes, sobre todo en las partes curvas.

En fin, un buque remontaría semejante corriente con mucho trabajo en un canal que por sus dimensiones mismas opone, como se verá, una gran resistencia a la marcha del barco. El canal de 24 m en el fondo es, pues, imposible y debe abandonarse, a lo menos, en las condiciones enunciadas.

CANAL DE UNIÓN

¿Cómo efectuar este canal de unión entre el mar y el lago?

A. Busquemos primeramente el ancho que debería tener para que la velocidad no pase en él de 0,40 m.

Y para no exponerse demasiado a decepciones, estimemos que el juego de la marea puede alcanzar a 2 m.

En este caso, admitiendo $26^{\circ}34'$ como ángulo de los taludes del canal con el horizonte, ángulo cuya cotangente = 2, y 9 m como profundidad media del canal, se halla que el fondo debe tener 366 m.

Aun admitiendo 1,50 m para las mareas, se halla todavía 271 m para el fondo.

Pensamos que no hay necesidad de discutir esta solución.

- B. ¿Podría uno contentarse con aumentar en una cierta proporción el ancho del canal, de modo que se evitase únicamente la influencia de la velocidad de escurrimiento sobre la maniobra, con tal de prever el empedrado de los taludes y del fondo?

El cálculo demuestra que para obtener la concordancia de las mareas del lago y del mar, poniéndose así al abrigo de las velocidades acrecidas por el embalse del agua, es necesario un fondo de 110 m y aun se tendría una velocidad de 1,22 m ($2\frac{1}{2}$ nudos).

- C. Por fin, el medio que se presenta naturalmente es la interposición de una esclusa entre el mar y el lago.

Las dos soluciones B y C son admisibles. La elección debe ser dictada por varias consideraciones que vamos a examinar:

- 1° Puesto que se trata de un puerto militar, puede presentarse el caso en que un buque perseguido se refugie en el puerto, o al contrario, aquel en que un buque quiera salir del puerto para perseguir al enemigo. En el primer caso si la esclusa está bastante lejana para estar al abrigo la cuestión de tiempo no tiene gran importancia. No sucede lo mismo en el segundo caso.

Es evidente que si la esclusa debe retardar considerablemente el momento de la salida constituiría un factor muy molesto.

Peor sería aún si se tratase de hacer salir una escuadra entera.

Es importante, pues, estudiar el mecanismo de la esclusa para reducir al mínimo el tiempo de la maniobra. Ahora bien, con los medios actuales de que dispone la ciencia se ejecutará siempre con bastante rapidez para no producir ningún inconveniente.

Sin embargo, hay que preverlo todo. Es claro que más tarde, cuando el puerto haya tomado una gran importancia, tanto desde el punto de vista comercial como desde el punto de vista militar, una esclusa no bastará para el movimiento. Será necesario construir 2 y aun 3 esclusas, como ha sido necesario hacerlo en el canal de Amsterdam.

Estas esclusas estarán yuxtapuestas lateralmente; se debe, pues, escoger, para edificar la primera, un punto que permita el ensanche.

- 2° La cuestión del costo debe tomarse en cuenta. Si el canal ensanchado fuese más barato que la esclusa, tendría ventajas incontestables. Sin embargo, no hay que concluir a priori qué debe preferirse, pues hay que tomar en cuenta igualmente los gastos de conservación. Sólo un estudio racional de estos diversos elementos nos permitirá decidir. Lo emprenderemos más adelante, utilizando los pocos elementos que poseemos.

TRAZADO DEL CANAL

Es imposible ir del mar al lago en línea recta.

Por una parte conviene conservar más o menos la embocadura actual del desagüe, para evitar las colinas del N, por otra parte, las del S obligan a abandonar la dirección rectilínea.

Hemos adoptado: primero, una línea recta de 3.180 m; segundo, una curva de 2.000 m de radio que abraza un ángulo de 50° y alcanza un desarrollo de 1.760 m. La longitud total del canal es, pues, de 4.940 m.

Con el radio de 2.000 m, supongamos un buque de 150 m de largo, según la línea media del canal su eje longitudinal se separará de ella en la proa y en la popa de 1,42 m. Bastará, pues, dar un ensanche de 3 m al canal curvo para encontrarse en las mismas condiciones que en la parte rectilínea. Los varamientos no son, pues, de temer.

Por otra parte, disminuyendo el radio (con 1.000 m las ordenadas serían de 2,85 m y sería necesario un ensanche de cerca de 6 m) no se disminuirá la longitud del canal más que en algunos metros; el cubo por dragar sería más considerable.

La lámina I muestra que la desembocadura de la parte curva en el lago se hace muy fácilmente en buenas condiciones.

Es absolutamente imposible, lo hemos dicho, evitar la curva final. En cuanto a la parte rectilínea que sale del mar se podría reemplazar por dos curvas que siguiesen próximamente el curso natural actual del desagüe. Se evitaría así una elevación formada por las dunas y que alcanza a 12 m como máximo. Habría probablemente así menos, no que dragar, sino que excavar sobre el nivel del agua. No teniendo las curvas de nivel de esta parte no podemos estimar esta diferencia de cubo, pero es absolutamente insignificante en comparación con la suma que hay que gastar para la construcción del puerto. No hay que pensar en semejante economía cuando se trata de un trabajo de esta importancia. Hay, además, que considerar que sería necesario, inevitablemente, ensanchar las curvas en cuestión, y entonces hay que preguntarse si aún el cubo de extracción no sería más considerable. Por fin, aumentándose la longitud, los gastos de conservación serían más considerables y probablemente serían mayores que el interés de la suma gastada de más ordinariamente, si esto es así.

Hay, pues, que adoptar resueltamente la línea recta.

DIMENSIONES DEL CANAL

Hay interés, evidentemente, en dar al canal el mayor ancho posible, sin pasar de las dimensiones compatibles con la economía razonable en los gastos de primera instalación y en el costo de conservación. Pero como se trata de excavaciones que se pueden aumentar a voluntad, hay dos facetas que considerar. Podemos contentarnos primeramente con un canal tan angosto como sea posible, el cual se ensanchará más tarde cuando las necesidades lo exijan. Hemos adoptado para el fondo 22 m, como en el canal de Suez, y se ha fijado el ángulo de los taludes con el horizonte en $26^\circ 34'$.

En la curva el fondo se ha agrandado hasta 25 m.

Estas dimensiones han bastado en el canal de Suez durante 20 años. Sólo hoy se piensa en darle al fondo 65 m. Será tiempo de pensar en ello en Llico cuando el movimiento de los buques lo exija.

En cuanto a la profundidad, hemos considerado que los buques de guerra jamás deben ser detenidos en el antepuerto o en el lago por falta de fondo suficiente en el canal. De esto puede depender la seguridad de una escuadra.

Admitiendo que la amplitud de la marea puede alcanzar, en casos muy raros, hasta 2,40 m, hemos dado aún al canal 8 m bajo esta cota. En la mar media el canal tendrá pues 9,20 m de agua, y en las mareas ordinarias de las sizigias los buques encontrarán aún 8,45 m durante la bajamar. Éstas son buenas condiciones de seguridad.

Si se adopta la esclusa y se la coloca como la hemos dibujado, el agua se mantendrá en la parte de aguas arriba del canal en la cota 9,20 m.

ESCLUSA

Además de las condiciones que hemos definido ya, es importante aún que la esclusa presente las siguientes: estar entre dos alineamientos rectos y tener las dimensiones necesarias.

Hemos previsto que el puerto puede recibir buques de 150 m, en el porvenir esta longitud podrá aumentarse aún. Así en Inglaterra se acaba de dar más de 250 m a la longitud de un nuevo dique de carena. Pero no hay necesidad, y tampoco deben hacerse gastos inútiles, por el momento. En Amsterdam se ha comenzado con esclusas de 70 y 120 m; la nueva, exigida por el movimiento comercial, tendrá 205 m.

Hemos dado 25 m de ancho a la esclusa; los buques que tengan cuando más de 150 m podrán así pasar fácilmente por ella.

La esclusa tiene 3 pares de puertas: las dos más al interior limitan realmente la forma útil. Las puertas dirigidas al mar se oponen a la entrada de las altas aguas. Será conveniente dejar en cada extremidad lugares para barcos puertas, con el fin de cerrar en caso de reparaciones de la forma o de las puertas.

Se podría emplear la puerta univalva del canal de Tancarville, pero no hay que pensar en los cajones de corredera o rodantes, que ocupan lugar lateralmente e impedirían la construcción de las futuras esclusas.

VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL

Desde el lugar que hemos asignado a la esclusa hasta el mar, el canal tiene una longitud de 2.800 m. En pleamar total su sección sería de 454 m y en muy bajamar de 304. Diferencia: 150.

El volumen móvil en semejante marea sería de 420.000 m³; la velocidad de escurrimiento medio sería, pues, de 0,05 m y la velocidad máxima de 0,066 m. Admitiendo aún que la marea tenga en un instante dado un movimiento doble del movimiento medio, la velocidad no sería, pues, más que de 0,10 m a 0,13 m, lo que no tiene nada de peligroso para las orillas.

En cuanto al movimiento de las olas ocasionadas por el paso de los buques, olas que se producen en la parte posterior del barco, su efecto será muy amortiguado por la disposición tan ensanchada de los taludes. Pensamos que algunas plantaciones de rosales o tamariscos, hechas en tiempo oportuno, bastarían para impedir las degradaciones. Es probable que no sea necesario recurrir a un empedrado.

VELOCIDAD DE LOS BUQUES EN EL CANAL

En todo caso, se trata de una distancia tan corta que aun en las circunstancias más urgentes, cuya rareza será por lo demás extrema, se podrá y deberá disminuir la marcha de las naves; algunos minutos más o menos no parecen muy comprometidos.

En el canal de Suez la velocidad de los buques no puede exceder de 10 km. En Llico se podría reducir aún sin inconvenientes.

Además, por la fuerza misma de las cosas esta velocidad no podría ser muy considerable. Aunque los datos experimentales serios faltan, se sabe que la resistencia del agua en los canales se opone fuertemente al avance de los buques. Cuando la sección es el triple de la cuaderna maestra, la velocidad, según ciertos autores, puede bajar a 1 centésimo de la velocidad normal, y es cerca de $\frac{1}{3}$ con la condición de tener por lo menos 15% de la altura de la sección mojada de agua bajo la quilla. Algunos ensayos, por desgracia poco concluyentes, emprendidos recientemente, parecen confirmar este dato. Con la profundidad de agua de nuestro canal se podría, pues, alcanzar esta proporción, pero sería conveniente, para la conservación de las orillas, limitar en 8 km la marcha de los buques, si no se empiedran los taludes.

Comprendiendo todo, hasta la maniobra de la esclusa, no se emplearía más de una hora para recorrer el canal. Esto no tiene nada de anormal y en todos los puertos del mundo se necesita mucho tiempo para ir a ocupar su lugar o para salir de él.

ANTEPUERTO

Es necesario, naturalmente, un antepuerto para proteger la embocadura del canal en el mar y obtener la profundidad indispensable para entrar en él. Este antepuerto en las condiciones de Llico debe estar necesariamente constituido por dos molos que partan de tierra a una cierta distancia uno de otro y converjan en el mar. Habiendo pedido los marinos una entrada de 240 m, la conservaremos.

La orientación y la constitución de los molos dependen de varios factores: la dirección de los vientos generales y la de los vientos de tempestad tienen una gran influencia. Pero hay aún otras condiciones que tomar en cuenta. Entre ellas los transportes de materias hacen un gran papel.

En Llico hay, frente a la embocadura del desagüe, rompientes constituidas por prominencias de arena (cordón litoral o barra).

La arena es muy abundante en la costa norte y forma ahí dunas que han invadido las tierras en una gran extensión.

¿De dónde vienen estas arenas? ¿Cómo caminan? ¿Son llevadas por las corrientes litorales (corriente de Humboldt, etc.)? ¿Son removidas sólo por las olas? ¿Es esta una acción constante en todas las costas de Chile o se trata, en diversas localidades, de acciones particulares? ¿Hasta qué distancia del litoral se extiende este fenómeno y a qué profundidad? ¿Son removidas las arenas alternativamente por los vientos ordinarios del sur y por las tempestades del norte?

Hemos cotejado lo que se ha escrito sobre esta cuestión sin haber conseguido formarnos una opinión. Y, sin embargo, todo el porvenir del puerto de Llico depende de eso. Si el transporte de las arenas es constante y considerable, si la naturaleza y la forma de los fondos próximos son tales que favorezcan el embancamiento, si son las corrientes las que obran principalmente, habrá que experimentar grandes dificultades para mantener la entrada.

¡Se sacará mucho con colocar ésta en las grandes profundidades! Pronto la arena habrá invadido los ángulos formados por los molos. Hemos visto construir un puerto en una costa arenosa donde, sin embargo, no se creía en la marcha de las arenas, el fondo del mar tenía ahí una pendiente enorme, se hallaban a poca distancia sondas de 100 m. Se colocó la entrada, como colmo de precaución, en la línea de 15 m.

Poco tiempo después de la conclusión de los molos, en 3 días se constató la entrada de 93.000 m³ de arena.

Nos es, pues, imposible dar una opinión razonada sobre la disposición de los molos y sobre el porvenir reservado al antepuerto. Por lo cual en el conjunto de los trabajos que hay que construir hemos dibujado los muros de abrigo por medio de líneas de puntos.

Pero aun estas líneas de puntos es necesario explicarlas:

Desde luego damos a nuestros molos, en plano, la forma curvilínea. Se obtienen así dos ventajas.

La primera es que la solidez es mucho mayor. Por una parte, la ola exterior no ataca simultáneamente toda la longitud del muro y, por otra parte, el golpe se da sobre el estrado y los materiales tienden a comprimirse unos contra otros; o sea, a reforzarse mutuamente.

La segunda es que la ola que entra al antepuerto encuentra delante de sí un muro del que huye más rápidamente que si fuese rectilíneo, y se baja más ligero.

La distancia entre los arranques de los molos se ha fijado aproximadamente en 1.200 m, lo que da cerca de 70 hectáreas para la superficie del antepuerto. Si en estas condiciones se estima la potencia reductora de esta napa de agua sobre la altura de las olas, según la fórmula de Th. Stevenson, se halla que es igual a $\frac{1}{4}$, es decir, que una ola de 8 m de alto tendría aún cerca de 2 m en el fondo del antepuerto. La fórmula de Stevenson es exacta sólo cuando el abrigo reúne las condiciones siguientes:

1° Los molos son bastante elevados para sustraer la superficie interior de la acción de los vientos;

- 2° El ancho de la entrada no es muy grande con relación a la sección de la ola;
- 3° Los muros son próximamente verticales;
- 4° La distancia de la entrada al punto de observación es superior a 15 m y
- 5° La profundidad es suficientemente uniforme.

De estas condiciones la última es la más importante. Es necesario dragar toda la superficie abrigada: si sólo se abriese un canal para el paso de los buques, la ola entraría en él con fuerza, destruiría sus orillas cuyos materiales llenarían en parte el canal y producirían en él altos fondos.

Sin embargo, se podría sin gran inconveniente dragar hasta 10 m sólo una parte del antepuerto, teniendo cuidado de no separar por medio de un salto brusco esta parte de la que se dragaría más profundamente hasta 15 m, por ejemplo, si se coloca en esta línea de sonda la entrada, lo cual sería una buena medida.

Esta profundidad, en efecto, tendría la ventaja de evitar, en cuanto es posible, el efecto del embancamiento. En cuanto a la entrada de los buques, aun con fuertes olas, se haría hasta con menos profundidad, ya que los buques son llevados por las olas a un nivel superior al de su depresión.

Según lo dicho más atrás, admitiendo la fórmula de Stevenson, podría haber una ola de 2 m en el fondo del antepuerto. Sería, pues, muy inconveniente dibujar ahí la entrada del canal en forma de embudo. La ola se introduciría en él, elevándose, lo que produciría justamente lo contrario de los molos del antepuerto: las orillas serían destruidas y el canal experimentaría una agitación muy peligrosa.

Hay varios medios para impedir que la ola se propague en el canal. Hemos preferido, entre ellos, una disposición que llena un doble fin: el de calmar la agitación y el de procurar un puerto de arribada para los buques apurados, los de cabotaje, etc., refugio que no se podría hallar en el antepuerto, demasiado abierto a las olas. Hemos dispuesto en escalones, a continuación de la entrada del canal de 100 m de ancho, entrada que se encuentra frente a los cabezos de los molos, varios diques, cuyo número no se ha fijado, pero que puede variar según las exigencias del porvenir. En estos diques la ola se perderá completamente y los buques estarán enteramente al abrigo. En cuanto al canal no recibirá ningún movimiento de afuera.

Los diques están separados por muelles de 50 m de ancho, que bastarán para los servicios que se pueden instalar en este punto.

DE LO MOLOS

Repetimos que la dirección de los molos, señalada en el plano, no se ha fijado de una manera definitiva, aunque tal como están parecen oponerse a la acción de los vientos y sustraer la entrada a los transportes de las corrientes, que no conocemos lo suficiente para decidimos.

En cuanto a la construcción de estos molos no puede haber duda alguna.

El tipo generalmente adoptado en Francia, el de Marsella, no es aceptable sino en los parajes bien abrigados (Marsella, Génova, Alger, Trieste, etc.) o en los puntos donde lo que los ingleses llaman *the fetch*, es decir, donde la distancia a la

costa vecina es poco considerable (Boloña). En cualquiera otra parte, y sobre todo en las costas expuestas como las de Llico, no se podría llegar a establecer este tipo.

No hay entonces más que dos procedimientos posibles, pues deseamos también los nuevos sistemas ingleses (betón colocado *in situ*, en sacos, cajones, etc.) Hay que construir los tajamares con bloques artificiales arrojados al acaso o colocados regularmente.

El tipo de Marsella podría resistir, ciertamente, una vez terminado y con un fuerte revestimiento de bloques colocados con el mayor cuidado, pero es positivo que con las tempestades del Pacífico, las porciones en construcción serían destruidas fácilmente, sería una lucha continua, muy costosa y cuyo fin no se puede asegurar. Tenemos un ejemplo muy concluyente en un puerto francés.

En los mares de la India, que se pueden comparar al Pacífico, en Madras, Manora, Kustendjee, la Reunión, no se ha pensado en emplear el tipo de Marsella. En Alejandría se le ha modificado empleando sólo bloques.

Menos hay que pensar aún en recubrir enrocados con una superestructura. No se conoce la naturaleza del subsuelo en Llico, pero puede haber fango y en todo caso la arena es muy fina y fácilmente arrastrable. Una superestructura se reducirá a migajas al menor hundimiento.

Pensamos que hay un sistema que se impone: justamente el del mar de las Indias, o sea, la construcción de los molos por medio de grandes bloques independientes unos de otros y colocados regularmente. De esta manera cada trozo de muro está siempre terminado, el mar nada puede contra él, o por lo menos es tan sólido en cualquier momento del trabajo como después de su conclusión.

Hemos dibujado la construcción de estos molos tal como la comprendemos.

Si, lo que experimentos preliminares indicarán, hay fango y peligro de hundimiento de los materiales, será necesario establecer desde el principio un *substratum* de piedras naturales que se hundirán y sobre las cuales se establecerán los bloques. Estas piedras se arrojarán a medida que se avance y admitiendo que una tempestad súbita se lleve algunas, el mal no será grande.

Si, al contrario, el fondo es bastante sólido para soportar los bloques, no se comenzara el *substratum* sino en la cota 8 m, donde se estará casi seguro de que las piedras no serán removidas por la ola. Dejamos a la experiencia adquirida durante la construcción el cuidado de fijar este punto.

Sobre este *substratum* se elevará una muralla compuesta de tres bloques de 5 m de largo cada uno y cuya colocación la indican suficientemente los dibujos. Estos bloques pesarán, según sus dimensiones, más de 100 toneladas; no podemos precisar, pues su peso dependerá de la densidad de las piedras empleadas en el betón. Con estas disposiciones: la ausencia casi completa de juntas, los bloques de defensa colocados al exterior, los que encima servirán de muro de protección y, por fin, el cabezo establecido como se ve en la lámina respectiva, pensamos que habrá seguridad completa.

Todas las ventajas están a favor del empleo de grandes bloques: la seguridad es mayor, las juntas menos numerosas, la colocación más rápida (para el mismo cubo construido). En cuanto a esta colocación, se hace con una exactitud casi ma-

temática por medio de las máquinas de que se dispone hoy, y cuyo precio no crece proporcionalmente al peso de los bloques empleados.

Es evidente que estas máquinas deben ser grúas móviles sobre las porciones construidas de los tajamares, el estado del mar no permitiría emplear pontones. Y haremos notar que, entonces, la colocación de los bloques de protección, con el tipo de Marsella, sería una operación muy difícil.

Habría que tener cuidado de arraigar los molos en tierra. En el S será muy fácil, pero en el N se deberá unir el molo a porciones de la ribera sólidas e inatacables.

DRAGADO

El dragado del canal y de las porciones contiguas en el lago parece muy fácil; sin embargo, habrán equivocaciones con respecto a la tenuidad de la arena. En cuanto al antepuerto no se puede conocer el subsuelo. ¿Contiene capas de rocas? Nada permite decidirse a este respecto.

Como para la discusión del canal es importante saber el precio del dragado, estimamos que en el antepuerto costará 2 francos cada metro cúbico. En cuanto al canal pensamos que con 1,25 fr. se podrá fácilmente dragar y transportar el metro cúbico.

El costo del dragado del canal, tal como lo hemos descrito más atrás, puede apreciarse así:

Desde el mar a la esclusa	1.526.000 m ³	}	Total 2.546.800m ³
Desde la esclusa al mar	1.020.800 m ³		
que a 1 fr. 25 hacen	2.983.500 frs	}	Total 6.983.500 frs.
a los cuales hay que agregar una esclusa completa	4.000.000 frs		

o sea, 7 millones y medio con el imprevisto.

Si, al contrario, se da al canal 110 m de ancho en el fondo en toda su extensión, el cubo que hay que dragar sería de 8.200.000 m³ que a 1,25 fr. harían 10.250.000, o sea, 11 millones con el imprevisto. Diferencia de 3 millones y medio a favor del canal angosto con esclusa. Sería necesario, además, empedrar el canal ancho, lo que costaría cerca de 3 millones.

DEL CANAL

La solución del canal ancho sólo puede aceptarse en el caso de que se esté seguro de que se le puede abrir constantemente en un terreno fácil. Tiene también en contra la conservación más dispendiosa.

Pero hay en cambio muchas razones que militan a su favor.

En efecto, es evidente que la navegación se hace mucho más fácil, más rápida, los buques pueden cruzarse y marchar a toda velocidad. La duración de la travesía del canal no es más que de un cuarto de hora.

No hay necesidad de prever la construcción futura de una o de dos esclusas más, el ensanchamiento del canal, etc., que elevarían a una suma mucho más considerable el gasto definitivo.

Los peligros de varamiento no son de temer.

Hay aún otra razón y de las más importantes que considerar.

Si se adopta el trazado con esclusa en las mareas ordinarias de 1,50 m, pasará a través de la entrada del antepuerto en 6 horas el agua que saldrá de los 2.800 m del canal que están aguas abajo de la esclusa y la del antepuerto. Esto es un total de $246.400 + 1.050.000 = 1.296.000 \text{ m}^3$, o sea, 60 m^3 por segundo, con una velocidad enteramente insignificante.

Si, al contrario, se ejecutase el canal 110 m de ancho en el fondo, pasaría un volumen de agua igual a

$$1.130.000 + 22.500.000 + 1.050.000 = 24.680.000$$

o sea, próximamente $25.000.000 \text{ m}^3$ con una velocidad de 0,32 m por segundo, término medio. Admitiendo que esta velocidad pueda duplicarse en un cierto momento, se alcanzaría, pues a 0,64 m por segundo.

Si la entrada del antepuerto no tuviese más que 150 m de ancho, la velocidad sería de cerca de 1 m, y en estas condiciones se podría esperar que la mayor parte de los aluviones introducidos por el flujo sería barrida por el reflujo, lo cual no se obtendría en el otro caso.

Hay, pues, ahí un conjunto de consideraciones muy importantes, de las cuales sólo un estudio completo podría hacer despejar las incógnitas para formar un proyecto completo y, en cuanto fuera posible, al abrigo de la crítica.

Por nuestra parte, no hacemos más que señalarlas, no teniendo los elementos requeridos para decidir.

DEL PUERTO

Como lo hemos dicho al comenzar, el puerto debe establecerse en la primera parte del lago. En los primeros tiempos algunos pilotajes de hierro bastarán ampliamente. En todo caso, los malecones de albañilería, si se ejecutan, deben establecerse con bloques artificiales colocados por la grúa de los molos. No hay ninguna razón para adoptar un sistema de colocación más complicado y más costoso.

Siempre será tiempo de prever las instalaciones futuras, desde el punto de vista de los gastos, pues, no se ejecutarán sino a la larga. Pero es indispensable prever el plan general antes de comenzar ningún trabajo, pues más tarde se encontrarían probablemente muy inconmodados por construcciones establecidas a la ligera.

RESUMEN

En resumen, estimamos que la construcción del puerto de Llico daría a Chile el puerto más hermoso que se puede desear, pero las condiciones de su establecimiento, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista financiero, no pueden establecerse sino después de un estudio más profundo que el que hemos podido hacer.

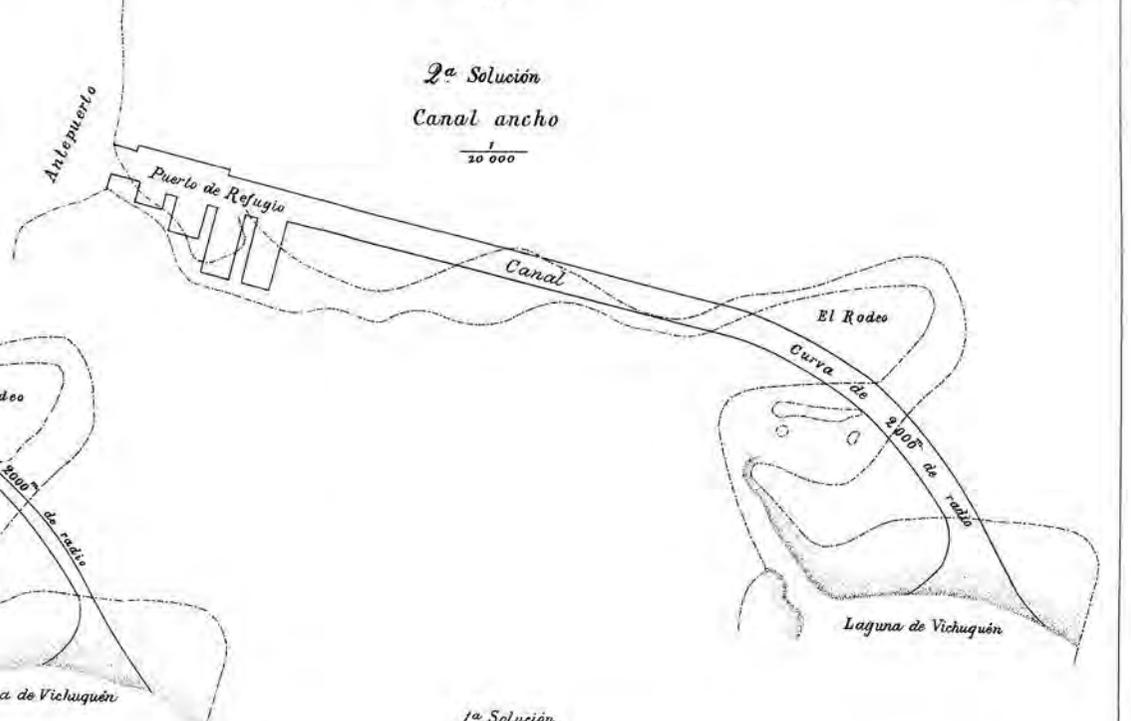
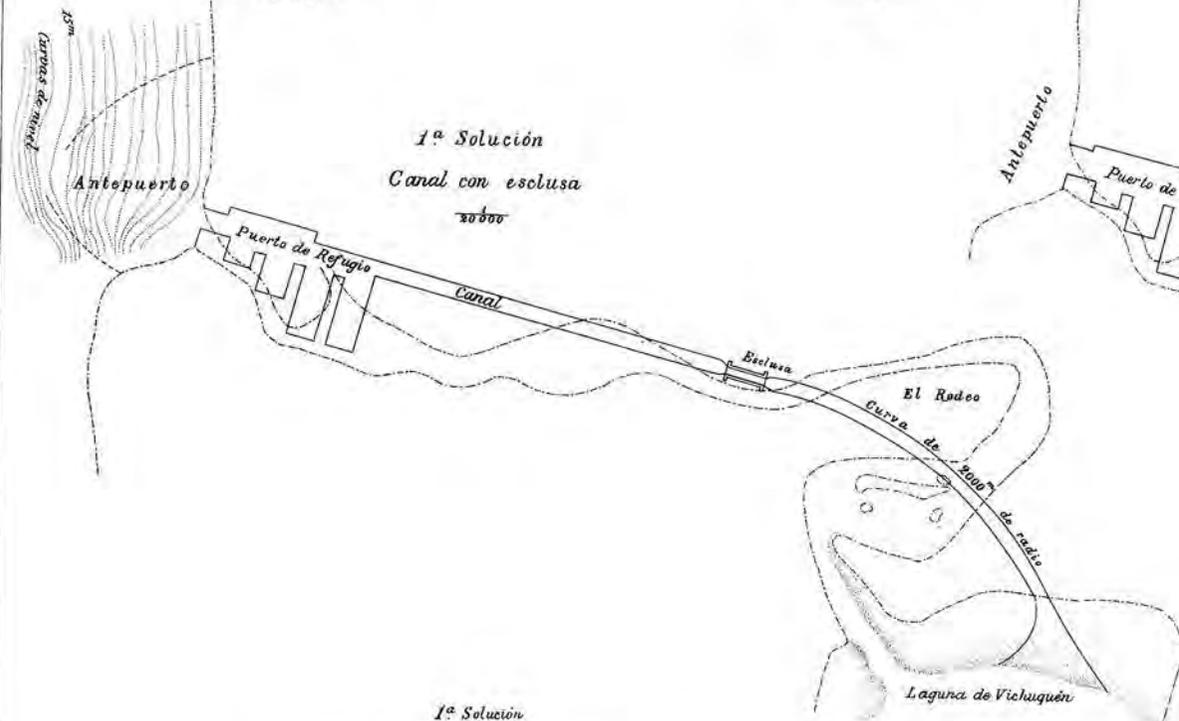
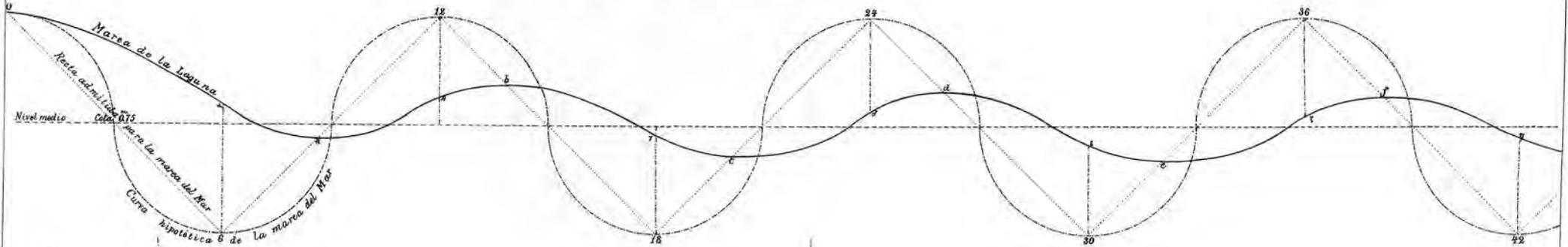
Santiago, 21 de marzo de 1890

C.J. DE CORDEMOY.

Tiempo de 12 en 12 minutos	Hondura de la agua en el canal	½ del ancho del canal	Longitud del talud	P perímetro mojado	S Sección del canal	$R \frac{s}{\beta}$	i Pendiente por metro	Ri	\sqrt{Ri}	V Velocidad	Q Gasto por segundo	Q Gasto en 12 minutos	Descenso del nivel de la laguna en 12 minutos	Descenso total del nivel	Observations V.m.= Vitesse maxima c.p.= Contre pente
	m	m	m	m	m ²		m			m	m ³	m ³	m	m	
1	9,2500	19,84	21,86	67,72	405	5,98	0,00000500	0,00002990	0,00546	0,27	110	79.200	0,0053	0,0053	
2	9,2447	19,83	21,85	67,70	405	5,97	0,00001394	0,00008322	0,00912	0,45	186	133.920	0,0089	0,0142	
3	9,2358	19,82	21,83	67,66	404	5,97	0,00002216	0,00013200	0,01150	0,57	230	165.600	0,0110	0,0252	
4	9,2248	19,80	21,80	67,60	404	5,97	0,00002996	0,00017900	0,01340	0,67	271	195.120	0,0130	0,0382	
5	9,2118	19,77	21,78	67,56	403	5,97	0,00003736	0,00022300	0,01490	0,74	298	214.560	0,0143	0,0525	
6	9,1975	19,75	21,75	67,50	402	5,96	0,00004450	0,00026500	0,01630	0,81	326	234.720	0,0156	0,0681	
7	9,1819	19,71	21,71	67,43	401	5,96	0,00005136	0,00030600	0,01750	0,87	349	251.280	0,0167	0,0848	
8	9,1652	19,68	21,66	67,35	398	5,96	0,00005804	0,00034600	0,01860	0,93	370	266.400	0,0177	0,1025	
9	9,1475	19,62	21,57	67,20	395	5,95	0,00006450	0,00038400	0,01960	0,98	388	279.360	0,0186	0,1211	
10	9,1289	19,57	21,52	67,10	393	5,93	0,00007078	0,00042000	0,02050	1,02	401	288.720	0,0192	0,1403	
11	9,1097	19,52	21,47	66,99	392	5,92	0,00007694	0,00045500	0,02130	1,06	416	299.520	0,0200	0,1603	
12	9,0897	19,47	21,42	66,86	391	5,92	0,00008294	0,00049100	0,02210	1,10	430	309.600	0,0206	0,1809	
13	9,0691	19,41	21,38	66,75	390	5,90	0,00008882	0,00052400	0,02300	1,15	448	322.560	0,0215	0,2024	
14	9,0476	19,39	21,34	66,72	390	5,90	0,00009452	0,00055800	0,02360	1,18	460	331.200	0,0221	0,2245	
15	9,0255	19,35	21,30	66,63	389	5,89	0,00010010	0,00058900	0,02420	1,21	471	339.120	0,0226	0,2471	
16	9,0029	19,30	21,25	66,49	388	5,88	0,00010560	0,00062100	0,02490	1,24	481	346.320	0,0231	0,2702	
17	8,9798	19,24	21,19	66,41	387	5,87	0,00011110	0,00065200	0,02550	1,27	491	353.520	0,0234	0,2936	
18	8,9564	19,19	21,14	66,30	387	5,87	0,00011630	0,00068500	0,02610	1,30	503	362.160	0,0241	0,3177	
19	8,9323	19,13	21,08	66,15	385	5,85	0,00012140	0,00071000	0,02660	1,33	516	371.520	0,0247	0,3424	
20	8,9076	19,08	21,03	66,07	384	5,84	0,00012650	0,00073900	0,02720	1,36	522	375.840	0,0250	0,3674	
21	8,8826	19,02	20,97	65,96	382	5,82	0,00013150	0,00076500	0,02760	1,38	527	379.440	0,0252	0,3926	
22	8,8574	18,97	20,91	65,84	380	5,80	0,00013650	0,00079200	0,02810	1,40	532	383.040	0,0254	0,4180	
23	8,8320	18,91	20,85	65,73	379	5,79	0,00014140	0,00081900	0,02860	1,43	542	390.240	0,0260	0,4440	
24	8,8060	18,86	20,79	65,59	377	5,77	0,00014620	0,00084400	0,02900	1,45	547	393.840	0,0262	0,4702	
25	8,7798	18,81	20,75	65,44	376	5,76	0,00015100	0,00087000	0,02950	1,47	553	398.160	0,0265	0,4967	
26	8,7533	18,76	20,68	65,38	374	5,74	0,00015570	0,00089400	0,02990	1,49	557	401.040	0,0267	0,5234	
27	8,7266	18,70	20,62	65,27	373	5,73	0,00016030	0,00091900	0,03030	1,51	563	405.360	0,0270	0,5504	
28	8,6996	18,64	20,56	65,13	371	5,71	0,00016490	0,00094200	0,03070	1,53	568	408.960	0,0272	0,5776	
29	8,6724	18,58	20,50	64,96	369	5,69	0,00016950	0,00096400	0,03100	1,55	572	411.840	0,0274	0,6050	
30	8,6450	18,52	20,44	64,89	368	5,68	0,00017400	0,00098800	0,03140	1,57	578	416.160	0,0277	0,6327	
31	8,6173	18,45	20,36	64,75	366	5,66	0,00016850	0,00095400	0,03090	1,54	563	405.360	0,0269	0,6596	
32	8,5904	18,40	20,30	64,65	364	5,64	0,00015310	0,00086300	0,02930	1,46	531	382.320	0,0253	0,6849	
33	8,5651	18,35	20,25	64,50	363	5,63	0,00013800	0,00077700	0,02780	1,39	505	363.600	0,0242	0,7091	
34	8,5409	18,29	20,19	64,38	361	5,61	0,00012320	0,00069100	0,02630	1,31	473	340.560	0,0226	0,7317	
35	8,5183	18,26	20,12	64,26	360	5,60	0,00010870	0,00060700	0,02460	1,23	443	318.960	0,0212	0,7529	
36	8,4971	18,20	20,09	64,19	359	5,59	0,00009442	0,00052700	0,02290	1,14	409	294.480	0,0196	0,7725	
37	8,4775	18,15	20,03	64,09	358	5,58	0,00008050	0,00044900	0,02120	1,06	379	272.880	0,0182	0,7907	
38	8,4593	18,11	19,98	63,98	357	5,57	0,00006670	0,00037200	0,01930	0,96	343	246.960	0,0164	0,8071	
39	8,4429	18,08	19,95	63,91	356	5,56	0,00005360	0,00029800	0,01720	0,86	306	220.320	0,0146	0,8217	
40	8,4283	18,06	19,92	63,85	356	5,56	0,00004070	0,00022600	0,01500	0,75	267	192.240	0,0128	0,8345	
41	8,4155	18,03	19,90	63,75	355	5,55	0,00002810	0,00015600	0,01250	0,62	220	158.400	0,0105	0,8450	
42	8,4050	18,00	19,86	63,72	354	5,54	0,00001600	0,00008900	0,00940	0,47	166	119.520	0,0080	0,8530	
42 8 ¹ / ₂	8,3925	17,98	19,85	63,70	354	5,54	0,00000740	0,00004100	0,00640	0,16	56	28.900	0,0020	0,8550	V = 0
43 3 ¹ / ₂	8,3950	17,99	19,85	63,70	354	5,54	0,00000100	0,00000554	0,00235	0,12	42	8.820	0,0006	0,8544	c.p.
44	8,3956	17,99	19,85	63,71	354	5,54	0,00000590	0,00003260	0,00570	0,28	99	71.280	0,0050	0,8539	c.p.
45	8,3961	17,99	19,85	63,71	354	5,54	0,00001578	0,00008742	0,00930	0,46	163	117.360	0,0080	0,8459	c.p.
46	8,4041	18,01	19,87	63,73	354	5,54	0,00002418	0,00013400	0,01160	0,58	205	147.600	0,0098	0,8361	c.p.
47	8,4139	18,03	19,90	63,75	354	5,55	0,00003222	0,00017800	0,01330	0,66	234	168.480	0,0111	0,8250	c.p.
48	8,4250	18,05	19,92	63,84	355	5,56	0,00004000	0,00022200	0,01490	0,74	263	189.360	0,0125	0,8125	c.p.
49	8,4375	18,07	19,95	63,90	355	5,56	0,00004750	0,00026400	0,01620	0,81	288	207.360	0,0138	0,7987	c.p.
50	8,4513	18,11	19,98	63,97	356	5,57	0,00005266	0,00029300	0,01710	0,85	303	218.160	0,0145	0,7842	c.p.
51	8,4658	18,14	20,01	64,03	357	5,57	0,00006184	0,00034400	0,01850	0,92	328	236.160	0,0157	0,7865	c.p.
52	8,4815	18,17	20,06	64,12	358	5,58	0,00006870	0,00038300	0,01950	0,97	347	249.840	0,0166	0,7519	c.p.
53	8,4981	18,20	20,09	64,18	359	5,59	0,00007538	0,00043100	0,02070	1,03	370	266.400	0,0177	0,7342	c.p.
54	8,5158	18,26	20,14	64,32	360	5,60	0,00008182	0,00045800	0,02140	1,07	385	277.200	0,0184	0,7158	c.p.
55	8,5342	18,29	20,17	64,38	361	5,61	0,00008816	0,00049500	0,02220	1,11	401	288.720	0,0191	0,6967	c.p.
56	8,5533	18,32	20,22	64,44	362	5,62	0,00009434	0,00053000	0,02300	1,15	416	299.520	0,0199	0,6768	c.p.
57	8,5732	18,37	20,28	64,55	364	5,64	0,00010040	0,00056500	0,02370	1,18	430	309.600	0,0206	0,6562	c.p.
58	8,5938	18,41	20,32	64,64	365	5,65	0,00010620	0,00060000	0,02450	1,22	445	320.400	0,0213	0,6349	c.p.
59	8,6151	18,45	20,36	64,72	366	5,66	0,00011200	0,00063400	0,02510	1,25	457	329.040	0,0219	0,6130	c.p.
60	8,6370	18,49	20,40	64,83	367	5,67	0,00011760	0,00066700	0,02590	1,29	473	340.560	0,0226	0,5904	c.p.
61	8,6596	18,55	20,47	64,92	368	5,68	0,00011310	0,00064200	0,02530	1,26	464	334.080	0,0222	0,5682	c.p.
62	8,6818	18,61	20,52	65,05	370	5,70	0,00009864	0,00056200	0,02370	1,18	437	314.040	0,0209	0,5473	c.p.
63	8,7027	18,64	20,56	65,13	371	5,71	0,00008446	0,00048200	0,02200	1,10	408	293.760	0,0196	0,5277	c.p.
64	8,7283	18,70	20,62	65,27	373	5,73	0,00007054	0,00040400	0,02010	1,00	373	268.560	0,0178	0,5099	c.p.
65	8,7401	18,75	20,67	65,37	374	5,74	0,00005698	0,00032700	0,01800	0,90	337	242.640	0,0161	0,4938	c.p.
66	8,7562	18,78	20,70	65,40	375	5,75	0,00004376	0,00025200	0,01580	0,79	296	213.120	0,0142	0,4796	c.p.
67	8,7704	18,80	20,72	65,47	375	5,75	0,00003092	0,00017800	0,01330	0,66	247	177.840	0,0118	0,4678	c.p.
68	8,7822	18,83	20,76	65,55	376	5,76	0,00001856	0,00010700	0,01030	0,50	188	135.360	0,0092	0,4586	c.p.
69	8,7914	18,85	20,78	65,59	377	5,77	0,00000672	0,00003900	0,00620	0,31	117	74.240	0,0050	0,4581	V = 0
70	8,7919	18,85	20,78	65,59	377	5,77	0,00000338	0,00002000	0,00450	0,22	83	59.760	0,0044	0,4625	
71	8,7875	18,84	20,77	65,58											

Tiempo de 12 en 12 minutos	Hondura del agua en el canal	½ del ancho del canal	Longitud del talud	P perímetro mojado	S Sección del canal	$R = \frac{s}{p}$	i Pendiente por metro	Ri	\sqrt{Ri}	V Velocidad	Q Gasto por segundo	Q Gasto en 12 minutos	Descenso del nivel de la laguna en 12 minutos	Descenso total del nivel	Observations V.m.= Vitesse maxima c.p.= Contre pente
	m	m	m	m	m²		m			m	m²	m²	m	m	
101	8,2726	17,72	19,56	63,15	347	5,47	0,0000048	0,0000262	0,00162	0,08	28	20.160	0,0013	0,9761	c.p.
102	8,2739	17,72	19,56	63,15	347	5,47	0,00001022	0,00005600	0,00740	0,37	128	92.160	0,0061	0,9700	c.p.
103	8,2800	17,73	19,57	63,17	348	5,48	0,00001500	0,00008200	0,00900	0,45	157	113.040	0,0075	0,9625	c.p.
104	8,2875	17,75	19,60	63,20	348	5,48	0,00002750	0,00015100	0,01230	0,61	212	152.640	0,0102	0,9523	c.p.
105	8,2977	17,78	19,62	63,24	349	5,49	0,00003546	0,00019500	0,01400	0,70	244	175.680	0,0117	0,9406	c.p.
106	8,3094	17,79	19,63	63,26	349	5,49	0,00004312	0,00023500	0,01530	0,76	265	190.800	0,0127	0,9279	c.p.
107	8,3221	17,83	19,68	63,35	350	5,50	0,00005058	0,00027800	0,01670	0,83	290	208.800	0,0139	0,9140	c.p.
108	8,3360	17,85	19,70	63,40	350	5,50	0,00005780	0,00031800	0,01780	0,89	311	223.920	0,0149	0,8991	c.p.
109	8,3509	17,89	19,74	63,48	351	5,51	0,00006482	0,00035700	0,01890	0,94	330	237.600	0,0158	0,8833	c.p.
110	8,3767	17,95	19,83	63,61	353	5,53	0,00007166	0,00039600	0,01990	0,99	349	251.280	0,0167	0,8666	c.p.
111	8,3834	17,98	19,84	63,69	354	5,54	0,00007832	0,00043400	0,02080	1,04	368	264.960	0,0176	0,8490	c.p.
112	8,4010	18,00	19,86	63,72	354	5,54	0,00008480	0,00047000	0,02170	1,08	382	275.040	0,0183	0,8307	c.p.
113	8,4193	18,04	19,90	63,80	355	5,55	0,00009114	0,00050600	0,02250	1,14	404	290.880	0,0194	0,8113	c.p.
114	8,4387	18,07	19,94	63,88	356	5,56	0,00009726	0,00054100	0,02320	1,16	413	297.360	0,0198	0,7915	c.p.
115	8,4585	18,12	19,98	63,98	356	5,57	0,00010330	0,00057500	0,02400	1,20	427	307.440	0,0204	0,7711	c.p.
116	8,4789	18,16	20,05	64,10	358	5,58	0,00010920	0,00060900	0,02460	1,23	446	321.120	0,0214	0,7497	c.p.
117	8,5003	18,20	20,09	64,19	359	5,59	0,00011490	0,00064200	0,02530	1,26	452	325.440	0,0216	0,7281	c.p.
118	8,5219	18,27	20,15	64,34	360	5,60	0,00012060	0,00067500	0,02600	1,30	468	337.060	0,0224	0,7057	c.p.
119	8,5443	18,31	20,20	64,41	361	5,61	0,00012610	0,00070700	0,02660	1,33	480	345.600	0,0230	0,6827	c.p.
120	8,5673	18,35	20,24	64,48	363	5,63	0,00013150	0,00074000	0,02720	1,36	494	355.680	0,0237	0,6590	c.p.
121	8,5910	18,40	20,29	64,63	365	5,65	0,00012680	0,00071600	0,02670	1,33	483	347.760	0,0232	0,6358	c.p.
122	8,6142	18,45	20,36	64,72	366	5,66	0,00011220	0,00063500	0,02520	1,26	461	331.920	0,0221	0,6137	c.p.
123	8,6363	18,49	20,40	64,83	367	5,67	0,00009774	0,00055400	0,02350	1,16	426	306.720	0,0204	0,5933	c.p.
124	8,6567	18,55	20,47	64,91	368	5,68	0,00008366	0,00047500	0,02180	1,09	401	288.720	0,0191	0,5742	c.p.
125	8,6758	18,58	20,50	65,01	369	5,69	0,00006984	0,00039700	0,01990	0,99	365	262.800	0,0175	0,5567	c.p.
126	8,6833	18,60	20,53	65,06	370	5,70	0,00005634	0,00032100	0,01790	0,89	329	236.880	0,0158	0,5409	c.p.
127	8,7191	18,68	20,60	65,12	372	5,72	0,00004318	0,00024700	0,01570	0,78	290	208.800	0,0139	0,5270	c.p.
128	8,7230	18,69	20,61	65,23	372	5,72	0,00003040	0,00017400	0,01320	0,66	246	177.120	0,0118	0,5152	c.p.
129	8,7348	18,71	20,64	65,29	373	5,73	0,00001804	0,00010300	0,01010	0,50	187	134.640	0,0090	0,5062	c.p.
130	8,7438	18,73	20,66	65,34	374	5,74	0,00000624	0,00003580	0,00600	0,50	112	80.640	0,0052	0,5010	c.p.
131	8,7490	18,75	20,67	65,37	374	5,74	0,00000480	0,00002750	0,00520	0,26	97	69.840	0,0046	0,5056	V = 0
132	8,7444	18,74	20,66	65,35	374	5,74	0,00001388	0,00007970	0,00890	0,44	165	118.800	0,0079	0,5135	
133	8,7365	18,71	20,64	65,30	373	5,73	0,00002230	0,00012760	0,01130	0,56	209	150.480	0,0100	0,5235	
134	8,7265	18,69	20,61	65,25	373	5,73	0,00003030	0,00017400	0,01320	0,66	246	177.120	0,0118	0,5353	
135	8,7147	18,67	20,59	65,20	372	5,72	0,00003794	0,00021700	0,01470	0,73	272	195.840	0,0130	0,5483	
136	8,7017	18,64	20,56	65,14	371	5,71	0,00004534	0,00025900	0,01610	0,80	297	213.840	0,0142	0,5625	
137	8,6875	18,60	20,53	65,08	370	5,70	0,00005250	0,00029900	0,01730	0,86	318	228.960	0,0152	0,5777	
138	8,6723	18,58	20,51	65,02	369	5,69	0,00005946	0,00033800	0,01840	0,92	339	244.080	0,0162	0,5939	
139	8,6561	18,54	20,46	64,93	368	5,68	0,00006628	0,00037600	0,01940	0,97	357	257.040	0,0171	0,6110	
140	8,6390	18,50	20,42	64,85	367	5,67	0,00007280	0,00041300	0,02030	1,01	370	266.400	0,0177	0,6287	
141	8,6213	18,46	20,37	64,76	366	5,66	0,00007926	0,00044900	0,02120	1,06	388	279.960	0,0185	0,6472	
142	8,6028	18,42	20,33	64,67	365	5,65	0,00008556	0,00048300	0,02200	1,10	401	288.720	0,0191	0,6663	
143	8,5837	18,38	20,29	64,58	364	5,64	0,00009174	0,00051700	0,02270	1,13	411	295.920	0,0197	0,6860	
144	8,5640	18,34	20,24	64,50	363	5,63	0,00009780	0,00055100	0,02340	1,17	425	306.000	0,0204	0,7064	
145	8,5436	18,29	20,19	64,40	362	5,62	0,00010380	0,00058300	0,02410	1,20	434	312.480	0,0208	0,7272	
146	8,5228	18,25	20,15	64,30	360	5,60	0,00010960	0,00061400	0,02470	1,23	442	318.960	0,0212	0,7484	
147	8,5016	18,20	20,09	64,19	359	5,59	0,00011530	0,00064400	0,02530	1,26	452	325.440	0,0216	0,7700	
148	8,4800	18,16	20,05	64,10	358	5,58	0,00012100	0,00067500	0,02600	1,30	465	334.800	0,0223	0,7923	
149	8,4577	18,11	19,99	63,97	356	5,57	0,00012650	0,00070500	0,02650	1,32	470	338.400	0,0225	0,8148	
150	8,4352	18,07	19,95	63,90	355	5,56	0,00013200	0,00073400	0,02710	1,35	479	344.880	0,0230	0,8378	
151	8,4122	18,02	19,88	63,77	354	5,55	0,00012740	0,00070700	0,02660	1,33	471	339.120	0,0226	0,8604	
152	8,3896	17,98	19,83	63,67	352	5,53	0,00011300	0,00062500	0,02500	1,25	440	316.800	0,0211	0,8815	
153	8,3685	17,93	19,79	63,56	351	5,52	0,00009910	0,00054700	0,02340	1,17	411	295.920	0,0197	0,9012	
154	8,3488	17,89	19,74	63,48	350	5,51	0,00008476	0,00046700	0,02160	1,08	378	272.160	0,0181	0,9193	
155	8,3307	17,84	19,69	63,38	349	5,50	0,00007114	0,00039100	0,01970	0,98	342	246.240	0,0164	0,9357	
156	8,3143	17,81	19,65	63,32	348	5,50	0,00005783	0,00031800	0,01780	0,89	310	232.200	0,0155	0,9512	
157	8,2988	17,78	19,62	63,24	347	5,49	0,00004476	0,00024700	0,01570	0,78	271	195.120	0,0130	0,9642	
158	8,2858	17,74	19,59	63,19	346	5,48	0,00003216	0,00018200	0,01350	0,67	232	167.040	0,0111	0,9753	
159	8,2747	17,72	19,56	63,15	345	5,47	0,00001994	0,00010900	0,01040	0,52	179	128.880	0,0086	0,9839	
160	8,2661	17,70	19,54	63,11	345	5,47	0,00000822	0,00004500	0,00670	0,33	114	82.080	0,0054	0,9893	V = 0
161	8,2607	17,69	19,52	63,09	345	5,47	0,00000286	0,00001564	0,00390	0,19	66	47.520	0,0032	0,9861	c.p.
162	8,2639	17,70	19,53	63,10	345	5,47	0,00001222	0,00006684	0,00810	0,40	138	99.360	0,0066	0,9795	c.p.
163	8,2705	17,71	19,55	63,13	345	5,47	0,00002050	0,00011200	0,01060	0,53	183	131.760	0,0088	0,9707	c.p.
164	8,2793	17,73	19,57	63,17	346	5,48	0,00002914	0,00016000	0,01260	0,63	218	156.960	0,0105	0,9602	c.p.
165	8,2898	17,75	19,60	63,21	346	5,48	0,00003704	0,00020300	0,01420	0,71	246	177.120	0,0118	0,9484	c.p.
166	8,3016	17,78	19,62	63,25	347	5,49	0,00004468	0,00024500	0,01560	0,78	271	195.120	0,0130	0,9354	c.p.
167	8,3146	17,81	19,68	63,36	348	5,50	0,00005208	0,00028600	0,01690	0,84	292	210.240	0,0140	0,9214	c.p.
168	8,3286	17,84	19,69	63,37	349	5,50	0,00005928	0,00032600	0,01800	0,90	314	226.800	0,0150	0,9064	c.p.
169	8,3436	17,87	19,73	63,45	350	5,51	0,00006628	0,00036500	0,01910	0,95	332	239.040	0,0159	0,8905	c.p.
170	8,3595	17,91	19,76	63,52	351	5,52	0,00007310	0,00040300	0,02000	1,00	351	252.120	0,0168	0,8737	c.p.
171	8,3763	17,94	19,80	63,60	351	5,52	0,00007974	0,00044000	0,02100	1,05	369	265.680	0,0177		

Curvas de las Mareas de la Laguna y del Mar



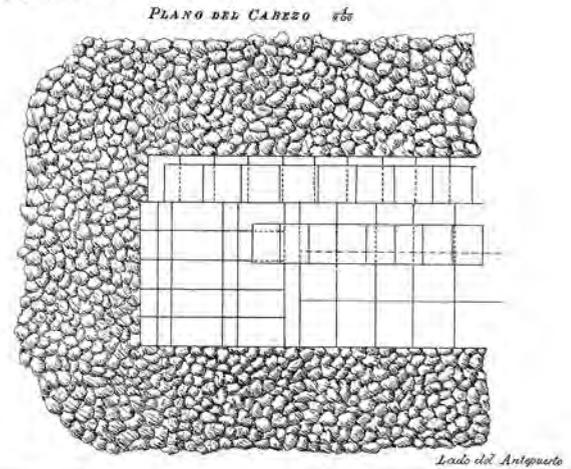
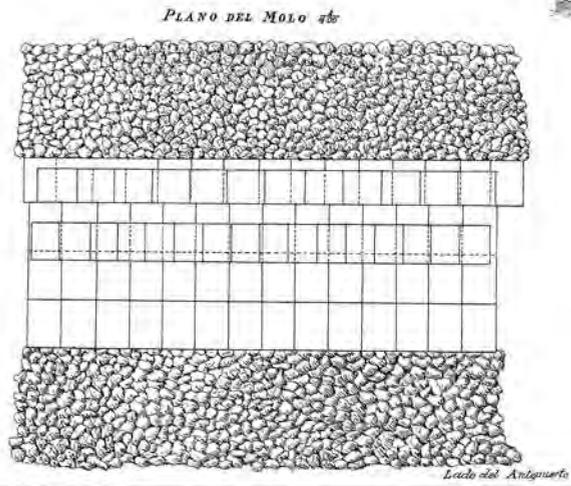
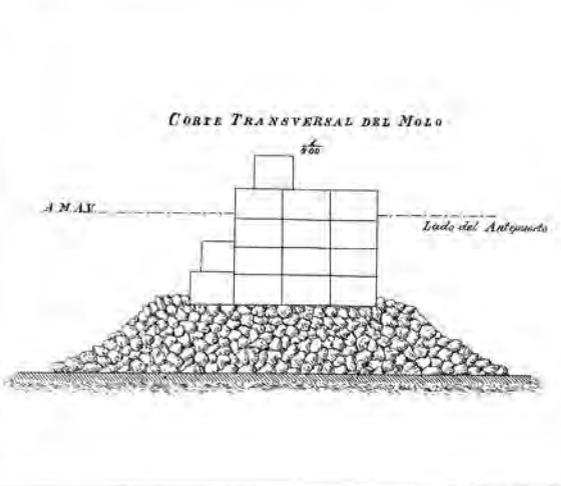
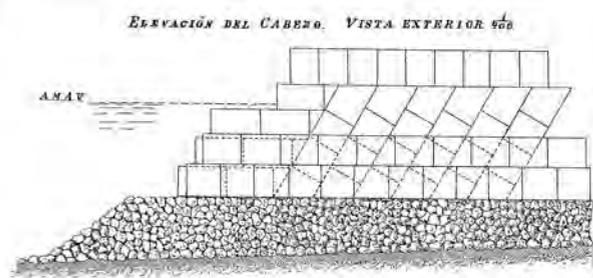
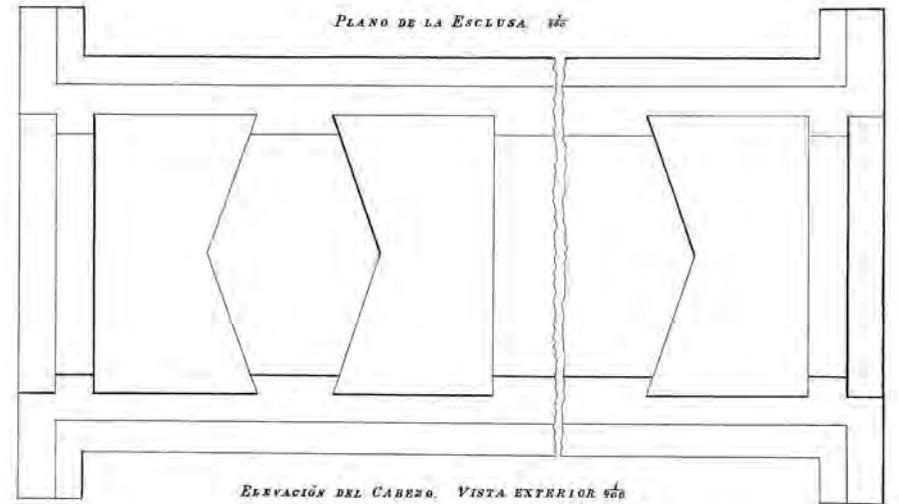
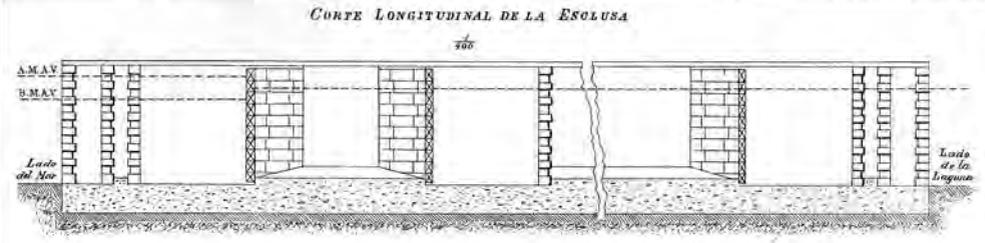
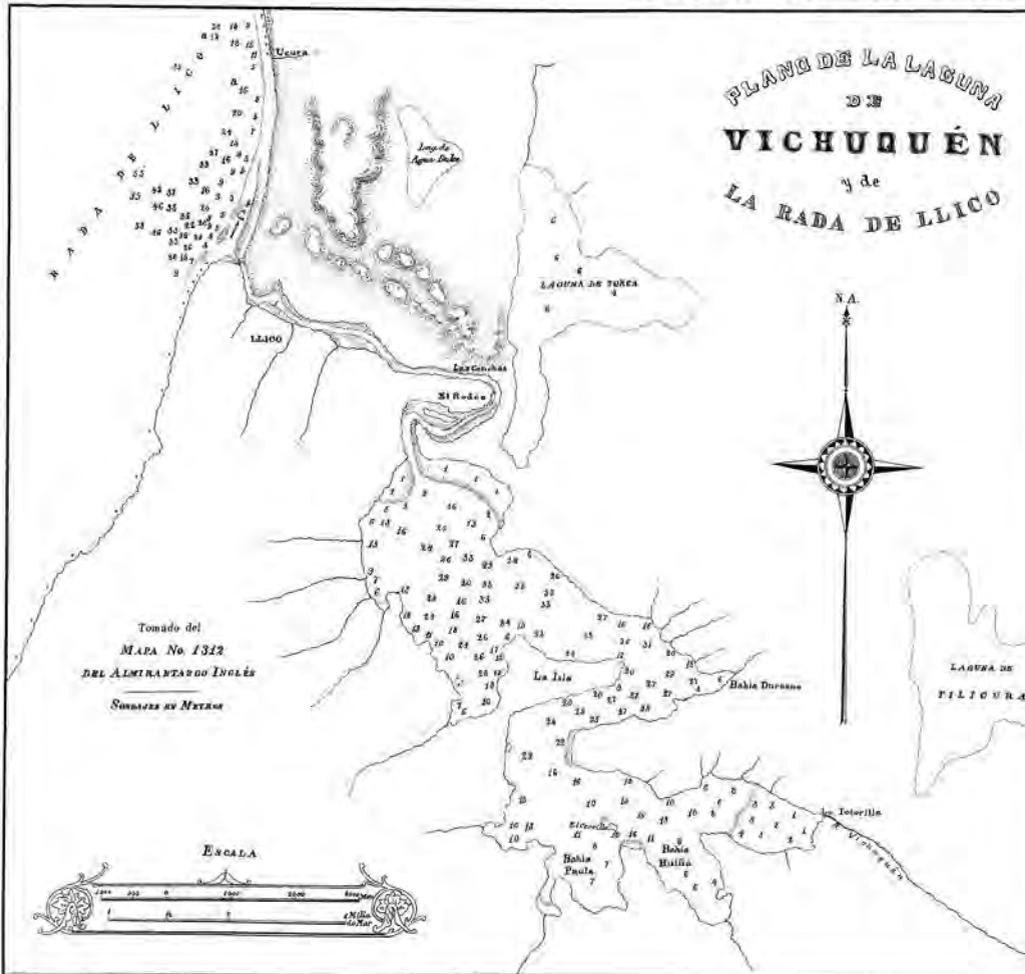
1ª Solución

1ª Solución

Sección del Canal entre la Esclusa y el Mar

Sección del Canal entre la Esclusa y la Laguna





PROYECTO DEFINITIVO
DEL FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO
POR
J. RAMÓN NIETO

FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO PRELIMINARES

a . Ligeras consideraciones sobre la orografía del valle central. Orografía del valle del Mataquito. Idem del lago de Vichuquén. *b* . Trazo de la orilla del mar. Trazo por Licantén. Elección del paso de los Buitres. *c* . Operaciones ejecutadas en el terreno. Trabajos de gabinete.

a “Chile es formado por una angosta faja de territorio accidentado y montañoso que se extiende de norte a sur, al occidente de la gran cordillera de los Andes.

Esta angosta faja de terreno debe la fisonomía especial de su superficie a dos cadenas de montañas que corren paralelamente de norte a sur encerrando un largo valle.

En la latitud 33°4', la cadena transversal de Chacabuco separa la región del norte de la del sur; y desde allí el valle longitudinal aparece descubierto. Al oriente se levanta la gran cordillera de los Andes, de montañas ásperas, desfiladeros rápidos, faldas rayadas con estratificaciones de diversos colores; de numerosos cerros volcánicos, de perfiles angulados y de cimas inaccesibles que se pierden en la región de las nieves eternas. Al occidente, la cadena de montañas llamada cordillera de la costa, formada por cerros bajos, redondos, achatados, graníticos y cuyas formas indeterminadas se asemejan a las olas de un mar que se aquietan después de una tempestad borrascosa. Estas dos cadenas se acercan o se alejan ensanchando o estrechando el valle central.

Este valle forma la región más rica y más feraz del territorio y aun podría decirse que es uno de los más ricos y productivos del mundo entero”.

Así describe don Diego Barros Arana en su tratado de *Geografía física* la estructura general de nuestro territorio y señala cómo está formado el gran valle central a cuyos intereses políticos y comerciales y a los militares de toda la nación, servirá en tiempo no lejano el ferrocarril que es objeto del presente trabajo.

La ciudad de Curicó está situada casi en la medianía de la distancia que separa a Valparaíso de Talcahuano, y dentro de la gran cuenca del río Mataquito de cuya desembocadura sólo dista hacia el norte unos 30 km el gran lago de Vichuquén.

Estas dos circunstancias que tienen un notable valor científico y económico, hacen que Curicó sea el punto de partida obligado del futuro ferrocarril que unirá el valle central al lago.

Y también es verdad, como lo veremos más adelante, que hay posibilidad de trazos económicos para dar salida por el valle de Vichuquén al valle de Colchagua, a lo largo del hermoso y fértil valle de Nilahue, reuniéndose así un gran número de consideraciones de todo género que hacen salir de la categoría de obras locales el ferrocarril de Curicó y las obras del puerto de Llico, para elevarlas al rango de obras eminentemente nacionales.

En efecto, ellas representarán el interés naval de la república con un puerto militar como no habrá igual en el mundo y el medio más eficaz de progreso y bienestar político y social de una población que se estima en 350.000 habitantes.

El valle de Curicó está limitado al norte por las alturas de Teno y al sur por los cordones de lomas bajas que se extienden más allá de Molina.

En el sentido este oeste, este valle está limitado por la cordillera de los Andes y por el mar.

A los 20 km de Curicó hacia el poniente, los ríos Teno y Lontué se unen y forman el Mataquito, que corre hacia el océano encajonado por dos cordones de la serranía de la costa.

Este valle es muy feraz y poblado, y las dos cadenas de cerros que lo forman son más o menos elevadas y sus líneas de cumbres presentan numerosas inflexiones: ya se retiran dejando entre el pie de sus faldas y los márgenes del río, numerosos campos de cultivo o, bien, se acercan y los valles desaparecen y entonces las faldas de los cerros caen abruptamente en las orillas del río.

A veces agudos espolones avanzan hacia el valle y obligan al río a dar rápidas vueltas en las cuales el ancho de su lecho se reduce y la velocidad de sus aguas se acelera.

Enseguida de las vueltas agudas viene el ensanche del lecho y los valles transversales aparecen de nuevo.

Y así va cambiando paulatinamente desde la confluencia el aspecto del río y de su valle, hasta más allá de Licantén donde el río es casi un estuario.

En la desembocadura se presentan las grandes dunas que tienen su origen en los vientos SO y el río vierte sus aguas en el mar por un canal paralelo a la playa y en dirección al norte y como de 10 km de largo.

Así se hace la desembocadura del río en el mar durante el verano y otoño, pero en el resto del año otro régimen se establece.

En el invierno las lluvias del interior aumentan el caudal de las aguas del río hasta darles la fuerza suficiente para romper los bancos de arena que se oponen a su paso directo hacia el mar. Las aguas del río se vierten entonces directamente, pero una barra se interpone enseguida entre el océano y el estuario.

Hay, pues, entre la desembocadura de este río y la de su vecino, el Maule, diferencias esenciales: el Mataquito vierte sus aguas en el océano, ya directamente o, bien, por un canal paralelo a la ribera, y todo este movimiento se opera en una playa baja, dilatada y arenosa.

El Maule, por el contrario, tiene su desembocadura fija por el sur, por la costa abrupta de la Ventana y sólo incierta al norte por la playa arenosa de Quivolgo.

La desembocadura de este río tiene lugar dentro de una zona fija y solo la barra es el obstáculo perenne para la entrada al puerto.

Estas breves consideraciones bastarán para abandonar la idea, acariciada por algunos notables ingenieros, de formar un puerto en la desembocadura del Mataquito.

Mas, si la naturaleza privó a Chile de un puerto en el más hermoso de sus ríos, en cambio le dio otro más grande y magnífico en el lago de Vichuquén.

El lago de Vichuquén está situado en la extremidad SO del macizo de montañas que separa los ríos Rapel y Mataquito.

Por el sur una alta y escarpada serranía lo separa de este último río, y este mismo cordón que vuelve hacia el norte lo separa del mar.

Por los 34°6'2" de latitud sur y los 72°6'12" de longitud O de Greenwich, el cordón de la costa termina y deja un valle que tiene la dirección de NO a SE, y de una anchura media como de 1 km.

En este valle serpentea el canal que une actualmente el lago con el mar y en su orilla sur se encuentra la aldea o pueblo de Llico.

La cuenca de recepción del lago de Vichuquén tiene una extensión enorme: por el norte la limitan los cordones de Quirigua, al sur los cordones de cerros que corren paralelos a la orilla derecha del Mataquito; al oriente, la cadena occidental del valle de Ñilahue y al poniente los cerros que caen al mar.

En el sentido norte-sur, esta cuenca mide una longitud como de 20 km; y próximamente 50 en la otra dirección.

La cima de esta cuenca está ocupada por el lago que mide una superficie de 1.500 hectáreas.

De los numerosos valles que existen en ella, sólo mencionaremos dos que son los que tienen gran importancia en los estudios de este ferrocarril.

Es el primero el valle de Tilicura, o de los Sauces, que tiene su origen o cabeceira en el punto llamado de los Buitres en el cordón de cerros que corre a la derecha del Mataquito; y el otro el valle de Vichuquén, en el cual está situada la ciudad de este nombre y que nace de la misma serranía; y ambos tienen su confluencia en el lugar llamado las Juntas en la orilla oriental del lago.

b. Definida de este modo la situación respectiva de los puntos extremos de la vía férrea, objeto de estos estudios, la discusión sobre los trazos que se presentan como probables y la elección del que debe adoptarse en definitiva, viene fácilmente.

Si consideramos que el lago de Vichuquén está abierto al mar por el valle en el cual está situado Llico, tendríamos que el problema podría resolverse conforme a la primera de las reglas de trazo que indica Durand Claye (*Routes et chemins vicinaux-95*) que dice: "Los dos puntos obligados están en el fondo de un mismo valle".

Según este precepto, el trazo sería el siguiente:

Una línea desde Curicó hasta la confluencia del Teno con el Lontué, es decir, al origen del Mataquito, seguir después por la orilla derecha de este río hasta el océano, doblar enseguida al norte por la orilla del mar y ganar al fin el lago por el valle de Llico.

Este trazo, conforme en un todo con el precepto indicado, es no obstante, inaceptable, a pesar de que daría también la pendiente mínima.

Desde luego, en la orilla del mar se presentarían graves dificultades para la colocación de la vía. Desde la desembocadura del Mataquito hasta la quebrada de Lipimávida la línea quedaría sobre dunas y playas bajas, y en el resto del trazo, hasta Llico, lo abrupto de las serranías que caen al mar exigirían obras de arte de un costo enorme.

Aparte de las consideraciones que anteceden quedan todavía otras no menos atendibles: la línea tendría en esta dirección el *maximum* de su longitud y, desde el punto de vista de la estrategia, sería una línea completamente vulnerable desde el mar, como lo es actualmente la línea de Talcahuano desde la bahía de San Vicente y la de Valparaíso desde Viña del Mar al Barón.

Y todavía más: este trazo aumentaría como en 40 km la longitud del futuro ramal que debe dar salida por el lago al valle de Colchagua.

Abandonada por las consideraciones que preceden la idea de un trazo por la orilla del mar, el problema queda planteado bajo una nueva forma y en conformidad a la regla séptima de Durand Claye:

“Los dos puntos están separados por una o varias líneas de cumbres”.

En este caso la solución queda subordinada, como lo indica el mismo autor (p. 101)

“a la elección de los puntos por donde debe pasarse”.

TRAZO POR LICANTÉN

En orden decreciente de dificultades podríamos colocar el trazo por la aldea de este nombre.

Siempre por la orilla derecha del Mataquito se llegaría hasta la aldea de este nombre, se franquearía la montaña en dirección a Vichuquén para ganar el valle que pasa por esta ciudad y llegar por él a la llanura de las Juntas en la orilla oriental del lago.

Es verdad que por este rumbo se obtendrían las ventajas siguientes: alejamiento de la ribera del mar y una considerable reducción en la longitud del trayecto, pero, en cambio, otras dificultades no menos graves se presentan.

La cumbre de la montaña en Licantén es uno de los puntos más elevados del cordón de cerros que corre paralelo al norte del Mataquito. Hay, además, una meseta en la cumbre y todavía faltan los valles que de uno y otro lado permitieran ganar la altura con la pendiente mínima del proyecto.

Esta serie de dificultades, no menos atendibles e importantes que las encontradas en el trazo precedente, son motivos bastantes para abandonar esta dirección y optar por la que paso a describir enseguida.

TRAZO POR LOS BUITRES

La vía carretera que corre por la orilla norte del Mataquito, y que conduce a Llico y demás puntos de la costa, cruza el cordón de cerros ya mencionado en los Buitres⁹.

Dos quebradas que nacen del mismo punto del cordón, la de los Sauces al norte y la de las Higueras al sur, dan un *minimum* para la cumbre de este paso.

Según los principios de Brisson, sentados por Baudson (*Tracé des chemins de fer* 2) concurren en los Buitres todas las circunstancias necesarias para hacer de este lugar el punto obligado para el paso del ferrocarril.

“Si se prolonga la dirección de dos quebradas de rumbos contrarios, y la intersección tiene lugar en el mismo punto del cordón, este punto de la línea de cumbres es un *máximum* y un *minimun*. Es un *maximum* cuando las quebradas de una misma falda descienden en sentido divergente. Al contrario, es un *minimum* cuando las quebradas tienen rumbo más o menos paralelos” (Baudson, obra citada).

Tal es lo que sucede con las dos quebradas ya mencionadas.

Por el lado del Mataquito, el acceso es fácil dentro de la pendiente límite y con curvas de 300 ms, hasta la altitud de 100 m; y del lado de los Sauces la bajada es aún en mejores condiciones.

El valle es de poca pendiente, de faldas suavemente inclinadas y sus vueltas no son rápidas. Su cabecera está muy próxima a la línea de cumbres y su desembocadura en el lago tiene lugar en el llano de las Juntas.

En resumen, este trazo reúne las tres condiciones siguientes que lo hacen preferible a los otros dos ya citados: da la línea más corta entre Curicó y el lago, la cumbre en el paso de los Buitres es un *minimum* y, en fin, el trazo puede desarrollarse en ambos lados con la pendiente de 15 mm combinada con curvas de 300 m de radio.

c. Las operaciones que se ejecutaron en el terreno tuvieron por objetivo conocer el relieve del suelo en la extensión de una zona dentro de la cual debía encontrarse el proyecto.

El estudio tuvo por base una línea poligonal que se fijó en el terreno por medio de estacas de 40 en 40 m en las partes planas y lugares más o menos accidentados, y de 20 en 20 m en los sitios donde el terreno se presentaba con más movimientos.

De la línea poligonal se tomaron los ángulos en los vértices y la dirección magnética de los lados, y a ella se refirieron por medio de ordenadas los accidentes y puntos notables del suelo.

La nivelación longitudinal se hizo tomando las cotas de cada estaca como también la orilla y fondo de quebradas, esteros, etcétera.

En todo el trayecto se fijaron 75 puntos de referencia marcados todos con este signo $\begin{matrix} + \\ \text{E} \\ \text{R} \end{matrix}$ y en el extremo superior de la rama vertical de la cruz va inscrito un número de orden. En algunos sitios en que había espacio suficiente se agregó la cota y también la distancia al origen.

⁹ En las cartas de Pissis este lugar está marcado Hualañé, y sus coordenadas geográficas son: long. 34°58'10" y lat. 1°13' O de Santiago.

La nivelación fue comprobada con volantes cada cierto número de kilómetros y, además, se exigía la comprobación aritmética del cálculo de las cotas.

Estas comprobaciones dieron siempre resultados satisfactorios, según puede verse en las libretas que se acompañan.

El plano de referencia al cual se refieren las acotaciones del proyecto y del terreno es el nivel del lago, el cual está más o menos 0,30 m más alto que el nivel medio del mar.

En la estación de Curicó (riel) la nivelación longitudinal dio la cota 206,48 m, mientras que el perfil de la línea del Estado en el mismo punto da 207,82 m, lo cual da una diferencia de 1,34 m.

Los perfiles transversales se tomaron en cada estaca del perfil, y se extendían a derecha e izquierda en la cantidad que en vista de la naturaleza del terreno se juzgaba necesaria.

En algunos lugares notables como los Buitres, río Teno y otros se hicieron levantamientos especiales para tener con más exactitud y aproximación la línea del proyecto, y por este medio se ha llegado a un estudio tan completo del terreno que la línea que indica el proyecto, salvo algunas variaciones que convendrá estudiar más tarde, puede considerarse como definitiva en los $\frac{2}{3}$ de su longitud total.

El proyecto que se presenta se dedujo de un plano general construido en la escala de 1/2.000 con curvas a nivel de 2 en 2 m.

Para construir este plano se procedió por los métodos ordinarios notándose tan sólo que todos los vértices fueron calculados por el método de las coordenadas, tomando como eje de las X, en cada variación de origen, una de las rectas del polígono estudiado en el terreno.

Colocado sobre el plano, así construido, el eje del proyecto, se dedujo de él su perfil longitudinal como también las transversales.

Los tipos de estaciones, paraderos, perfil de la vía, etc., se han tomado de los adoptados ya por la dirección de obras públicas.

En los túneles se ha estudiado, además de los tipos normales de la dirección, una sección de revestimiento completo.

Para el puente sobre el Teno y viaducto de las Higueras se han estudiado tipos completamente originales.

PRIMERA PARTE

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I. LA LÍNEA EN SU PLANO

La estación de Llico se ha fijado en la orilla norte del lago, hacia el lado del *a*mar, en el sitio llamado la Boquilla, y como a 500 m de la boca del canal en proyecto. El extremo norte de la estación es el punto de origen para contar las distancias del trazo.

Para ir desde el punto de partida ya indicado al valle de las Juntas, no hay más que dos caminos que seguir: ya se orilla el lago por el norte o, bien, se sigue por la ribera sur. Hemos elegido esta última dirección por una serie de consideraciones que expondremos brevemente.

La futura población de Llico sólo puede establecerse entre el mar y el lago, en la orilla sur del canal.

Si se eligiera la ribera norte del lago para el trazo, la estación debería establecerse al norte del canal o, bien, al sur, debiendo, en este caso, construirse puentes giratorios sobre el canal, tanto para el servicio de los trenes como de la población.

Aparte del costo de una obra semejante, esta disposición llegaría a ser un inconveniente grave cuando el tráfico del canal aumente.

Otra consideración importante es que por el lado norte del lago las riberas son por lo general abruptas, los cabos agudos y elevados, y el desarrollo por esa dirección es mayor que en el lado opuesto.

Por el contrario, al sur las faldas de la montaña caen suavemente al lago, los valles son más numerosos y más fértiles y las aguadas más abundantes.

Y todavía más, si el lago ha de ser también el puerto militar de la república, será medida de previsión disponer el trazo del ferrocarril de modo que corresponda eficazmente a las necesidades del servicio militar.

En la orilla norte hay casi ausencia absoluta de valles adecuados para la instalación de diques de carena y arsenales, mientras que en el lado sur estas localidades abundan, descollando entre ellas por su extensión y lejanía del mar, la de Huiñe.

La vía se proyecta en las orillas del lago con las tangentes más largas posibles y curvas de gran radio, teniendo en vista que en toda su extensión se establecerán construcciones destinadas al comercio marítimo.

b. En el kilómetro 12.200 la línea llega al valle de las Juntas, en el cual desembocan por el sur el estero de Vichuquén, que pasa por la ciudad de este nombre, y el de Tilicura o los Sauces. En esta llanura se ha fijado la estación de Vichuquén, que sólo dista 4 km de la ciudad.

Desde el kilómetro 12 al 16 el trazo es casi recto por la quebrada de la Jorge y las lomas de la Quesería Baja. El valle de Tilicura queda un poco más al norte.

Se prefirió esta dirección a la entrada directa por la boca del valle por varias consideraciones y, entre ellas, para obtener el trazo más corto posible. Sin embargo, las dificultades que se encuentran en la dirección del proyecto harán necesario el estudio de una variante, como luego lo veremos.

Desde el kilómetro 16 hasta el 29 la línea sigue por la orilla sur del estero de Tilicura.

En este trayecto están colocados el paradero de la Quesería (alta) y la estación de Boque.

En el kilómetro 29.040 el valle se divide en dos, uno de los cuales va hacia el oriente (quebrada del Olivo) y el otro sigue hacia el sur hasta su nacimiento en los Buitres.

Por la falda occidental de la cuchilla que separa estos dos valles va el trazo hasta llegar al nacimiento o cabecera de la quebrada, sitio en el cual comienza el gran túnel.

Desde la estación de Llico hasta este punto, la línea en su plano no ofrece particularidad alguna. El *minimum* del radio de las curvas es de 300 m, y entre dos que vuelven en sentido contrario, se ha dejado una recta de longitud suficiente.

Entre la boca norte del túnel de los Buitres y la estación de Boque que está abajo, en pleno valle, se ha dejado un paradero en línea recta y a nivel de 438 m de largo (km 33 a 33.438).

c. El túnel de los Buitres comienza en el kilómetro 35.138 y termina en el 36.922, lo cual da una longitud de 1.784 m, y está proyectado en línea recta.

La boca sur se encuentra en la falda oriental de la quebrada de Pichilemu. Por esta falda la línea recorre desde el kilómetro 36.922 hasta el 38.080, punto en el cual atraviesa un portezuelo que separa esta quebrada de la de las Higueras, por cuya falda occidental desciende la línea hasta ganar completamente el valle del Mataquito en el kilómetro 42.

d. Desde el kilómetro 43.040, estación de Hualañé, hasta el kilómetro 62.328, estación de la Huerta, se presentan dos situaciones diferentes para la colocación de la vía.

Una de ellas podría ser en el plano inmediatamente superior al lecho del río, y la otra, en el que sigue más al norte y sobre el cual está la vía carretera.

Se ha preferido la situación sobre este último, no obstante las aparentes ventajas del primero, por las razones siguientes: el valle inferior en las grandes creces del río se inunda en una extensión considerable. Estas mismas creces traen como

consecuencia inmediata las corrosiones de la ribera y, por consiguiente, la aproximación constante de la orilla hacia la barranca del plano superior.

Este valle es, además, la única zona de riego entre Hualañé y la Huerta y, por ende, donde se encuentran los viñedos, chacarerías y campos de talajes, a los cuales se irrogaría gravísimos males colocando la vía en ellos.

Y todavía otra consideración más. Este valle se encuentra como a 20 m más abajo que el de la vía carretera, lo cual obligaría a una contra pendiente si se obstase por la colocación en el plano inferior.

Entre la estación de la Huerta, kilómetro 62.328, hasta el Morrillo, kilómetro 91, el trazo no ofrece ninguna particularidad: la línea sigue las inflexiones de la orilla derecha del río, orillando los senos y cortando los cabos que los forman, los cuales se cruzan generalmente en los mismos puntos en que actualmente pasa el camino carretero.

En Palquibudis la línea toma una parte del camino público, el cual habrá necesidad de variar un poco más al sur. De esta manera se ha logrado tener una recta de gran longitud y causar así el menor daño posible a los fundos vecinos.

e. Desde el Morrillo (kilómetro 91) hasta Curicó, la línea se encuentra ya en pleno valle central, y la dificultad más notable que se encuentra entre estos dos puntos es el paso del río Teno.

Un estudio bastante detenido que se hizo sobre un plano especial que se levantó en una extensión de 4 km, dio la situación más conveniente para el puente.

Este plano acusa los hechos siguientes que justifican la ubicación de la línea en esa parte: es el punto de inflexión de las dos curvas, que en aquel lugar presenta el lecho del río, la sección transversal es ahí la menor y los barrancos son perfectamente netos y definidos.

Y todavía otra razón más: desde hace algunos años se nota que la confluencia de estos ríos marcha hacia el norte, sobre el Teno, y la situación que el proyecto indica para el paso del río permite dejar una gran extensión de terreno entre el puente y la confluencia actual.

Entre el río Teno y Curicó, la línea va toda al norte del camino público, existiendo sólo una curva en este dilatado trayecto que tiene como 11 km.

En la estación de Curicó la línea entra por el lado norte y corre paralelamente a la línea del Estado todo el trayecto comprendido entre el camino público y la referida estación.

f. El trazo que acabamos de describir tiene una longitud total de 106.044 km, de los cuales se recorren en tangentes 86.337,82 y en curvas 19.706,18. Así la razón aproximada entre unas y otras es de 1:4.

Hay en todo el trazo 71 curvas de los radios que se expresan enseguida: 32 de 300; 11 de 500; 16 de 600; 1 de 800 y 11 de 1.000 m.

g. A pesar de que en el terreno se procuró colocar el polígono que sirvió de base a los estudios lo más próximo posible al trazo definitivo hay, no obstante, necesidad de estudiar algunas variantes que, comparadas con el trazo actual, vengan a dar la solución final más económica y más conveniente.

Nos ocuparemos sólo de las dos más importantes.

Desde el kilómetro 1 al 16 la línea cruza el seno y lomas de Trilahue, el llano de las Juntas; el cerro y quebradas de la Jorge y el valle secundario de la Quesería Baja.

En esta dirección se encuentran, según se ve en el perfil respectivo, los túneles números 3 y 4 que tienen, respectivamente, 300 y 520 m de longitud, y que dan un largo total de 820 m. El mismo perfil muestra que hay en las vecindades de estos túneles cortes largos y profundos.

Una variante que pasase oblicuamente el seno de Trilahue por el pie de las lomas del mismo nombre, y tomase el valle de Tilicura por su desembocadura para seguir después hacia arriba por su orilla sur, evitaría los túneles y cortes profundos ya mencionados.

Esta variante está marcada con una línea roja de puntos.

Desde luego no podemos apreciar las ventajas o desventajas de esta variante, pero es evidente que se tendría un mayor desarrollo y un mayor número de curvas, porque esa orilla es sinuosa, abrupta generalmente, y llena de espeso monte que no permite apreciar a la simple vista el valor de la variación que proponemos.

La otra variante de algún valor comprende desde el kilómetro 38.080 hasta el valle del Mataquito en el kilómetro 42.

Esta variante tendría por objetivo reducir la pendiente de 15 mm (1½%) en el descenso meridional de los Buitres y, así, el viaducto de las Higueras se evitaría.

He aquí cómo debería buscarse esa variante: desde la cumbre de la montaña baja un espolón hacia el valle del Mataquito, el cual separa la quebrada de las Higueras (al oriente) de la de Pichilemu (al poniente); y ya hemos dicho que la línea hace su descenso en parte por una quebrada y en parte por la otra.

La variante tendría por objetivo hacer todo el descenso por la falda oriental de la quebrada de Pichilemu, doblar en su pie o base al oriente, y cruzar el valle de las Higueras cerca de su desembocadura en el Mataquito.

La reducción de la pendiente de 15 mm y la supresión del viaducto son así evidentes, porque la falda de la quebrada es más larga y más tendida que la del lado opuesto, pero esto mismo daría un mayor desarrollo cuyo valor, como en la variante anterior, no puedo apreciar.

II. LA LÍNEA EN SU PERFIL LONGITUDINAL

a. La línea, en toda la orilla del lago, está colocada a nivel y a la cota de 4 m.

Hemos adoptado esta situación, porque creemos que así se consultan mejor las condiciones de las futuras obras del puerto.

Las bodegas, almacenes de depósito, etc., se establecerán a inmediaciones de la vía férrea y al mismo nivel, y los muelles que penetrarán al lago arrancarán de la misma línea, prolongándose hacia adentro lo suficiente como para que pueda atracar en él una nave de vapor o de vela.

Desde el kilómetro 10.200, punto en que el trazo abandona definitivamente las orillas del lago, principia una rampa de 0,0005 m hasta 12.200, donde comienza la estación de Vichuén.

b. La estación de Vichuquén está colocada a nivel y a la cota de 5 m.

Desde la estación de Vichuquén se sube constantemente, con pendientes que varían de inclinación, hasta llegar a la boca norte del túnel de los Buitres.

Así se tiene que en todo este trayecto la pendiente máxima es de 0,01 m (1%), kilómetro 33.430 a 35.138, encontrándose también los niveles correspondientes a la estación de la Quesería y Boque y otros dos de menor importancia.

c. El túnel de los Buitres comienza en la cota 98,82 (km 35.138) y está proyectado en dos vertientes distribuidas así: desde la boca norte una rampa de 0,002 m, hasta la mitad de su longitud, cota 100 y kilómetro 36.030; y desde este punto comienza una pendiente de 0,003 m hasta la boca sur, cota 97,32 y kilómetro 36.922.

Se ha preferido este perfil al nivel para facilitar el escurrimiento de las aguas, aunque esta disposición tiene otros inconvenientes.

Desde la boca sur del túnel la línea desciende, por las quebradas que hemos señalado al describir la línea en su plano, hasta el valle del Mataquito.

Las pendientes del descenso son, a partir de la boca sur del túnel, 0,015 m (1½%) kilómetro 36.952 a 40.720, y sólo de 0,00225 m desde este punto, hasta la estación de Hualañé, kilómetro 43.040.

d. Desde la estación de Hualañé hasta el valle central, las rampas del proyecto no ofrecen particularidad alguna. Son todas inferiores a 0,01 m (1%) alternándose con varios trozos a nivel que se encuentran distribuidos en varias partes del trayecto.

e. Desde el puente del Teno hasta Curicó la línea tiene la pendiente natural del valle, encontrándose el *maximum* de la inclinación en 0,0055 m, espacio entre los kilómetros 102 a 104.814.

f. La pendiente máxima que se alcanza en este proyecto es la de 0,015 m (1½%) en la baja meridional de los Buitres, entre los kilómetros 36.922 a 40.720, en una longitud de 3.798 m y combinada con curvas de 300 m de radio.

La cota de altitud máxima es 100 m y se encuentra en el centro del túnel en el kilómetro 36.030.

Los trozos a nivel suman una longitud total de 28.578 m.

g. Sólo la variante de la bajada meridional de los Buitres tendrá influencia en las pendientes del proyecto.

Si el descenso por la falda oriental de la quebrada de Pichilemu ofrece ventajas que lo hagan aceptable, es evidente que la pendiente de 0,015 m de las Higueras podrá reducirse.

III. OBRAS DE FÁBRICA

a. Estaciones y paraderos

Las estaciones y paraderos de la línea se han colocado todos en línea recta y a nivel, y sus tipos son los adoptados por la dirección general de obras públicas.

Los hay de tres categorías.

1ª Clase

Llico. Es la estación de origen de la línea a 4 kilómetros de la orilla del mar.

2ª Clase

Vichuquén. En el kilómetro 12.200. Está llamada a servir al pueblo del mismo nombre, y a la numerosa población diseminada en la montaña, desde Vichuquén hasta el mar; servirá muy eficazmente al comercio que se establezca en la orilla oriental del lago.

Ídem. Boque

En el kilómetro 26.880. Es la estación que se encuentra inmediatamente a la bajada de los Buitres hacia el lago. Además de la importancia que le da su situación en el perfil de la línea, la tendrá también por los servicios que prestará a las localidades vecinas.

Servirá a todo el valle de Alcántara y a las poblaciones situadas hacia la cabecera del valle de Nilahue, y si este ferrocarril hubiere de prolongarse por este valle hacia el de Colchagua, ésta sería la estación desde la cual debería comenzar aquel ramal.

Ídem. Hualañé

En el kilómetro 43.040. Esta estación ocupa en el perfil una situación idéntica a la anterior al otro lado de los Buitres y será la primera que se encuentre en el valle de Mataquito.

Está llamada a servir los intereses de las poblaciones que se encuentran en el curso inferior del río. Tenemos entre ellas la Placilla, Licantén, Iloca y Curepto en el lado opuesto.

Ídem. La Huerta

En el kilómetro 62.328. Servirá directamente al pueblo de este nombre y a toda la región de la montaña vecina a la cabecera del valle de Nilahue, como también a la parte occidental del departamento de Lontué y a la región oriental del de Curepto.

Ídem. La Palquibudis

En el kilómetro 75.550. Servirá a la población y haciendas de este nombre y a Punta Rosas en la orilla del río, y al departamento de Lontué en su parte NO.

3ª Clase o paraderos

La Quesería (alta). En el kilómetro 19.700. Servirá a la parte central del valle de Tilicura y más particularmente a las Salinas de la costa de Llico, pues en este punto atraviesa el valle el camino que desde Curicó conduce a las Salinas.

Ídem. El Peralillo

En el kilómetro 52.620. Esta estación se hace necesaria para reducir la distancia que separa a la de Hualañé de la de la Huerta, que es de 19.288 m y servirá a la numerosa población y ricos campos que hay en todo este trayecto.

Ídem. Rauco

En el kilómetro 92.320. Está llamada a servir al pueblo de este nombre, a la parte occidental del rico y feraz valle del Teno, como igualmente a las poblaciones y haciendas del curso inferior del Lontué.

b. Túneles y puentes

De las obras que se enumeran en este sumario, sólo haremos una mención especial de aquéllas que se singularizan, ya sea por su costo, como los túneles, o bien porque sobre ellas se han hecho estudios especiales, como el viaducto de las Higueras y el puente sobre el Teno. En las restantes hemos adoptado, ya combinados o ya solos, los tipos de la dirección general.

a. La lámina que se adjunta representa los tres tipos para los tres casos que pueden presentarse: roca dura, roca desagradable o tierra.

En todos ellos la sección está formada de un trapecio inferior coronado por una bóveda de medio punto.

El eje de la vía se proyecta sobre la vertical que pasa por el centro del arco; y el nivel de los rieles se encuentra a 0,60 m de la base inferior del trapecio.

He aquí la descripción particular de cada tipo:

Tipo A

Es para los casos de perforaciones en roca dura no desagregable por los agentes atmosféricos y en los cuales esta circunstancia hace innecesario el revestimiento. Sus dimensiones generales son: radio de la bóveda 2,30 m; base superior del trapecio 4,60 m; base inferior del trapecio 4,6 m y altura del mismo 2,70 m. Estos datos determinan una superficie de 20 m² para la sección total.

La base inferior debe tallarse bombeada en un arco de 3 m de cuerda por 0,10 m de flecha y simétrico respecto del eje de la vía.

Este bombeo disminuye la sección total en 0,15 m², de modo que en definitiva la sección es sólo de 19,85 m² e igual número de metros cúbicos por metro corrido de túnel.

Cunetas de desagüe

Dos parapetos longitudinales de albañilería de ladrillo de 0,60 m de altura por 0,30 m de ancho forman el cofre dentro del cual se coloca la vía.

Estos parapetos llevan, de espacio en espacio, y en su base inferior, orificios o machinales de 0,10 x 0,10, destinados a dar salida hacia las cunetas laterales a las filtraciones que procedan o caigan al cofre que contiene la vía.

Su volumen por metro corrido es 0,36 m³.

Los nichos

En su sección transversal el nicho representa un trapecio birrectángulo, cuyas dimensiones generales son las siguientes: base inferior 1 m; base superior 0,85 m; por una altura de 1,50 m, lo cual da para la sección un valor de 1,39 m².

En elevación el nicho representa un rectángulo de 1,50 m x 1,20 m y da una sección de 1,80 m².

El volumen del nicho puede expresarse así: volumen del cubo que tiene 1,50 x 1,20 x 1,00 = 1,80, menos el prisma triangular que queda hacia el paramento del túnel y producido por su talud, y que representa un cubo de 0,135 m³, lo cual da en definitiva 1,80 - 0,35 = 1,665 m³ para cada nicho.

La dirección ha determinado que los nichos deben colocarse alternados a uno y otro lado de la vía, y espaciados de 100 en 100 m.

Tipo B

Este tipo, en sus dimensiones generales, ubicación de la vía, parapetos longitudinales y nichos, es exactamente igual al que precede. Su diferencia con aquél sólo consiste en la bóveda de medio punto de albañilería que reviste el cielo de la excavación.

Esta bóveda está, además, rodeada de un semianillo de concreto hidráulico que tiene el doble objeto de unir el cielo de la excavación al estrado del arco e impedir que las filtraciones penetren en él, las cuales se conducirán desde el arranque del arco a las cunetas de desagüe por barbacanas o machinales de 0,10 x 0,10, practicados en el paramento del túnel.

La bóveda de albañilería tendrá un espesor de 0,60 m y será estradosada de igual espesor. El grueso del anillo de concreto será de 0,10 m.

Para tener la sección y volumen por metro corrido de la excavación, bóveda, anillo y barbacanas, bastará agregar estos elementos a los de la sección anterior.

La bóveda

Su desarrollo es de 8,52 m y su superficie será de 8,32 m x 0,70 m = 5,83 m; y la sección total del túnel es: 19,85 m² x 5,82 m² = 25,67 m²; y este mismo número representará también el cubo por metro corrido.

La albañilería de ladrillo será de 4,90 m³ y el concreto hidráulico 0,92 m³, todo por metro corrido.

Resumiendo, se tiene que en este caso hay por metro corrido de túnel:

Excavación,	25,67 m ³
Albañilería de ladrillo,	4,90 m ³
Concreto hidráulico,	0,92 m ³
Parapetos del cofre,	0,36 m ³
Cada barbacana,	0,32 m ³

Tipo C

En este caso el revestimiento es complejo y se empleará cuando la perforación sea en tierra o roca deleznable por los agentes atmosféricos.

Este tipo se deduce del anterior agregando los pies derechos de la bóveda, sus apoyos inferiores o fundaciones, y el revestimiento del nicho.

Las barbacanas de desagüe estarán colocadas en este caso entre los pies derechos del arco y el terreno.

La mayor sección de este tipo está representada por la extracción necesaria para los pies derechos y sus fundaciones. Para los primeros se tiene, por metro de vía, 4,32 m y 1,90 m para los otros.

Así, la sección que se tendrá en este caso será:

La del tipo anterior	25,67 m ²
Dos pies derechos	4,32 m ²
Dos fundaciones	1,92 m ²
Sección total	31,91 m ²

El volumen de la excavación estará representado por la misma cifra y el de la albañilería será de 11,50 m³, también por metro corrido.

Los nichos

La sección libre de los nichos es la misma que en los tipos anteriores, 1,39 m³, y el volumen de la perforación 1,665 m³. En este caso el nicho va coronado de una bóveda circular rebajada, cuyo radio de estrados es 2 m y el de intrados 1,50 m, lo cual da 0,50 m para el espesor del arco, siendo estradosada de igual espesor.

La sección transversal es de 2,80 m y el revestimiento interior es completo. El volumen de la perforación es de 4,025 m³.

La albañilería en la bóveda está representada por 0,56 m³ y el resto del revestimiento es de 2,064 m².

Albañilería por m corrido

<i>Tipo</i>	<i>Sección</i>	<i>Excavación</i>	<i>Cofre</i>	<i>Bóveda</i>	<i>Pies derechos</i>	<i>Fundación</i>	<i>Concreto</i>	<i>Observaciones</i>
A	19,85	19,85	0,36	-	-	-	-	Para roca dura
B	25,67	25,67	0,36	4,90	-	-	0,92	Roca blanda
C	31,91	31,91	0,36	4,90	4,32	1,92	0,92	Roca blanda o tierra
Nicho A	1,39	1,665						
Nicho B	1,39	1,665						
Nicho C	2,80	4,025	-	0,56	2,064			

A continuación va un cuadro de los túneles de este proyecto.

<i>Nº de orden</i>	<i>Nombre</i>	<i>Estaca</i>	<i>Longitud</i>	<i>Perfil</i>	<i>Observaciones</i>
1	Garganta de la isla	8.344 a 8.668	324	Nivel	Tierra y roca blanda
2	Punta Huiñe	10.520 a 10.960	440	Rampa 0,0005	Tierra y roca blanda
3	Lomas de Trilahue	11.700 a 12.000	300	Rampa 0,0005	Tierra y roca blanda
4	Cerros de la Jorge	13.400 a 13.920	520	Rampa 0,003	Roca dura
5	Los Buitres	35.138 a 36.922	1784	Rampa 0,002 Pend. 0,003	Roca dura
6	Puntilla Palquibudis	69.884 a 69.878	94	Nivel	Roca dura

Suma la longitud de estos túneles 3.462 m, los cuales pueden reducirse a 2.614 si se adoptan las variantes indicadas para el trazo entre el kilómetro 11 y 16.

b. Viaducto de las Higueras

Se adjunta un plano que comprende la elevación, corte transversal y demás detalles de esta obra. Como el proyecto es completo creemos inútil hacer aquí una descripción especial de él.

c. Puente del Teno

Se presenta también completo este proyecto.

d. Puentes chicos o menores

Se ha tomado de la línea de Parral a Cauquenes un tipo de puente de fierro de 20 m de luz y los restantes son los tipos de la dirección ya solos o combinados.

Entre los documentos escritos (B) se encuentra todo lo relativo al peso, número de piezas, etc., del viaducto de las Higueras y puentes del Teno, como igualmente la lista completa de los puentes menores.

SEGUNDA PARTE

PRESUPUESTOS

a. Expropiaciones

Hemos supuesto que en toda la longitud de la línea la expropiación se haga en una zona de 20 m de ancho y los precios que hemos asignado a la hectárea corresponden al valor del suelo expropiado, al importe de la depreciación de lo restante, al lucro cesante y al daño emergente.

Se ha dado también valores diferentes a la hectárea, ya sea por la clase del suelo o por la situación y riqueza de las regiones en que se hará la expropiación.

Desde la estación de Llico a las Juntas, 13 kilómetros. 26 hectáreas a 500 pesos cada una	\$ 13.000
Desde las Juntas hasta el kilómetro 29 (confluencia del estero del Olivo con el de los Sauces). 32 hectáreas a 150 pesos cada una	\$ 4.800
Desde este punto a la boca del túnel, 6 km 12 hectáreas a 50 pesos cada una	\$ 600
Desde la boca sur del túnel a la estación de Hualañé, 6 km 12 hectáreas a 100 pesos cada una	\$ 1.200
Desde Hualañé a la puntilla de la Huerta antes de entrar al pueblo, 19 km 38 hectáreas a 200 pesos cada una	\$ 7.600
En la Huerta, 1 km 2 hectáreas a 5.000 pesos cada una	\$ 10.000
Desde la puntilla de la Huerta (a la salida) hasta Palquibudis, 14 km 28 hectáreas a 200 pesos cada una	\$ 5.600
Desde la estación de Palquibudis a la orilla derecha de Teno, 17 km. 34 hectáreas a 300 pesos cada una	\$ 10.200
Desde la orilla izquierda del Teno a Curicó, 12 km 24 hectáreas a 700 pesos cada una.	\$ 16.800
Valor de las expropiaciones	\$ 69.800

Desmontes y terraplenes

La evaluación de los desmontes y terraplenes no puede hacerse con exactitud, porque faltan los sondeos geológicos del suelo.

La clasificación de las diversas clases de suelos que se encontrarán en los cortes se ha hecho en vista de las estratificaciones que se presentan al Sol, de los depósitos en el fondo de las quebradas y de los terrenos que se presentan en las erosiones del suelo.

Desde la estación de Llico hasta el Morrillo, en la confluencia del Teno y del Lontué, la formación geológica de la montaña es más o menos la misma: roca esquistosa atravesada por filones de cuarzo; y en la superficie de la montaña, tierra vegetal compuesta de arcilla, arena y granos finos de cuarzo.

En algunos cabos del valle del Mataquito, en las Majadillas, por ejemplo, la roca está descompuesta, según se ve en los cortes de un canal de regadío.

En otros lugares, como en el seno de la misma puntilla, hay conglomerados neptunianos, o sea terreno de acarreo.

Por estas consideraciones hemos clasificado los terrenos de los cortes sólo en tres grandes categorías: tierra vegetal, conglomerados y rocas blandas o descompuestas.

El volumen total del movimiento de tierras es de 5.877.676 m³, que se distribuyen así:

Terraplenes, 3.175.358 m³; los desmontes dan 2.591.318 m³; y si agregamos a esto el volumen que debe extraerse de los túneles que es 111.000 m³, se tendrá un volumen de 2.702.318 m³ de desmonte total; y para igualar el volumen necesario para los terraplenes se necesita un empréstito de 473.000 m³.

Sentadas las bases generales que preceden el presupuesto de los desmontes y terraplenes, éste puede establecerse como sigue:

b. Desmontes

Por 1.000.000 m ³ de desmontes practicados, ya en roca blanda o conglomerados neptunianos a 70 centavos el metro cúbico	\$ 700.000
Por 1.591.318 m ³ en tierra vegetal a 20 centavos	\$ 382.263
Valor de los desmontes	\$ 1.082.263

c. Terraplenes

Por 3.175.358 m ³ a 20 centavos	\$ 635.071
Por 473.000 m ³ de empréstito a 25 centavos	\$ 118.250
Valor de los terraplenes	\$ 753.321

D. OBRAS DE FÁBRICA

Estaciones

1ª Clase. Llico

En esta estación se comprenden las obras que se enumeran enseguida con sus valores respectivos:

Oficinas y habitaciones del jefe	\$ 13.800
Galpón de abrigo de trenes	8.750
Taller de reparaciones	2.500
Casa de máquinas para 3 locomotoras	11.500
Una tornamesa	4.500
Un estanque y bomba	3.000
Una bodega de 30 x 15	42.000
Una carbonera	2.000
Una romana para pesar carros	3.000
Una casa de cambiadores	2.500
Casa del caminero mayor	3.500
Un semáforo	460
Plataforma para embarcar animales	200
Cierros y puerta de la estación	8.500
Valor total	\$ 106.210

2ª clase. Vichuquén, Boque, Hualañé,
la Huerta y Palquibudis

En estas estaciones se comprenden todos los trabajos que se enumeran enseguida menos las tornamesas que sólo tendrán las de Boque y Hualañé.

Oficinas y habitaciones de jefes	\$ 10.000
Galpón de abrigo de trenes	6.500
Tornamesa y sus accesorios	4.500
Estanque y bomba	3.000
Bodega	14.500
Casa de empleados	10.000
Una romana de plataforma	3.000
Casa de cambiadores	2.500
Un semáforo	460
Plataforma de animales	200
Cierros y puertas de la estación	8.500
Valor total	\$ 63.160

Según lo que precede, el valor de estas estaciones quedará indicado como sigue:

Boque y Hualañé con tornamesa, cada una 63.160	126.320
Vichuquén, la Huerta y Palquibudis, cada una 58.660 pesos	175.980
Valor total	\$ 302.300

3ª clase o paraderos. La Quesería, Peralillo y Rauco

Se comprenden los edificios siguientes:

Oficinas y habitaciones del jefe	\$ 5.700
Una bodega	8.500
Casa de cambiadores	2.500
Semáforo	460
Plataforma de animales	200
Cierros y puertas de la estación	5.000
Valor total	\$ 22.360

Resumen del valor de las estaciones

De 1ª clase. Llico	\$ 106.210
De 2ª clase. Vichuquén, Boque, Hualañé, la Huerta y Palquibudis	302.300
De 3ª clase o paraderos. La Quesería, el Peralillo y Rauco	67.080
Valor de las estaciones	\$ 475.590
Casas de camineros, 21 a 500 pesos cada una	\$ 10.500

e. Los túneles

Para mayor seguridad en el presupuesto de este ferrocarril, supondremos que todos los túneles sean revestidos interiormente.

Nº 1. Longitud, 324 m	
Excavación. Por 10.368 m ³ a 1 peso 30 centavos	\$ 13.478
Revestimiento. Por 3.758 m ³ a 25 pesos	93.960
Concreto hidráulico. Por 324 m ³ a 12 pesos	3.688
Nichos. Dos a 30 pesos cada uno	60
Valor del túnel Nº 1	\$ 111.186
Nº 2. Longitud, 440 m	
Excavación. Por 14.080 m ³ a 1 peso 30 centavos	\$ 18.304
Revestimiento. Por 5.104 m ³ a 25 pesos	127.600
Concreto hidráulico. Por 440 m ³ a 12 pesos	5.280
Tres nichos a 30 pesos cada uno	90
Valor del túnel Nº 2	\$ 151.274

N° 3. Longitud, 300 m	
Excavación. Por 9.600 m ³ a 1 peso 30 centavos	\$ 12.480
Revestimiento. Por 3.480 m ³ a 25 pesos	87.000
Concreto hidráulico. Por 300 m ³ a 12 pesos	3.600
Nichos. Dos a 30 pesos cada uno	60
Valor del túnel N° 3	\$ 103.140
N° 4. Longitud, 520 m	
Excavación. Por 16.640 m ³ a 1 peso 30 centavos	\$ 21.632
Revestimiento. Por 6.032 m ³ a 25 pesos	150.800
Concreto hidráulico. Por 520 m ³ a 12 pesos	6.240
Nichos. Cinco a 30 pesos cada uno	150
Valor del túnel N° 4	\$ 178.822
N° 5. Longitud, 1.784 m	
Excavación. Por 57.088 m ³ a 1 peso 75 centavos	\$ 99.904
Revestimiento. Por 20.694 m ³ a 30 pesos	620.820
Concreto hidráulico. Por 1.184 m ³ a 15 pesos	26.760
Nichos. Diez a 30 pesos cada uno.	300
Valor del túnel N° 5	\$ 747.784
N° 6. Longitud, 94 m.	
Excavación. Por 3.008 m ³ a 1 peso 30 centavos	\$ 3.910
Revestimiento. Por 1.090 m ³ a 25 pesos	27.250
Concreto hidráulico. Por 94 m ³ a 12 pesos	1.128
Nichos. Dos a 30 pesos cada uno	60
Valor del túnel N° 6	\$ 32.348

*Resumen del costo
de los diversos túneles*

Valor del N° 1	\$ 111.186
Valor del N° 2	151.274
Valor del N° 3	103.140
Valor del N° 4	178.822
Valor del N° 5	747.784
Valor del N° 6	32.348
Valor total	\$ 1.324.554

Puentes en sus diversas clases

Viaducto de las Higueras

I. Puente	
Hierros laminados 116.062 kg a 32 centavos	\$ 37.139,84
Hierros fundidos 4.200 a 25 centavos	1.050,00

II. Pila o manchón metálico	
Hierros laminados 13.154 kg a 32 centavos	4.209,28
Hierros fundidos 2.244 a 25 centavos	561,00
III. Albañilería	
6.257 m ³ a 15 pesos	93.855,00
Valor total	\$ 136.815,12

Puente el Teno

I. Puente.	
Hierros laminados 487.676 kg a 32 centavos	\$ 156.055,32
Hierros fundidos 30.300 a 25 centavos	7.575,00
II. Fundaciones.	
Excavaciones 4.800 m ³ a 1 peso	4.800,00
Albañilería 2.000 m ³ a 15 pesos	30.000,00
Valor total	\$ 198.430,32

Puentes menores

Abiertos. Tipo especial, de hierro	
Dos de 20 m de luz y 13 de altura cada uno	\$ 40.000,00
Uno de 20 m de luz y 5 de altura	15.980,00
Valor de los tres puentes tipo especial, de hierro	\$ 55.980,00

Abiertos.

Tipos de la dirección

<i>Nº de puentes</i>	<i>Tipo</i>	<i>Luz</i>	<i>Material</i>	<i>Nº de tramos</i>	<i>Precio medio</i>	<i>Observaciones</i>	
21	C	4	Madera y hierro	1	\$ 2.000		\$ 42.000
20	id.	2	Madera y hierro	1	1.300		26.000
17	E	10	Madera y hierro	1	3.300		56.100
6	E y F	20	Madera y hierro	2	6.000	Viga E y machón F	36.000
1	id.	30	Madera y hierro	3	8.600	Viga E y machón F	8.600
1	id.	40	Madera y hierro	4	10.300	Viga E y machón F	10.300
1	id.	13	Madera y hierro	2	1.800	Viga E y machón F	1.800
Valor de 67 puentes abiertos							\$ 180.800

Abovedados. Tipo de la Dirección.

Tipo B. 18 puentes, luz 2 m, cada uno	\$ 27.000,00
Tipo B. 11 puentes, luz 3 m, cada uno	148.500,00
Valor de 29 puentes abovedados	\$ 175.500,00

Resumen del costo de los diversos puentes

Viaducto de las Higueras	\$ 136.815,12
Puente del Teno	198.430,32
Puentes abiertos. Tipo especial, de fierro	55.980,00
Puentes abiertos. Tipo de la dirección (mixtos)	180.800,00
Puentes abovedados. Tipo de la dirección	175.500,00
Valor total de los puentes	\$ 747.525,44
Rieles. Por 7.020 toneladas métricas a 90 pesos	\$ 631.800
Eclisas. Por 280 toneladas métricas a 100 pesos	28.000
Pernos. Por 75 toneladas métricas a 350 pesos	26.250
Clavos. Por 224 toneladas métricas a 200 pesos	44.800
Durmientes. Por 141.000 a 1 peso 25 centavos	176.250
Cambios. Por 70 a 500 pesos	35.000
Valor de la vía permanente	\$ 942.100

f. Colocación de la vía

Por 117 km de vía (incluso desvíos de estaciones) a 750 pesos el km	\$87.750
--	----------

g. Lastre

Por 292.000 m ³ a 60 centavos	\$175.200
--	-----------

h. Telégrafo

Por 106 km de línea a 120 pesos el km	\$12.720
Por 15 máquinas a 150 pesos cada una	2.250
Por elementos y útiles	3.000
Valor de la línea telegráfica	\$17.970

i. Cierro de la vía

Por 212 km de cierro conforme al tipo de la di- rección a 550 pesos el km	\$11.660
--	----------

j. Equipo

Por 5 locomotoras a 40.000 pesos cada una	\$200.000
Por 2 coches de pasajeros de 1 ^a clase a 18.000 pesos	36.000
Por 4 coches de pasajeros de 3 ^a clase a 10.000 pesos	40.000
Por 4 carros de equipaje a 9.000 pesos	36.000

Por 50 carros de carga cerrados a 4.000 pesos	200.000
Por 25 carros planos de carga a 3.000 pesos	75.000
Valor del equipo	\$587.000

Resumen general del presupuesto

a. Expropiaciones	\$ 69.800,00
b. Desmontes	1.082.263,00
c. Terraplenes	753.321,00
d. Obras de fábrica: estaciones, túneles y puentes	2.558.169,44
e. Vía permanente: rieles, eclisas, pernos, clavos, cambios y durmientes	942100,00
f. Colocación de la vía	87.750,00
g. Lastre	175.200,00
h. Telégrafo	17.970,00
i. Cierro	11.660,00
j. Equipo	587.000,00
Suma	\$6.285.233,44
k. 5 % para imprevistos	314.261,65
l. Valor total	\$6.599.495,09

TERCERA PARTE

DATOS ESTADÍSTICOS

a. En esta parte expondremos lo más brevemente que nos sea posible algunos datos estadísticos que manifiesten la importancia de este ferrocarril.

Entre estos figuran en primera línea los referentes a las distancias de transporte.

Los productos de la zona media del valle central que buscan la salida al mar, ya sea para la exportación o el cabotaje, sólo tienen los puertos de Valparaíso, Constitución, Talcahuano, y algunos otros completamente desabrigados e inhospitalarios como Curanipe, Pichilemu y Matanzas, en los cuales, si existe algún pequeño abrigo en la rada, la playa es casi siempre inabordable a causa de las rompientes producidas por los cordones litorales.

De aquí resulta que estos puertos sólo sirven para el embarque de los productos de la zona de la orilla del mar y que la región del interior prefiere siempre cualquiera de los tres primeros ya señalados: y aun el de Constitución tiene el grave inconveniente de la barra que, cuando está mala, obliga a las naves a guardarse en el puerto, lo que se traduce en estadías largas y dispendiosas, y de este modo la salida sólo es franca y segura por Valparaíso y Talcahuano, lo cual obliga a fuertes gastos de transporte que muchas de nuestras producciones ya casi no pueden soportar.

Corolario natural es también de este estado de cosas los fuertes y crecidos gastos que el Estado se ve obligado a hacer en la explotación de las vías férreas a causa de las grandes distancias que hay que recorrer para llegar a los puertos de salida.

Las cifras que apuntamos enseguida pondrán más en evidencia estos hechos.

De Curicó a Llico	106 km
De Curicó a Valparaíso	374 km
De Curicó a Talcahuano	398 km

Se ve por esto que la razón de las distancias es próximamente de 1 a 4, y en esta proporción estarán los fletes, kilometraje de trenes y el tiempo.

Para el valle de Colchagua, tomando como punto de partida la estación de Palmilla se tiene:

De Palmilla a Llico, por Curicó	196 km
De Palmilla a Valparaíso	364 km
De Palmilla a Talcahuano	512 km

Veremos en la última parte de este trabajo que de Palmilla a Llico, por el valle de Nilahue, hay sólo de 120 a 130 km, y veremos también la posibilidad de un ramal que una el valle del Mataquito con el de Colchagua.

La exportación de ganado sólo se hace por Valparaíso, debido a que éste es el único puerto que presenta facilidades para el embarque.

Los productores de este artículo en las provincias del sur se encuentran en condiciones verdaderamente lastimosas:

De Angol a Valparaíso	759 km
De Angol a Llico	492 km

Agreguemos a la enorme distancia de 759 km un accidente cualquiera en la marcha del convoy o mal tiempo en el puerto y tendremos que el más brillante negocio puede convertirse en desastrosa ruina.

Veamos ahora qué estaciones de la línea del valle central marcan los límites desde los cuales ya conviene optar por la salida por Llico con preferencia a Valparaíso o Talcahuano:

De Hospital a Llico	237 km
De Hospital a Valparaíso	259 km
De Membrillo a Llico	250 km
De Membrillo a Talcahuano	255 km
De Hospital a Membrillo	281 km

Abarca, pues, una longitud de 281 km la zona del valle central, dentro de la cual conviene buscar la salida por Llico para los productos de la exportación o del cabotaje.

Las distancias a Llico para cada estación de la línea central comprendida dentro de los límites señalados, son los siguientes:

	<i>A Valparaíso</i>	<i>A Llico</i>
De Hospital	234 km	237 km
De San Francisco	247 "	222 "
De Graneros	257 "	214 "
De Rancagua	269 "	202 "
De Gultro	274 "	197 "
De Cauquenes	276 "	195 "
De Requinoa	283 "	188 "
De Rosario	291 "	180 "
De Rengo	298 "	173 "
De Pelequén	304 "	167 "

	<i>A Valparaíso</i>	<i>A Llico</i>
De Peumo	332 ”	195 ”
De San Fernando	321 ”	150 ”
De Nancagua	347 ”	179 ”
De Cunaco	354 ”	186 ”
De Palmilla	364 ”	196 ”
De Chimbarongo	336 ”	135 ”
De Quinta	345 ”	126 ”
De Teno	357 ”	114 ”
De Curicó	374 ”	106 ”

	<i>A Talcahuano</i>	<i>A Llico</i>
De Lontué	390 km	115 km
De Molina	384 ”	121 ”
De San Rafael	353 ”	152 ”
De Panguilemu	343 ”	162 ”
De Talca	333 ”	172 ”
De San Javier	314 ”	191 ”
De Linares	283 ”	222 ”
De Longaví	267 ”	238 ”
De Membrillo	255 ”	250 ”

b. Otro de los elementos más importantes para juzgar la importancia de este ferrocarril, es la población de las ciudades que van a quedar directamente unidas por la línea o dentro de la zona de atracción.

En la primera categoría se encuentran:

Curicó, todo el departamento	60.000 habitantes
Vichuquén, todo el departamento	42.000 habitantes
En todo	102.000 habitantes

Dentro de la zona de atracción:

Curepto	32.000 habitantes
Lontué	32.000 habitantes
San Fernando	80.000 habitantes
Caupolicán	76.000 habitantes
En todo	220.000 habitantes

Todo lo cual hace un total de 322.000 habitantes, según el censo de 1885, y si agregamos a esta suma un incremento de 10%, tendremos que este ferrocarril servirá a los intereses de 354.000 habitantes, o sea, aproximadamente a la 7^a parte de la población total de la república.

c. La producción agrícola de esta extensa región la hemos tomado del anuario estadístico de 1882 y su resumen va en el cuadro que se encuentra al fin de esta parte.

d. Las salinas de la costa inmediata a Llico son las únicas que existen del Maipo al sur y las primeras de todo el país por la calidad y abundancia de sus productos.

Vamos a apuntar algunos datos que permitirán apreciar el valor del comercio actual de aquellas salinas.

El derecho de las salinas se remata actualmente por la municipalidad de Vi-chuquén y produce, término medio, la suma de 1.500 pesos al año; y se calcula en 2.000 pesos la ganancia líquida del rematante, lo cual quiere decir que los derechos de la sal, que valen 6 centavos por la carga de 3 quintales españoles, representa una producción anual de 60.000 cargas, o sea, 180.000 quintales. Se estima también que el remanente es no menos de 20.000 quintales que no salen porque la estación de las lluvias hace intransitable los caminos en aquellas regiones.

Así, pues, podemos estimar que la producción actual de las salinas no es inferior a 200.000 quintales, cantidad que se consume toda anualmente en el interior.

CUARTA PARTE

CONCLUSIÓN

a. Al efectuar el trabajo de la vía férrea en las condiciones que hemos indicado en la primera parte, hemos tenido en vista que este ferrocarril tendrá que llevar un doble objetivo:

- servir el interés militar de la república y
- servir, a la vez, al comercio de la zona central del país.

Estas dos circunstancias imponen al trazo condiciones de estrategia respecto del primer punto, y de fácil y barata explotación en el segundo.

La primera condición la juzgamos perfectamente satisfecha porque todo el trayecto en la orilla del lago está oculto a la vista de un enemigo que domine en el mar y es también invulnerable desde cualquier punto de la costa. Esta circunstancia hace que la defensa militar del puerto quede siempre lista por el lado de tierra cualquiera que sean las emergencias que sobrevengan por el lado del mar.

Por otra parte, las condiciones de perfil y plano del proyecto, hacen que la línea pueda ser recorrida en toda su extensión por trenes a gran velocidad, de modo que en un momento dado puedan precipitarse al puerto grandes masas de tropas provenientes a la vez del norte y sur del país.

La orilla sur del lago, por lo tendido de sus faldas y los numerosos valles que contiene, permite establecer extensos y cómodos campamentos con forrajes y aguadas abundantes, y en caso de embarques de numerosos cuerpos de tropas, esto puede hacerse en todas las condiciones apetecibles de comodidad y economía a lo largo de los 10 km que presenta el trazo en la orilla sur.

Y si las condiciones militares del trazo son como se ve, espléndidas, no lo son menos las que presenta desde el punto de vista comercial. Las curvas de corto radio son pocas y la suave inclinación del perfil permitirá hacer la explotación con gran economía, y de este modo hasta los más insignificantes productos podrán soportar sus fletes.

En la bajada meridional de los Buitres es donde están acumuladas todas las dificultades que presentará la explotación. Ahí tenemos las pendientes de 15 mm (1½%) combinada con la curva de 300 m y, para juzgar su valor, comparemos esta parte del trazo con la línea de Valparaíso, por ejemplo.

Según los preceptos de Baudson (obra citada, p. 116) en las rampas se admite una resistencia suplementaria (a la tracción en línea recta a nivel) de 1 kg por cada milímetro de inclinación y por tonelada.

En la inclinación de 15 mm de los Buitres tendremos 15 kg como resistencia adicional por la rampa.

Las curvas de 300 m, según el mismo autor, se asimilan a rampas de 4 mm, de modo que la curva daría una resistencia de más de 4 kg.

Así la suma de los esfuerzos adicionales en esta rampa serían:

Por la rampa de 15 mm	15 kg
Por la curva de 300 m	4 kg
Suma del esfuerzo adicional	19 kg

En el Tabón, en Lebo, de la línea de Valparaíso, se tiene:

Por la rampa de 25 mm	25 kg
Por la curva de 200 m (según el señor Lyon)	7 kg
En todo	32 kg

o sea, casi el doble de nuestro proyecto.

En el proyecto del ingeniero señor Domingo Víctor Santa María para el ferrocarril de Palmilla a Pichilemu (Folleto titulado *Ferrocarril de Palmilla a Pichilemu*, Imprenta Nacional, 1887) se tiene:

Para la rampa de 29 mm 5	29,5 kg
Para la curva de 200 m	7 kg
	36,5 kg

El mismo autor agrega que en las rampas de 13 a 15 mm el esfuerzo útil del motor se reduce de 45 a 50 % y de 60 a 70 en las de 20 o 25 mm, siempre con la tracción que se desarrolla en línea recta y a nivel.

b. El lago de Vichuquén ofrece soberbias condiciones como puerto interior. He aquí algunas autorizadas opiniones que confirman este acerto.

El ingeniero don Horacio Bliss, se expresaba como sigue después de sus primeros estudios en 1855:

“En el lago de Vichuquén, si se formase, alguna vez una entrada cómoda, ofrecería una de las bahías más seguras y más cómodas que se conocen. De cerca de ocho millas de largo y de una anchura que varía de una a media milla, de un excelente fondo para ancladero, protegido por todos lados por alturas que sujetan completamente los vientos peligrosos, nada deja que desear como bahía.

Poseyendo todas estas ventajas naturales, habría toda facilidad para construir astilleros, ferrocarriles marinos, muelles, etc. Como puerto de comercio, depósito naval o astillero, me inclino a creer que sería preferible a cualquiera otro punto de la costa de Chile.

1883
Producción por departamentos

<i>Departamentos</i>	<i>Trigo</i>	<i>Cebada</i>	<i>Maíz</i>	<i>Frijoles</i>	<i>Lentejas</i>	<i>Semilla de cáñamo</i>	<i>Garbanzos</i>	<i>Papas</i>	<i>Linaza</i>	<i>Nabo</i>	<i>Nueces</i>	<i>Lana</i>	<i>Charqui</i>	<i>Grasa</i>	<i>Chicha</i>	<i>Chacolí</i>	<i>Vino y mosto</i>	<i>Aguardiente</i>	<i>Burdeos</i>	<i>Ganado vacuno</i>	<i>Ganado caballar</i>	<i>Ganado ovejuno y cabrío</i>	<i>Cerdos</i>
	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>qt. mt.</i>	<i>qt. mt.</i>	<i>qt. mt.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>	<i>Hectol.</i>				
Lontué	83.821	13.032	4.328	11.981	—	177	11.971	30.756	37.777	—	853	325	440	600	4.748	4.167	85	105	1.285	4.294	510	16.410	1.304
Curepto	89.789	24.146	3.754	6.078	35	63	17.078	8.780	147	—	118	382	52	60	6.178	3.464	465	258	—	3.720	1.094	14.148	3.429
Curicó	171.586	17.384	20.301	38.045	—	—	38.045	56.281	14.907	—	387	368	1.427	1.127	6.591	10.799	2.677	3.046	34	11.919	1.046	14.685	4.937
Vichuquén	186.705	26.196	11.051	7.526	—	—	7.526	16.890	2.337	—	12	827	195	265	1.812	18.055	68	190	159	8.969	1.315	48.731	3.704
San Fernando	314.614	25.485	17.742	17.787	115	—	17.787	45.469	2.967	—	755	1.434	640	647	1.862	34.534	602	3.329	2.608	18.931	1.640	61.335	5.351
Caupolicán	321.646	22.827	41.252	23.836	—	18	23.836	110.906	494	453	3.017	275	206	171	5.273	40.340	347	2.209	2.350	15.566	1.675	9.756	6.848
Totales	1.169.161	129.070	98.428	105.253	150	258	116.243	270.082	24.629	453	5.142	3.611	2.960	2.870	26.464	111.359	4.244	9.137	6.436	63.400	7.280	165.065	25.573

La longitud y estrechez de su entrada lo harían, con unas pocas piezas de artillería gruesa bien colocadas, inexpugnable para las más poderosas escuadras de los tiempos modernos. Y al mismo tiempo las largas líneas de costa dura, impenetrable, que se encuentran al norte y sur de él, harían sumamente difícil y peligrosa la línea de operaciones que habría de seguir el ejército invasor de un enemigo extranjero. Su posición estratégica sería, pues, admirable, y por lo tanto se recomienda al gobierno para objetos navales” (*Anales de la Universidad*, 1866).

El capitán de fragata de la marina nacional, don Arturo E. Wilson, se expresa en los términos siguientes respecto de las condiciones que debe tener un puerto militar (*Revista de Marina*, N° 40, p. 254 y siguientes).

1ª “Seguridad absoluta para las naves, arsenales y todo el material que constituye el poder naval de un Estado.

2ª Ser inatacable en todo tiempo a pesar de los progresos que se hagan en el arte de la guerra marítima, estando a cubierto de toda sorpresa durante la noche y de un ataque a viva fuerza durante el día.

3ª Deberá encontrarse alejado de la costa a fin de hallarse a cubierto de un bombardeo o de un ataque de torpedos.

4ª Deberá hallarse al abrigo de los malos tiempos y marejadas de manera que los buques fondeados no necesiten de grandes amarras para su seguridad y que jamás se interrumpa el tráfico de embarcaciones menores por esta marejada”.

Y más adelante refiriéndose el señor Wilson al proyecto que he tenido el honor de presentar al supremo gobierno, dice así:

“Este proyecto llevado a cabo, llenaría todas las condiciones exigibles para un verdadero puerto militar, una seguridad absoluta para las naves y todo nuestro material naval; a cubierto de todo ataque por mar; alejado de la costa; con sus aguas en todo tiempo en completa calma; con hermosas y espaciosas ensenadas de fondos moderados y lugares adecuados para la construcción de diques y arsenales, etc., donde nuestros buques podrán estar siempre al abrigo de los malos tiempos y amarrados a malecones de muy fácil construcción, permitiendo así a nuestras tripulaciones el poder ser alojadas en cuarteles en tierra, comodidad que significaría una ventaja positiva para hacer desear nuestro servicio de guerra a los hombres de mar, hoy tan difíciles de reclutar; en una palabra, reúne este proyecto un conjunto tal de ventajas materiales y morales para el servicio y eficacia de nuestra armada, que no podemos menos de sentirnos entusiasmados al considerarlas”.

A lo que precede debo agregar que el señor Wilson escribió lo anterior después de haber visitado dos veces el lago de Vichuquén, en el cual hizo prolijos reconocimientos.

Como puerto comercial, el lago ofrece asimismo ventajas no menos positivas y preciosas.

En cualquier punto de sus largas y dilatadas orillas (cerca de 40 km), pueden establecerse ligeras y económicas construcciones para el embarque y desembarque

de mercaderías, pudiendo atracar al costado de sus muelles cualquier nave que surque el Pacífico, haciéndose la carga y descarga de los buques sin el intermedio de la costosa operación que se llama “lanchaje”, que en algunos puertos como Talcahuano llega a 15 centavos por hectólitro de trigo. En el lago estos gastos serían, a lo más, de 2 a 3 centavos; y todavía hay que agregar que el lago, por el abrigo absoluto en que se encuentran sus aguas permitirá en todo tiempo la carga y descarga de naves, condiciones que no ofrecen actualmente Valparaíso y Talcahuano por carecer hasta hoy de dársenas que ofrezcan abrigo a las naves en los temporales de norte, tan frecuentes en nuestras costas en el invierno.

c. La línea del Mataquito servirá también al valle de Colchagua, pues se ve en el cuadro de distancias que hay una gran economía de fletes en la salida por el lago de Vichuquén respecto de la salida por Valparaíso o Talcahuano.

El gran valle de Nilahue se encuentra situado en la extremidad meridional del gran macizo de montañas que separan los ríos Rapel y Mataquito.

Este valle comienza, más o menos, por las alturas de la Huerta y, después de correr como 70 km en la dirección NS, vuelve al O para desembocar en el mar en Cahuil.

De los dos cordones principales que forman este gran valle, el occidental presenta cumbres muy elevadas, desde las cuales descienden valles transversales que llegan hasta el mar, y entre los cuales se encuentran Alcántara, Paredones y otros menos importantes.

El cordón oriental presenta, asimismo, las mismas peculiaridades y los valles secundarios que se encuentran en su falda occidental son Caune, Loló, Pumanque y otros, todos los cuales son tributarios del valle principal.

En el punto en que el valle de Nilahue vuelve al O se presenta otro valle que viene del oriente y también de la cadena principal, el que después de correr del E al O, hasta Peñablanca y Reto, vuelve al norte para llevar sus aguas hacia el Rapel.

Descrita así a grandes rasgos la estructura de las montañas que separan los ríos Mataquito y Tinguiririca, veamos cual podría ser la dirección probable de un ferrocarril que los pusiera en comunicación.

- 1° Vía Peralillo, Loló y Santa Cruz. Partiendo del kilómetro 50 de la línea del Mataquito se puede entrar al valle de Nilahue por el portezuelo de Barba Rubia que sólo da en la cumbre una altitud de 217 m, siendo los valles que dan acceso a él de pendientes suaves y poco accidentadas.

Por el valle de Nilahue la línea descendería hacia el norte hasta la desembocadura del valle de Nelquihue, en cuya extremidad inferior está el pueblo de Loló. Remontando el valle de Nelquihue se llegaría a Santa Cruz pasando por la Lajuela y el empalme se buscaría entre Cunaco y Palmilla.

En esta dirección se encuentra, además de Barba Rubia, el elevado cordón de la Lajuela, que parece ser un obstáculo serio, y la distancia total que habría que recorrer sería de 130 a 140 km.

- 2° Vía Peralillo, Loló, Pumanque y Molineros. Desde Loló, en vez de remontar el valle de Nelquihue hasta llegar a Pumanque, ya sea pasando por el pueblo de este nombre o por la boca de su valle, ganar enseguida el valle de

Reto y descender al valle de Palmilla por el portezuelo de Molineros, para empalmar en el paradero de este nombre de la línea de Halcones.

Por esta dirección se tendrán también como 130 a 140 km y habría que pasar dos valles secundarios. Pumanque y Reto y los tres cordones que los forman.

Hay todavía otra dirección que la juzgo más aceptable que las dos anteriores y es la que voy a describir enseguida.

3° Vía Tilicura, Patacón, Loló, Pumanque y Molineros. Si se parte del kilómetro 26 de la línea de Llico (estación del Boque), se puede ganar el valle de Nilahue por la quebrada de Patacón. Ya en el valle de Nilahue el resto del trazo hasta Molineros sería como el precedente.

En esta dirección las cartas de Pissis dan sólo 80 km entre el portezuelo de Molineros y la orilla oriental del lago de Vichuquén.

d. Teniendo en vista, como lo hemos dicho ya en varias partes de esta memoria, que el lago ofrece grandes ventajas para el comercio de la zona central del territorio, figurando entre ellas la gran economía en los fletes y las ventajas que ofrece el puerto para la carga y descarga de las naves, es natural suponer que la mayor parte de la carga que hoy viaja entre Valparaíso y Talcahuano busque su salida por el lago.

El movimiento que hoy se efectúa es enorme y vamos a señalarlo con algunas cifras.

En 1889 se movilizaron 800.000 quintales métricos en la forma siguiente:

Carta dirigida a Valparaíso y proveniente de las estaciones comprendidas entre Hospital y Membrillo	43.400 toneladas
Carga dirigida a Talcahuano, proveniente de las mismas estaciones	8.500 toneladas
En todo	51.900 toneladas

El retorno se efectuó como sigue:

De Valparaíso a las estaciones comprendidas entre Hospital y Membrillo	9.500 toneladas
De Talcahuano a Membrillo	18.000 toneladas
En todo	27.500 toneladas

La carga total que movilizaron los ferrocarriles del Estado en 1889 fue de 141.220 toneladas, de modo que la carga transportada entre Valparaíso y Talcahuano y la zona comprendida entre Hospital y Membrillo, es como un $\frac{1}{18}$ del movimiento total de 1889.

De más nos parece decir que con la exposición de los datos que anteceden no queremos significar en manera alguna que por la vía de Curicó a Llico se derivarán hacia el mar todos los productos de la zona del valle central comprendida entre Hospital y Membrillo, ni tampoco que el puerto de Vichuquén va a absorber el tráfico que hoy se hace por Valparaíso y Talcahuano.

Todos aquellos datos sólo significan, en efecto, que es grande la producción de esas regiones, y que en cuanto al tráfico del centro del territorio y los dos puertos ya mencionados, debe dárseles un desahogo por la vía de Llico, con el sólo objetivo de reducir los fletes de las mercaderías que van al exterior o que de afuera vienen para nuestro consumo.

El tráfico probable de una línea en proyecto, y por consiguiente, el rédito de los capitales invertidos en su construcción, tiene como factor la población diseminada en la zona de atracción directa; y se calcula de ordinario por la fórmula de Michel que cita J. Vandrunen en su obra *La détermination des recettes et dépenses probables d'un chemin de fer proyecté* (p. 31).

Esta fórmula es $R=H (as+bt)$, en la cual se tiene:

H. Población del territorio en contacto directo con el ferrocarril.

a. Coeficiente de movilización de pasajeros.

b. Coeficiente de movilización de carga.

s y t. Tarifa media de pasajeros y tonelada por kilómetro.

R. Entrada en bruto por kilómetro.

En el caso de nuestro proyecto y tomando los coeficientes de Michel se tiene: $R=50.0000 (0,018 \times 6,5 + 2,16 \times 0.018) = 7.800$, o sea, por los 100 km del proyecto $R=780.000$ pesos como producto bruto anual; y si suponemos que los gastos sean un 60%, la entrada líquida anual sería de 312.000 pesos, o sea, el 5 % sobre el valor total de 6.600.000 pesos.

Santiago, 16 de agosto de 1890.

J. RAMÓN NIETO
Ingeniero civil

ANEXOS

1. NIVELES. PENDIENTES. RAMPAS. ESTACIONES

<i>Niveles</i>	<i>Pendientes</i>	<i>Rampas</i>	<i>Estaciones</i>
0 a 10.200	0,0005	10.200 a 12.200	Llico
12.200 a 12.700			Vichuquén
19.700 a 20.000	0,0003 12.700 a 19.700		La Quesería
25.880 a 26.380		0,00275 20.000 a 25.880	Boque
29.040 a 29.200		0,0075 26.380 a 29.040	
33.000 a 33.438		0,01 29.200 a 33.000	
		0,01 33.348 a 35.138	
		0,002 35.138 a 36.030	
	0,003 36.030 a 36.922		
	0,015 36.922 a 40.720		
	0,00225 40.720 a 43.040		
43.040 a 43.540			Hualañé
44.600 a 49.620		0,01 43.540 a 44.600	
52.620 a 52.920		0,0025 49.620 a 52.620	El Peralillo
54.400 a 56.400		0,0075 52.920 a 54.400	
62.328 a 62.828		0,00275 56.400 a 62.328	La Huerta
68.000 a 71.000		0,003 62.828 a 68.000	
75.500 a 76.050		0,00275 71.000 a 75.550	Palquibudis
		0,0025 76.050 a 80.500	
		0,01 80.500 a 81.500	
		0,002 81.500 a 82.500	

<i>Niveles</i>	<i>Pendientes</i>	<i>Rampas</i>	<i>Estaciones</i>
82.500 a 85.000		0,004 85.000 a 89.000	
		0,00225 89.000 a 92.320	
92.320 a 92.620			Rauco
		0,003 92.620 a 93.380	
93.380 a 94.010		0,004 94.010 a 102.000	
		0,0055 102.000 a 104.814	
104.814 a 106.044			Curicó

2. PUNTOS DE REFERENCIA

<i>Nº de orden</i>	<i>Estaca</i>	<i>Situación respecto al eje</i>	<i>Distancia al eje</i>	<i>Cota</i>	<i>Observaciones</i>
1	2.780	Izq.	8,40	21,32	Todos marcados con este con con este signo $\overline{\text{PR}}$
2	3.426	"	10,30	7,75	Una roca, como el anterior
3	4.124	Der.	2,10	7,90	" " " "
4	4.160	Sobre el eje	0,00	0,59	" " " "
5	4.660	D.	4,75	0,87	" " " "
6	4.764	"	5,80	19,60	" " " "
7	5.020	"	1,00	0,42	" " " "
8	5.146	"	7,00	0,52	" " " "
9	5.800	"	49,00	2,17	Un tronco de árbol
10	5.940	"	21,50	5,60	Pie de un árbol
11	6.628	Sobre el eje	0,00	5,82	Una roca
12	6.790	D.	19,00	15,15	" "
13	7.320	"	2,00	1,40	" "
14	7.480	"	8,40	1,10	" "
15	7.840	"	40,00	7,32	" "
16	8.044	"	25,00	1,30	" "
17	8.600	I.	62,00	10,43	" "
18	8.680	I.	19,00	1,05	Una roca
19	9.125	"	2,00	7,95	" "
20	9.293	D.	0,80	1,30	" "
21	10.320	"	3,60	12,37	Tabique de un rancho
22	10.880	"	11,00	45,10	Un tronco de árbol
23	11.640	I.	56,00	16,70	Un peral
24	11.880	D.	22,10	37,80	Sobre un rancho
25	12.992	I.	30,60	4,20	Un árbol
26	13.310	D.	4,50	19,05	Una roca
27	13.771	"	5,50	53,20	" "
28	15.314	I.	5,00	24,50	Un árbol
29	15.660	D.	28,00	8,10	" "

<i>Nº de orden</i>	<i>Estaca</i>	<i>Situación respecto al eje</i>	<i>Distancia al eje</i>	<i>Cota</i>	<i>Observaciones</i>
30	15.788	D.	124,00	6,00	Un árbol
31	15.861	"	84,00	7,75	Una roca
32	16.720	"	104,00	12,20	" "
33	17.390	"	76,00	11,20	Un árbol
34	17.640	"	80,00	12,50	" "
35	18.500	"	84,00	5,40	Una piedra
36	18.748	"	55,00	9,60	Un árbol
37	18.866	"	36,00	6,20	" "
38	19.250	"	20,00	13,40	Una roca
39	20.674	"	60,00	15,60	Cocina de la "Quesería" (alta)
40	21.464	"	58,00	14,40	Un rancho
41	22.360	"	17,00	89,00	Un filón de rocas
42	22.982	"	20,00	15,50	Un árbol
43	23.480	I.	15,00	20,90	La pared de una bodega
44	24.784	"	14,00	19,40	Un árbol
45	26.440	D.	4,00	24,60	" "
46	28.857	I.	1,00	40,20	Una roca
47	30.800	D.	11,00	63,20	Un árbol
48	31.164	"	64,00	74,10	Un rancho
49	33.320	I.	42,00	87,40	Un árbol
50	34.212	"	56,00	98,10	Una piedra
51	34.938	"	3,00	98,50	Una roca a orillas del estero
52	36.346	D.	12,00	196,85	Una roca sobre el polígono del paso de los Buitres
53	36.630	I.	3,00	192,00	" " " "
54	37.048	D.	4,00	73,10	Una roca
55	37.445	I.	36,00	105,35	Una roca
56	39.160	D.	150,00	78,40	Una roca
57	40.174	"	168,00	66,20	Una roca
58	40.794	I.	74,00	42,10	Una roca
59	41.412	D.	4,00	25,80	Un rancho
60	44.648	I.	8,00	43,50	Un horno
61	51.231	D.	12,00	50,80	Rancho de las casas de don A.M. Garcés
62	53.291	"	5,00	55,00	Un rancho
63	55.866	"	3,00	70,50	Una casa
64	59.540	I.	16,00	74,50	Una roca
65	63.318	"	32,00	88,50	Un árbol en la puntilla de la Huerta
66	65.166	"	34,00	91,10	Una roca
67	66.006	D.	30,00	86,00	Una roca
68	68.892	I.	4,00	92,50	Puntilla o filón de rocas
69	79.780	"	34,00	117,80	Rocas

ANEXOS. 2. PUNTOS DE REFERENCIA

<i>Nº de orden</i>	<i>Estaca</i>	<i>Situación respecto al eje</i>	<i>Distancia al eje</i>	<i>Cota</i>	<i>Observaciones</i>
70	81.752	”	23,00	148,00	Rocas en las Majadillas
71	84.591	”	45,00	142,50	Roca
72	87.346	”	9,00	139,56	Roca
73	91.404	”	8,00	151,50	Roca
74	99.812	D.	65,00	188,50	En el Maitenal; cuartel de la policía rural
75	105.741	”	16,00	207,10	Un horno de ladrillos

3. TANGENTES Y CURVAS

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>CURVA</i>				
		<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
1.138,00 1.348,73	1.138,00	Izq.	40°-15'	300	109,90	210,73
2.098,00 2.401,78	749,27	I.	58°-00'	300	166,30	303,78
3.257,00 3.407,36	855,22	Derecha	28°-40'	300	76,75	150,36
3.966,00 4.116,36	558,64	I.	28°-40'	300	76,75	150,36
4.820,00 5.046,00	703,64	D.	43°-10'	300	115,70	226,00
6.540,00 7.011,00	1.494,00	I.	54°-00'	500	254,80	471,20
7.279,00 7.404,64	268,00	D.	24°-40'	300	65,59	125,64
7.695,00 8.150,51	290,36	I.	87°-00'	300	284,70	455,51
8.404,00 8.791,45	253,49	D.	74°-00'	300	226,00	387,45
9.164,00 9.269,17	372,55	D.	22°-40'	300	60,13	115,17

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>CURVA</i>		
				<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
9.533,00 9.975,41	253,83	I.	84°-30'	300	272,50	442,41
10.267,00 10.383,04	291,59	D.	22°-10'	300	58,77	116,04
13.958,00 14.083,64	3.574,96	I.	12°-00'	600	73,06	125,64
14.390,00 14.497,65	306,36	D.	20°-34'	300	54,43	107,65
15.998,00 16.187,00	1.500,35	I.	10°-40'	1.000	93,35	189,00
17.849,00 18.056,64	1.662,00	I.	19°-50'	600	104,90	207,64
18.542,00 18.704,28	485,36	D.	31°-00'	300	83,20	162,28
19.058,00 19.413,13	353,72	D.	67°-50'	300	201,70	355,13
20.594,00 21.107,10	1.180,87	I.	49°-00'	600	273,40	513,10
22.096,00 22.560,22	988,90	D.	44°-20'	600	244,40	464,22
23.014,00 23.299,33	453,78	I.	54°-30'	300	154,50	285,33
23.975,00 24.091,31	675,67	D.	6°-40'	1.000	58,24	116,31
24.590,00 24.835,19	498,69	I.	46°-50'	300	129,90	245,19
24.966,00 25.243,48	130,81	I.	53°-00'	300	149,50	277,48
	116,52					

ANEXOS. 3. TANGENTES Y CURVAS

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>CURVA</i>				
		<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
25.360,00 25.750,63		D.	74°-40'	300	228,80	390,63
	891,37					
26.642,00 26.939,54		D.	56°-50'	300	162,30	297,54
	276,46					
27.216,00 27.404,54		D.	31°-20'	600	168,30	198,54
	1.058,46					
28.473,00 28.627,43		D.	29°-30'	300	78,93	154,43
	1.509,57					
30.137,00 30.338,54		I.	38°-30'	300	104,80	201,54
	1.195,46					
31.534,00 31.696,28		D.	31°-00'	300	83,20	162,28
	191,72					
31.883,00 32.084,31		I.	37°-30'	300	101,80	196,31
	1.130,69					
33.115,00 33.245,88		I.	15°-30'	500	68,05	130,88
	154,12					
33.400,00 33.651,31		D.	48°-00'	300	133,60	251,31
	301,69					
33.953,00 34.299,05		I.	39°-40'	500	180,30	346,05
	328,95					
34.628,00 34.971,18		D.	39°-20'	500	178,70	343,18
	2.362,82					
37.334,00 37.794,74		I.	85°-00'	300	289,70	460,74
	1.041,26					
38.836,00 39.287,14		D.	86°-10'	300	280,60	451,14
	472,86					
39.760,00 40.023,54		I.	50°-20'	300	140,95	363,54
	689,46					
40.713,00 41.434,35		I.	41°-20'	1.000	377,20	721,35

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>CURVA</i>		
				<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
41.612,00 41.762,02	177,65	D.	30°-10'	300	80,85	150,02
45.534,00 45.625,63	3.791,78	I.	4°-15'	1.000	45,84	91,63
47.304,00 47.565,76	1.678,37	D.	15°-00'	1.000	131,702	61,76
50.607,00 50.983,45	3.041,24	D.	.21°-00'	1.000	185,30	376,45
55.816,00 55.927,96	4.832,55	I.	6°-50'	1.000	59,70	111,96
57.353,00 57.486,77	1.425,04	I.	7°-20'	1.000	64,08	133,77
58.880,00 58.906,15	1.393,23	I.	1°-30'	1.000	13,09	26,15
61.569,00 62.047,17	2.662,85	I.	45°-40'	600	252,60	478,17
63.124,00 63.417,17	1.076,83	I.	56°-00'	300	159,50	293,19
63.654,00 63.927,22	236,81	D.	26°-00'	600	130,85	273,22
65.380,00 65.644,39	1.452,78	I.	50°-30'	300	141,50	264,39
65.960,00 66.155,41	315,61	D.	18°-40'	600	98,51	195,41
66.673,00 67.788,17	517,59	D.	11°-00'	600	57,68	115,17
67.715,00 67.941,83	926,83	D.	21°-40'	600	113,90	226,83
	811,17					

ANEXOS. 3. TANGENTES Y CURVAS

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>CURVA</i>				
		<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
68.753,00 68.857,70	7.614,30	D.	10°-00'	600	52,49	104,70
76.472,00 76.594,17		D.	7°-00'	1.000	61,16	122,17
78.627,00 78.818,95	2.032,83	D.	11°-00'	1.000	96,29	191,95
79.166,00 79.938,84	347,05	I.	55°-30'	800	420,90	772,84
80.562,00 80.721,96	623,16	D.	18°-20'	500	80,68	159,96
81.967,00 82.134,52	1.245,04	I.	32°-00'	300	86,03	167,52
82.786,00 83.072,45	651,48	D.	32°-55'	500	147,60	286,45
84.004,00 84.203,20	931,55	D.	22°-50'	500	101,00	199,20
84.357,00 84.681,57	153,80	I.	31°-00'	600	166,40	324,57
85.373,00 85.594,61	691,43	D.	21°-10'	600	112,10	221,61
86.859,00 87.209,10	1.264,39	I.	40°-10'	500	182,80	350,10
87.540,00 87.749,40	330,90	D.	24°-00'	500	106,30	209,40
88.265,00 88.501,31	515,60	D.	27°-05'	500	120,30	236,31
91.013,00 91.458,30	2.511,69	I.	50°-10'	600	280,80	445,30
92.840,00 93.402,76	1.381,70	D.	107°-00'	300	405,40	562,76

<i>Estaca</i>	<i>Tangente</i>	<i>Sentido</i>	<i>Ángulo</i>	<i>CURVA</i>		
				<i>Radio</i>	<i>Tangente</i>	<i>Desarrollo</i>
94.053,00 94.620,18	650,24	I.	65°-00'	500	318,50	567,18
100.992,00 101.347,98	6.371,82	D.	34°-00'	600	179,20	355,98
104.830,00 105.487,90	3.482,02	D.	62°-50'	600	366,50	657,90
106.044,00	556,10			Estación de Curicó		

4. LISTA DE PUENTES CHICOS

a. Tipos de la Dirección General de Obras Públicas.

b. Tipo especial de hierro.

a. Puentes abiertos

<i>Estaca</i>	<i>Tipo</i>	<i>Luz</i>	<i>Altura</i>	<i>Observaciones</i>
40	C.	4	4,00	
1.600	"	"	"	
2.000	"	"	"	
2.500	E.	10	3,20	
2.960	C.	4	4,00	
3.400	"	"	"	
3.880	"	"	"	
4.660	"	"	"	
5.020	"	"	"	
5.780	"	"	"	
5.900	"	"	"	
6.600	"	"	"	
7.140	"	"	"	
8.300	"	"	"	
8.720	"	"	"	
9.360	"	2	"	
10.040	"	"	"	
11.160	E.	10	"	
11.520	"	"	4,60	
12.120	"	"	2,40	
12.760	E. y F.	20	2,2	Mixto. Viga E y machón F. Dos tramos
14.360	C.	4	1,6	
15.800	E.	10	5,20	
18.200	D.	6	3,00	
18.880	C.	2	1,20	
19.760	"	"	1,00	

<i>Estaca</i>	<i>Tipo</i>	<i>Luz</i>	<i>Altura</i>	<i>Observaciones</i>
20.780	E.	10	2,00	
22.600	C.	4	2,00	
23.260	D. y F.	15	1,20	Mixto.Viga D y machón F. Dos tramos
24.280	E.	10	1,20	
24.740	C.	4	1,00	
25.000	"	3	4,00	
27.320	"	4	3,00	
29.040	E. y F.	30	6,00	Mixto.Viga E y machón F. Tres tramos
32.760	"	20	5,40	Mixto.Viga E y machón F. Dos tramos
33.040	E.	10	6,00	
33.500	C.	4	3,60	
34.820	E. y F.	20	2,00	Mixto.Viga E y machón F. Dos tramos
34.960	"	40	2,60	Mixto.Viga E y machón F. Cuatro tramos
42.870	"	20	8,00	Mixto. Viga E y machón F. Dos tramos
45.840	C.	2	1,00	
46.040	"	4	3,40	
50.820	"	4	2,40	
51.320	"	"	4,00	
51.800	E.	10	9,60	
52.440	"	"	9,60	
57.960	"	"	5,40	
58.840	C.	4	1,20	
61.000	E.	10	2,40	
61.180	C.	4	1,60	
62.520	"	2	2,60	
63.080	"	4	2,00	
63.760	"	4	1,40	
64.240	"	2	1,00	
67.400	"	4	2,60	
69.440	"	"	2,40	
69.800	"	"	3,60	
70.110	E. y F.	20	8,00	Mixto.Viga E y machón F. Dos tramos
72.990	C.	4	2,80	
73.020	D.	6	2,60	
74.680	E.	10	1,60	
83.920	C.	4	3,00	
84.444	"	"	2,00	
86.000	"	"	1,40	
88.200	E. y F.	20	4,80	
91.920	E.	10	6,00	
102.280	"	"	1,40	
102.760	"	"	1,60	
105.380	"	"	4,00	Pasaje inferior del camino público de Curicó a la costa

ANEXOS. 4. LISTA DE PUENTES CHICOS

A. Puentes abovedados

<i>Estaca</i>	<i>Tipo</i>	<i>Luz</i>	<i>Altura del terraplén sobre la bóveda</i>
31.000	B	2	6
32.280	"	2	13
34.040	"	2	7
37.020	"	4	15
44.990	"	4	11
48.320	"	2	9
49.080	"	2	8
49.360	"	2	12
49.880	"	2	7
54.120	"	2	10
54.140	"	2	8
64.840	"	2	7
65.720	"	2	6
66.440	"	2	5
68.000	"	2	13
69.000	"	2	5
71.280	"	2	6
78.600	"	2	2
79.500	"	2	3
80.300	"	2	5
81.020	"	2	7
82.360	"	2	5
84.680	"	2	5
85.300	"	2	7
87.020	"	2	5
87.240	"	2	6
91.080	"	2	7

B. Tipo especial de hierro

Estaca	41.180	Luz 20	Altura	13
Estaca	47.620	Luz 20	Altura	12
Estaca	93.380	Luz 20	Altura	5

ÍNDICE

Presentación	v
Un puerto militar en Llico <i>por Rafael Sagredo Baeza</i>	ix
PROYECTOS DE UN CANAL ENTRE EL LAGO DE VICHUQUÉN Y EL MAR Y UN FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO	
I. Ferrocarril de Curicó a Llico	5
II. El lago de Vichuquén	9
III. Canal de navegación entre el lago y el mar	11
IV. La rada de Llico	15
V. Antepuerto	23
VI. Estimación de las unidades. Valor de los trabajos	33
VII. Dique de carena	35
VIII. Ramal de ferrocarril a la cantera	37
IX. Obras accesorias	39
ESTUDIO DEL SEÑOR RAFAEL POTTIER ACERCA DEL PROYECTO DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL EN EL LAGO DE VICHUQUÉN	
Rapport présenté au directeur général des travaux publics par l'ingénieur M. Raphael Pottier sur le projet d'un port dans le lac de Vichuquén	57
Informe presentado al director general de obras públicas por el ingeniero señor Rafael Pottier relativo al proyecto de un puerto en el lago de Vichuquén	65
ESTUDIO DEL SEÑOR GUSTAVO PROWE REFERENTE AL ESTABLECIMIENTO DE UN PUERTO DE GUERRA Y COMERCIO EN EL LAGO DE VICHUQUÉN	
Informe del inspector real prusiano de construcciones hidráulicas, Gustavo Prowe, sobre el proyecto del ingeniero civil, señor Ramón Nieto, acerca del establecimiento de un puerto comercial y de guerra en Llico	81
ANEXOS DE J. RAMÓN NIETO RELATIVO AL PROYECTO DE UN PUERTO DE GUERRA Y COMERCIAL EN EL LAGO DE VICHUQUÉN	
Anexo N° 1. Sondajes hidrográficos de la rada Llico. Trabajos ejecutados por la corbeta <i>O'Higgins</i> en la rada de Llico	109
Anexo N° 2. Descripción geológica de la zona del canal	117
Anexo N° 3. Sondajes hidrográficos de la laguna referidos al nivel medio del océano	149
Anexo N° 4. Mareas	163
Anexo N° 5. Perfiles transversales del canal	233

INFORME DE LA COMISIÓN DE MARINA ACERCA DE CIERTAS MODIFICACIONES QUE SE DEBEN INTRODUCIR EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN ANTEPUERTO EN LLICO Y SU COMUNICACIÓN CON EL LAGO DE VICHUQUÉN	269
NOTA DEL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS, DIRIGIDA AL CONSEJO DE DICHA DIRECCIÓN, EN LA QUE MANIFIESTA LA CONVENIENCIA DE TOMAR EN CUENTA CIERTOS PUNTOS NO EXPRESADOS EN EL ESTUDIO DEL SEÑOR NIETO, RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO DE UN PUERTO DE GUERRA Y DE COMERCIO EN VICHUQUÉN	271
NOTA DEL DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS EN LA QUE, DE UNA MANERA GENERAL, ANALIZA LOS DIVERSOS ESTUDIOS PRESENTADOS E INDICA EL COSTO TOTAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL EN VICHUQUÉN	279
INFORME DEL JEFE DE LA SECCIÓN DE HIDRÁULICA EN EL QUE DA CUENTA DE CIERTOS SONDAJES EFECTUADOS EN EL PUERTO DE LLICO	289
INFORME RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO DE UN PUERTO MILITAR Y COMERCIAL EN EL LAGO DE VICHUQUÉN POR C.J. DE CORDEMOY	
Rapport sur l'établissement d'un port de guerre et de commerce dans le lac de Vichuquén, par l'ingénieur mr. C.J. de Cordemoy	299
Informe relativo al establecimiento de un puerto militar y comercial en el lago de Vichuquén por el ingeniero señor C.J. de Cordemoy	317
PROYECTO DEFINITIVO DEL FERROCARRIL DE CURICÓ A LLICO	
Ferrocarril de Curicó a Llico. Preliminares	345
Primera parte. Descripción del proyecto	351
Segunda parte	361
Tercera parte. Datos estadísticos	369
Cuarta parte. Conclusión	373
ANEXOS	
1. Niveles. Pendientes. Rampas. Estaciones	383
2. Puntos de referencias	385
3. Tangentes y curvas	389
4. Lista de puentes chicos	395



La construcción de una base naval segura fue una aspiración que las experiencias de la Guerra del Pacífico y el escenario internacional creado por el conflicto habían alentado en la década de 1880. En este contexto, surgió la iniciativa de construir en la costa de Curicó un gran puerto militar y comercial.

En agosto de 1887 el gobierno ordenó estudiar la posibilidad de construir un antepuerto en Llico y un canal que lo uniera con el lago Vichuquén. Para la realización del proyecto se comisionó a un ingeniero del Ministerio de Industria y Obras Públicas. Un año después el ingeniero civil Ramón Nieto presentó su “Proyecto de un canal entre el lago de Vichuquén y el mar y un ferrocarril de Curicó a Llico” que, como se aprecia por su título, ampliaba el mandato gubernamental pues aludía al ferrocarril Curicó-Llico. Sería con este texto, que reproducimos en este volumen, que se desarrollaría la discusión a partir de entonces.

El proyecto de Ramón Nieto ejemplifica la forma en que en la época se tramitaban proyectos de esta naturaleza que, y más allá de la voluntad presidencial, en este caso muestran que las opiniones técnicas resultaban determinantes a la hora de decidir el destino de una obra.

