

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL PUERTO DE BARCELONA ⁽¹⁾

Reseña histórica y datos relativos á dos de sus obras más importantes.

Conferencias dadas en el Instituto de Ingenieros Civiles

POR

DON JOSÉ AYXELÁ

Ingeniero Subdirector de las obras.

Veamos, antes de terminar esta relación de los estudios formulados para la ejecución completa de esta grandiosa construcción, la última reforma emprendida, en beneficio de la solidez y fácil ejecución del morro ó extremidad de la misma.

Al finalizar la campaña de verano del año 1913, se habían precisamente colocado y rellenado en obra todos los bloques que constituían la prolongación del dique propiamente dicho, aprovechándose los meses de otoño para emplazar en el espigón los cuatro que quedaban fabricados. A principios del año siguiente se dispusieron los medios para ejecutar en vasta escala, durante los primeros meses, los hormigones de la plataforma en la zona en que el estado del mar lo permitía, los de los macizos de defensa y del espaldón, y el número mayor posible de grandes cajones; preparando luego todos los elementos para emprender en el verano del propio año 1914 con gran actividad el basamento concertado del morro del dique, en el supuesto lógico de que la escollera de la masa inferior habría hecho su completo asiento.

Pero al efectuar un detenido estudio de la composición de esta parte final de la obra, tal como había sido proyectada, y no siendo conveniente dejar el basamento sin terminar en los meses de invierno, so pena de que se produjesen costosas averías con los temporales, pronto nos dimos cuenta de las dificultades que entrañaba el problema de construir tanta obra en plazo tan limitado, y de la circunstancia de que, aunque llegáramos á realizar los trabajos, no quedaría la construcción en las mejores condiciones de resistencia por la poca trabazón que tendrían los monolitos del contorno y la diversidad de fábricas en su interior. Además, en conjunto, resultaba la obra muy gran-

de, desproporcionada en relación con el resto del rompeolas por su tamaño y por su cubo, y no muy bien enlazada con el cuerpo de aquél. Se imponía, pues, una reforma en el morro aprobado, lo que llevamos á cabo sin perder tiempo, presentando en Febrero de dicho año 1914 un estudio completo y muy sencillo (hoja núm. 15) con una sólida base formada con diez monolitos apoyada sobre el basamento de piedra y defendida exteriormente por una restringa de bloques arrojados que á su vez descansaban sobre una capa de escollera gruesa que revestía la de mampuestos; encima de aquel basamento se proyectaba un gran macizo de hormigón coronado á la cota de 4 metros sobre el mar, cuyo macizo sirve de base al torreón y éste á la casa de torreros y torre metálica de la luz de cuarto orden, tal como se había previsto en el estudio anterior. La práctica ha venido á confirmar nuestros propósitos, pues á pesar de las malas condiciones de tranquilidad y calma con que transcurrieron los meses de verano de 1914, en que apenas hubo dos días seguidos de mar completamente llana, logramos colocar en obra los diez grandes monolitos, formando, con bastante regularidad, un basamento de planta cuadrada de 38,50 metros de lado, sobresaliendo 1,25 metros por encima del agua tal como se supone en el estudio presentado; resultando la susodicha reforma una notable mejora, no sólo desde los puntos de vista de la solidez y fácil ejecución, sino también del de la economía, ya que, con el nuevo estudio del morro, se obtiene la importante rebaja, en el presupuesto total de contrata aprobado, de pesetas 676.717,16, reduciéndose, por tanto, á 21.726.300,60 pesetas.

Ínútíl es decir que la Superioridad, vistas las justificadas razones que se aducían, sancionó cumplidamente la citada reforma.

En el estado que en la actualidad se encuentra la obra, en el que sólo falta construir los macizos de hormigón superiores de los dos morros y verter parte de los bloques y escollera de defensa de los mismos, acabar la parte alta del espaldón del dique y reponer algunos bloques y cantos de escollera del cordon, y por último, ejecutar las obras de detalle y refino; bien puede afirmarse que, de no surgir contratiempo alguno difícil de prever, se concluirá con arreglo á los últimos estudios formulados y sobre la base del presupuesto que acabamos de indicar. Se podrá retrasar su terminación unos meses más ó menos según el cubo de fábricas que pueda ejecutarse, pero no es fácil que se presenten nuevos problemas que resolver en los trabajos que faltan, por ser idénticos á los realizados.

(1). Véase el núm. 2033.

Aun á trueque de hacerme pesado, abusando de vuestra benévola atención y traspasando quizás los límites de vuestra condescendencia, he querido haceros esta relación, bastante sucinta por cierto, de los diversos estudios que han sido precisos para llevar á feliz término esta importantísima obra de la prolongación del rompeolas de Levante, antes de daros cuenta de los medios empleados en su ejecución; he consignado, de paso, los distintos presupuestos, de cuyo análisis se deduce que, de los 13 y medio millones de pesetas que aproximadamente importaba el primer presupuesto de contrata, hemos llegado á la cifra de 21 y medio á que asciende el vigente; verdad es que el rompeolas construído tiene más de 200 metros de longitud que el primitivo y que además se le ha adicionado un espigón normal de 175 metros de extensión lineal, pero de todos modos, si no en los 8 millones de diferencia entre ambas cantidades, por lo menos puede apreciarse en su mitad, ó sea, en cuatro los que hubiera aumentado indudablemente el primer presupuesto aprobado para la obra.

Os patentizo así, claramente, esta circunstancia, y en cambio os diré que este aumento nada tiene de particular, al contrario, cuando termine la obra podremos afirmar que ha sido en realidad reducido.

No debéis ignorar que las obras de los puertos requieren para llevarlas á cabo bastante tiempo y mucho dinero, y entre ellas las más caras y de más difícil ejecución, además de los diques secos, son los rompeolas. Los hay de muy diversos tipos y sistemas, pero todas las teorías que sobre ellos existen no tienen base segura. Sólo el estudio de los hechos, la observación, la práctica de las construcciones, el conocimiento de la localidad y el acierto en la buena combinación de todos los elementos, son las más firmes bases en que principalmente descansa toda buena solución. No puede representarse con exactitud ni conocerse con rigor matemático la dirección é intensidad de las corrientes, ni es posible prefijar el ímpetu de las olas, ni hasta dónde pueden llegar sus efectos, sólo entre límites más ó menos extensos pueden apreciarse estas circunstancias; así, pues, es muy difícil fijar el límite de resistencia de los rompeolas, y por eso no es de extrañar, á mi entender, que veamos ciertas averías ocurridas en los diques, destruyéndose grandes y resistentes construcciones al ímpetu del oleaje, y como nadie se encuentra en el caso de asegurar hasta dónde puede llegar la intensidad y duración de tan destructores esfuerzos, no se está en lo cierto cuando se ve un fracaso en la ejecución de tales obras, procediendo generalmente estas opiniones de personas que aun cuando muy respetables y peritas en otros ramos del saber, no reúnen por lo general todos aquellos conocimientos indispensables para apreciar bien el problema en todas sus fases ni para someterle á una provechosa discusión.

Más os diré, en uno de los Congresos internacionales de Navegación celebrado durante este siglo, el ponente encargado del tema relativo á la ejecución de los rompeolas llegó á la conclusión de que en los proyectos de estas construcciones se tuvieran sobre todo en cuenta los hechos experimentales y los resultados obtenidos en obras análogas, acordándose así, sin perjuicio de que en cada caso particular se aplicaran prudencialmente los principios fundamentales del cálculo que siempre conducirían á preciosas indicaciones para facilitar la resistencia y economía de la construcción.

El Ingeniero que ha de proyectar un rompeolas y estudia el problema bajo todos sus aspectos puede llegar á conocer los límites entre los cuales han de oscilar las dimensiones de los elementos componentes de la construcción, según el sistema

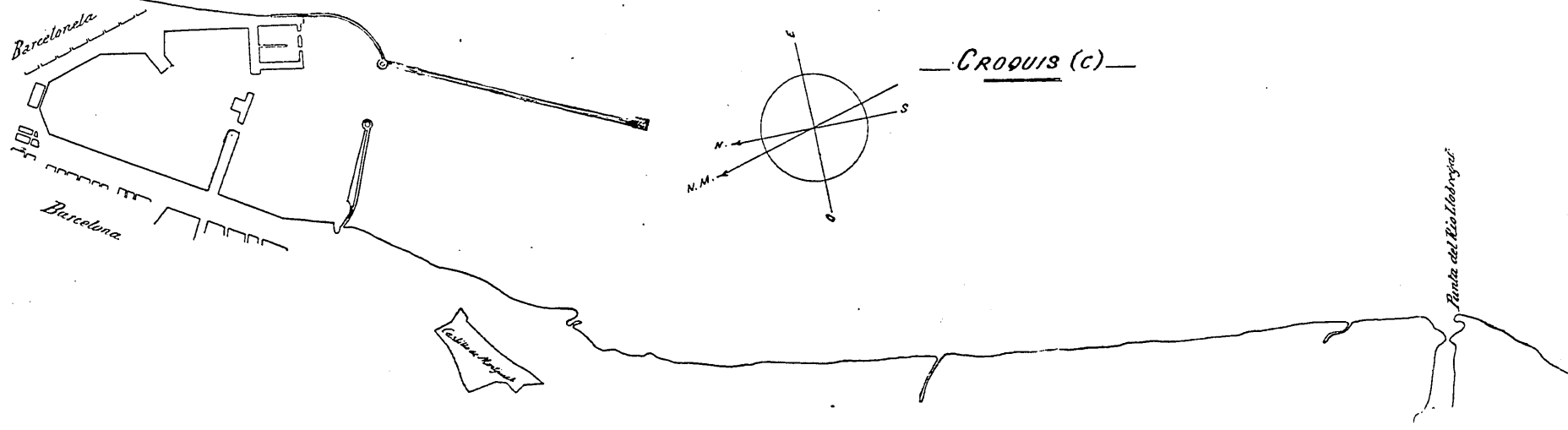
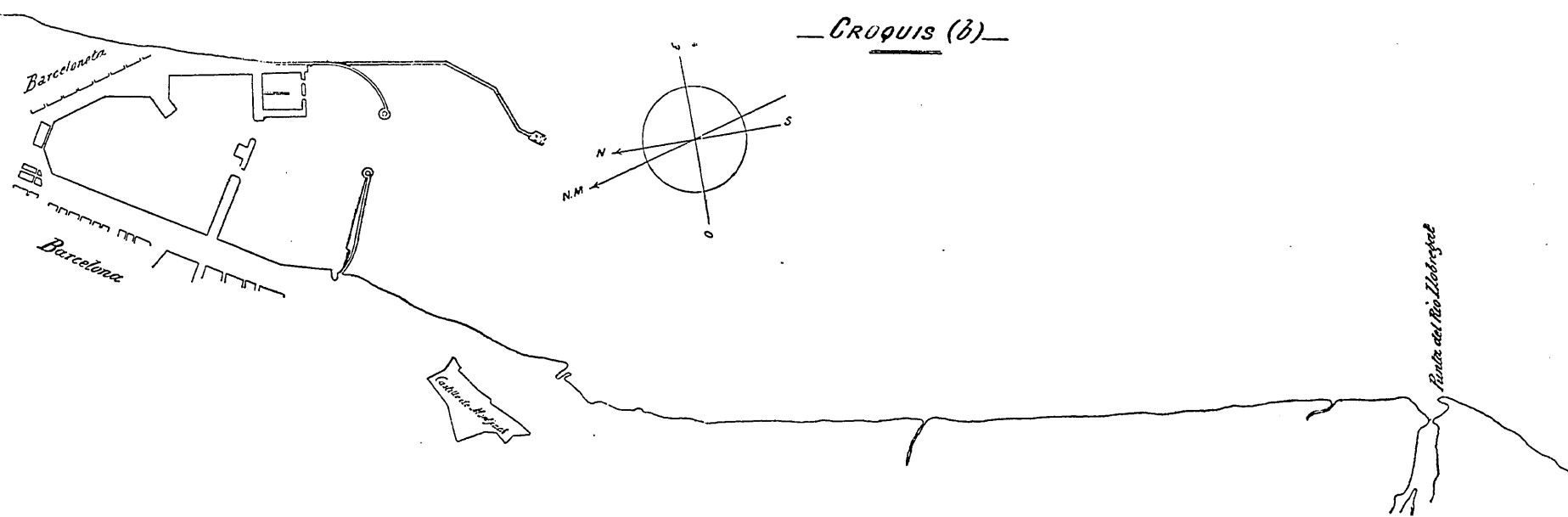
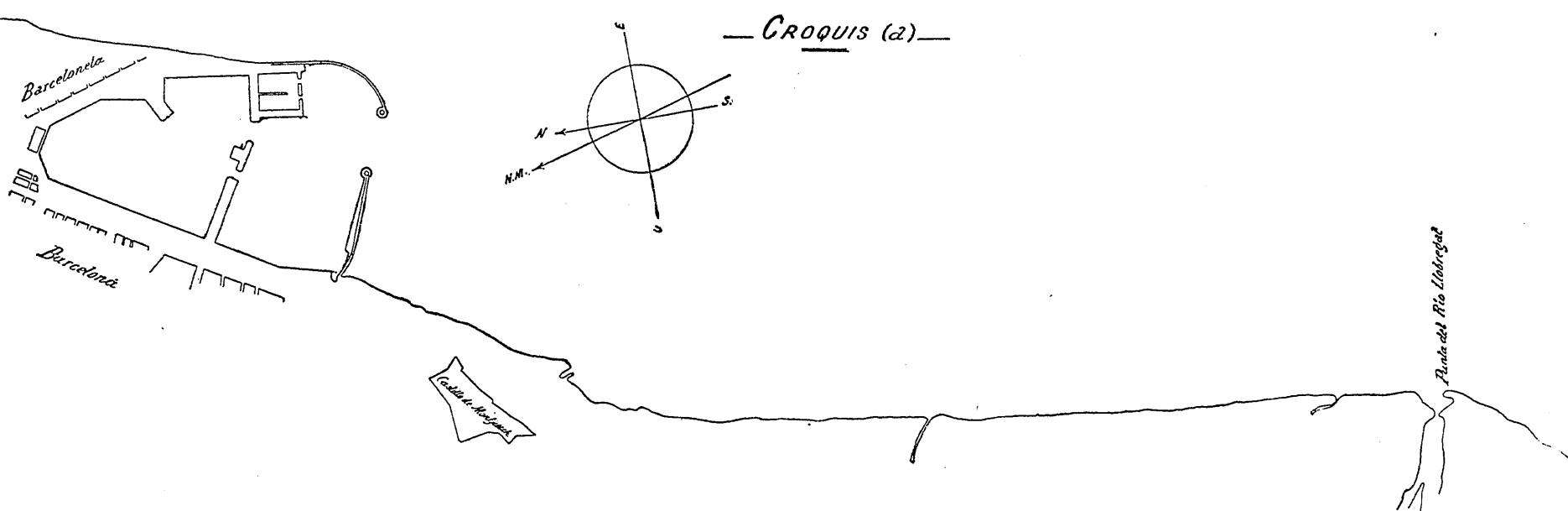
que adopte; indudablemente cuanto mayores fueran aquellas dimensiones, mayores garantías ofrecería la obra para el porvenir; pero ¿sería racional realizar un gasto de tanta consideración para estar á cubierto de una eventualidad desconocida y tal vez remota? Ni el carácter ni las exigencias de la época consienten otra cosa que el utilizar los recursos de modo que se obtengan las más prontas y mayores ventajas; al Ingeniero su tranquilidad y su egoísmo podrían aconsejarle construir la obra con sobra de resistencia para todos los casos imaginables; pero al país ó al interés público conviene otra cosa, y el facultativo que no sacrifique lo primero á lo segundo y no armonice su saber con la conveniencia pública y la economía con la resistencia, no cumpliría su verdadera misión.

En resumen: sería ilógico hacer el estudio con el máximo de resistencia, aparte de que en muchos casos resultaría un presupuesto elevadísimo que no sería admisible; por esto generalmente se formula un proyecto racional fundado sobre hechos conocidos, y luego al ejecutar la obra hay que ir legalizando las variaciones que se experimentan, porque el mar con sus corrientes y marejadas ya se cuida de refinar los elementos y darles más estabilidad.

Con seguridad que si en el primer estudio que se hiciera se proyectara la obra tal como luego en la práctica resulta, se pondrían muchos reparos, singularmente por lo elevado del presupuesto; sin embargo, no creo que exista rompeolas alguno de cierta importancia, tanto en los puertos extranjeros como en los de nuestro país, en el que al acabar los trabajos no sea su importe mucho mayor que el que figuraba en el estudio que primeramente se aprobó; aceptándose generalmente sin dificultad por los Centros consultivos y superiores todas las modificaciones que motiven aumentos de presupuesto, siempre que sean debidamente justificados; de ahí el por qué, repito, en esta clase de obras se adopta por lo general la sana costumbre de redactar el proyecto con un presupuesto racional, basado en que tengan la resistencia para soportar los temporales ordinarios probables y conocidos, importe que luego se va ampliando á medida que las circunstancias ó las exigencias del mar y sus efectos lo demandan.

Medios empleados en la ejecución del rompeolas.

PUERTO DE GARRAF.—Esta fué la primera obra que tuvo necesidad de realizar el contratista al emprender los trabajos para la ejecución del rompeolas de Levante del puerto de Barcelona, una vez hubo resuelto el problema de elección de la cantera que le había de suministrar la enorme cantidad de materiales pétreos necesarios para el desarrollo de los trabajos. Ya hemos indicado en líneas anteriores que, después de un detenido estudio de las explotaciones existentes en las masas rocosas de la montaña de Montjuich y otras de las proximidades de la ciudad, se decidió, aprovechando los estudios realizados por la Dirección de las obras acerca de la formación caliza de las costas de Garraf, y previo un serio examen de las estribaciones más cercanas, por abrir una cantera en el cerro llamado de la «Falconera», el cual, estando constituido por una de las calizas más limpias y compactas de aquella formación, reunía la especial circunstancia de que junto al mismo existía una pequeña ensenada, que aunque bastante desabrigada, poseía mejores condiciones que el resto de aquella zona de la costa para el emplazamiento de un puerto destinado al embarque de los materiales; ya que, por la propia naturaleza del rompeolas que debía ejecutar, le obligaba á aquella operación para el vertimiento en



CROQUIS DE LOS PLANOS DEL PUERTO

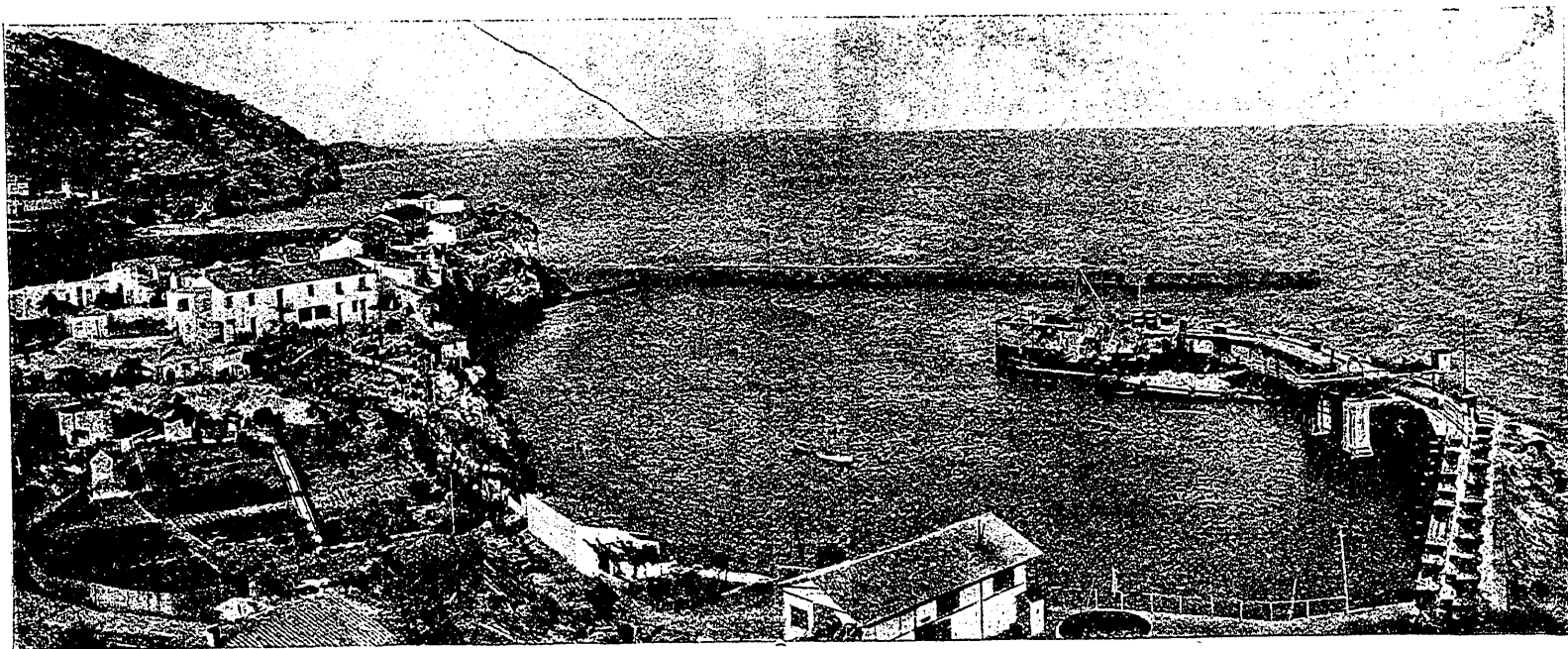
mar libre de las grandes masas de escollera que debían servir de basamento; determinando esta circunstancia la exclusión de los transportes terrestres, á pesar de que dicho cerro era atravesado por el ferrocarril de la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante.

Resuelto, pues, á construir el puerto, había que darle las necesarias condiciones de abrigo, y las dimensiones convenientes para fondear los remolcadores, barcasas y vapores gánguiles destinados al transporte, y poder embarcar los materiales con toda regularidad; consiguiéndolo de un modo bastante perfecto, después de muchas dificultades, por haber tenido que realizar los trabajos en los últimos meses del año 1901 y primeros del siguiente, en un lugar donde el mar bate con muchísima fuerza.

Dicho puerto (véase hoja núm. 16) está constituido simplemente por dos diques de abrigo que arrancan de los escarpes de la roca, donde ya había una sonda media de 2 metros; el del Oeste, que es un dique muelle formado por tres alineaciones con

ta un corto espigón que confronta con la cabeza de la aleta del otro dique, formando la verdadera boca de entrada al puerto, con una amplitud de 55 metros, suficiente para los remolcadores y demás embarcaciones que realizan allí sus operaciones.

La construcción del dique-muelle del Oeste se hizo por medio de encofrados, rellenos de escollera y hormigón hasta la altura de 2 metros y medio sobre el mar, sistema rápido y económico en aquellos parajes, donde junto á las obras había bosques de pino que permitían obtener rollizos á bajo precio, piedra y arena en abundancia, y á muy pocos kilómetros una fábrica de cemento de excelente calidad. Además por este sistema se podía lograr que tuviese paramentos verticales por el interior del puerto, y, por tanto, que fuese utilizable para muelle de atraque, completando luego este macizo con una palizada de madera, cuyo tablero superior estaba á 5 metros sobre el agua, al objeto de ganar la altura necesaria para que las escolleras y piedra machacada pudieran cargarse, mediante tolvas, en las embarcaciones. Para evitar las socavaciones que



VISTA GENERAL DEL PUERTO DE GARRAF Y DEL CASERÍO PARA LOS OBREROS

sus curvas de enlace, siendo la primera normal á la costa, y de 80 metros de longitud, necesaria para llegar á un calado de 2 metros; la segunda, formando un ángulo obtuso con la anterior, tiene 50 metros de desarrollo, y está destinada á la carga de embarcaciones, y la tercera, con igual destino, va convergiendo un poco hacia la costa para proporcionar relativo abrigo, y posee 30 metros de longitud, teniendo en su extremo la misma cota de 4 metros. Normalmente á esta última alineación se construyó el morro en forma de aleta, con una longitud de 20 metros, para cortar el paso del oleaje y las resacas, que corriendo á lo largo de todo el dique puedan entrar en el interior del puerto.

El dique del Este es un verdadero rompeolas de un sola alineación, dirigida en el sentido NE.-SO., teniendo por exclusivo objeto proporcionar al puerto el abrigo necesario. Arranca también de la costa y su longitud es de 180 metros, que se consideraron necesarios para cubrir al otro dique de las marejadas de Levante, quedando abierta la boca sólo para los vientos Sur y SO., que son los menos fuertes en aquellas costas. A este pequeño rompeolas se le dió una ligera curvatura hacia el mar en su extremidad, con el fin de desviar las rompientes de la boca de entrada, adicionándole también á unos 40 metros de la pun-

hubieran podido vaciar y destruir los encofrados se terminaba la obra con un fuerte cordón exterior de escollera gruesa, que además defendía eficazmente la parte concertada, cuyas proporciones se habían reducido, por tratarse de una construcción auxiliar, á las estrictamente precisas para su seguridad.

El conjunto de la palizada, encofrados, defensa de escollera y el playazo que se ha ido formando con la detritus de la cantera, prestándose mutuo apoyo, constituyen una obra bastante sólida, hasta el punto que durante los años transcurridos desde su construcción no ha ocurrido avería alguna de importancia; sólo las hubo en el periodo de la ejecución porque la premura que suponía el plazo para empezar las obras de la prolongación del rompeolas de Levante en el puerto de Barcelona, obligó al contratista á realizar los trabajos en los meses de otoño é invierno, que es cuando con más frecuencia tienen lugar las marejadas.

Hay que advertir que posteriormente, y por el lado del puerto, se construyó en la segunda alineación y parte de la primera, al pie de los encofrados, un muro de bloques coronado por un macizo de mampostería; y que en la tercera, donde se instalaron las tolvas de vertimiento, se cubrió la palizada con dos muros laterales de mampostería relleno el interior con

piedras y tierra para facilitar el tránsito de los materiales y el acceso del personal afecto á las maniobras.

Para el dique del lado del Este, que tenía por objeto abrigar al puerto, se adoptó una sección con las dimensiones necesarias para resistir las marejadas más violentas, formada por un núcleo ó basamento de escolleras mezcladas de distintas dimensiones, revestido por la parte expuesta al oleaje con los mayores cantos que se obtenían en la cantera y con bloques de mampostería de más de 7 toneladas; á la cota de medio metro sobre el agua se levantaban dos muros de mampostería longitudinales y muy resistentes, de una altura de 2 metros y con la distancia de 4 entre sus paramentos exteriores; dichos muros se reforzaban de trecho en trecho por otros transversales, rellenoando luego estas cajas con macizos de piedra pequeña coronados por una gruesa capa de hormigón. En la extremidad ó morro se dió al dique un ligero ensanche, sustituyendo los muros laterales y el relleno por un fuerte macizo de hormigón de todo el ancho y altura. Terminada la obra, no ha habido más averías que algún corrimiento de escolleras de defensa, fácilmente sustituibles.

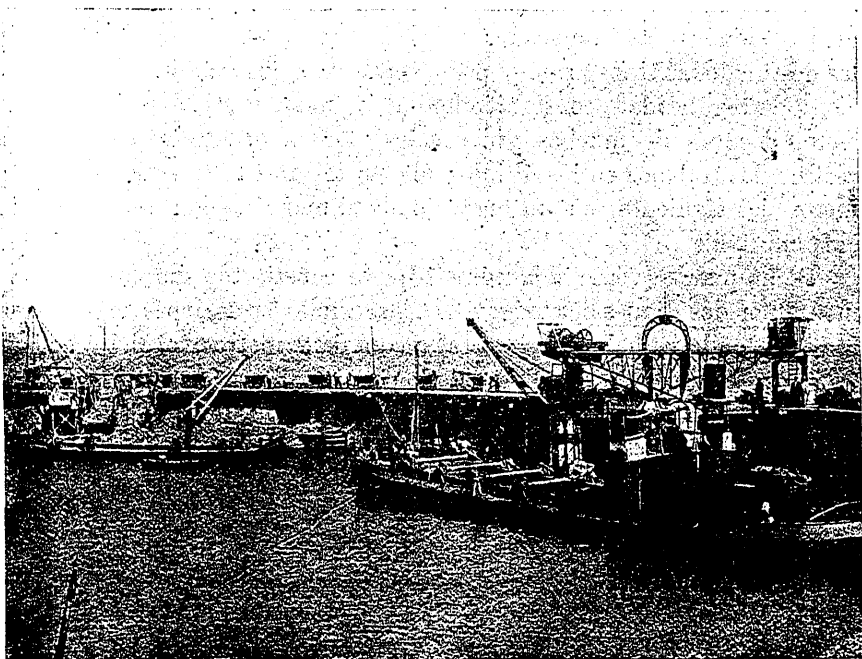
Este puerto ha funcionado desde su creación con bastante regularidad, si bien han sido precisos algunos dragados, sobre todo en la boca y debajo de los cargaderos; á raíz de consolidada la construcción de los dos diques de abrigo, sobrevino una credida extraordinaria del río Llobregat que, inundando los deltas de ambos lados, arrastró una gran cantidad de cañas, plantas y árboles, los cuales, conducidos por la corriente litoral, invadieron la costa y casi cegaron el espacio abrigado del puerto; fué un raro fenómeno que retrasó considerablemente el buen aprovechamiento del mismo, ya que por la índole especial de aquellos productos no podían arrancarse con la draga y fué preciso acudir al desbroce, empleando mucho tiempo y trabajo.

Medios de embarque.—Veamos ahora los medios y aparatos dispuestos en el dique-muelle del Oeste para el embarque de los materiales procedentes de las canteras, los cuales se clasifican en tres categorías distintas: escollera gruesa ó de revestimiento, formada por los cantos desde $\frac{1}{5}$ de metro cúbico por arriba; escollera de

mampuestos, que es la piedra pequeña con exclusión del ripio y la piedra machacada. Cada uno de estos materiales requiere su procedimiento especial de embarque, para que las operaciones se realicen con la mayor rapidez y economía.

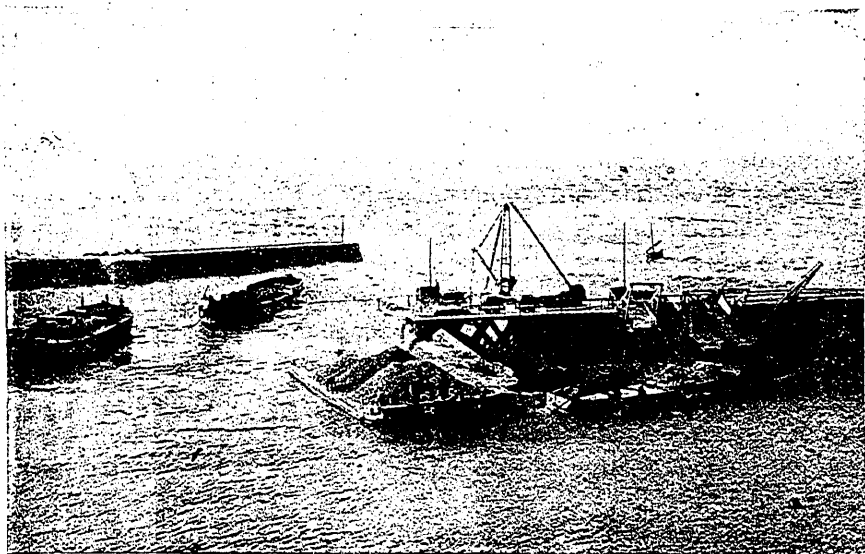
Para la escollera gruesa se han establecido dos aparatos, con los cuales se puede atender al mismo tiempo á la carga de una embarcación. El uno es una grúa de vapor de 4 toneladas de potencia y de 6 metros de alcance, instalada sobre un pilar de fábrica, y el otro es un puente-grúa eléctrico apoyado en un montante del muelle y en otra pila aislada. Con ambos medios se tardan cuatro horas en cargar una gabarra de 300 toneladas, y como están emplazados en la segunda alineación del muelle, las embarcaciones afectas al transporte de aquel material dejan espacio libre para que simultáneamente atraquen otras en la tercera alineación donde se hallan las tolvas para las escolleras de mampuestos. Dichas tolvas están dispuestas de modo que al volcar la vagoneta llegue su borde á coincidir con el de aquéllas y forme el conjunto un solo plano inclinado por donde desliza la piedra hasta caer en

las embarcaciones; con el fin de regularizar la altura de caída, las tolvas se componen de dos partes, una fija y otra móvil, que puede girar alrededor de un eje horizontal, efectuando la maniobra con gran facilidad por medio de unos contrapesos; existen tres de estos vertederos, pero por lo general no funcionan más que dos, con los cuales se carga una embarcación



INSTALACIÓN DE GRÚAS Y TOLVAS PARA LA CARGA Y EMBARQUE DE LOS MATERIALES

de 250 toneladas en poco más de una hora. Pueden utilizarse también para la piedra machacada, si bien con objeto de llenar las cajas para la fabricación de los hormigones, al propio tiempo que se efectuaba la carga se construyó otra tolva, emplazándola en el extremo del dique, volada unos 7 metros de la línea de atraque sobre fuertes largueros de madera; así el derrame de la piedra era vertical y podían llenarse perfectamente las cajas y el resto de la embarcación en una cantidad de 300 toneladas de piedra en cosa de dos horas. Esta tolva

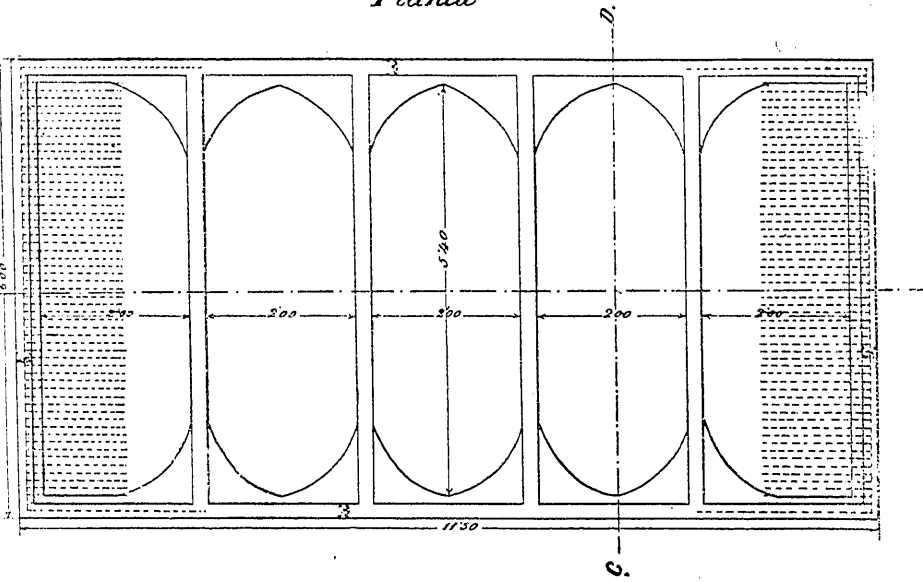


INSTALACIÓN DE GRÚAS Y TOLVAS PARA LA CARGA Y EMBARQUE DE LOS MATERIALES

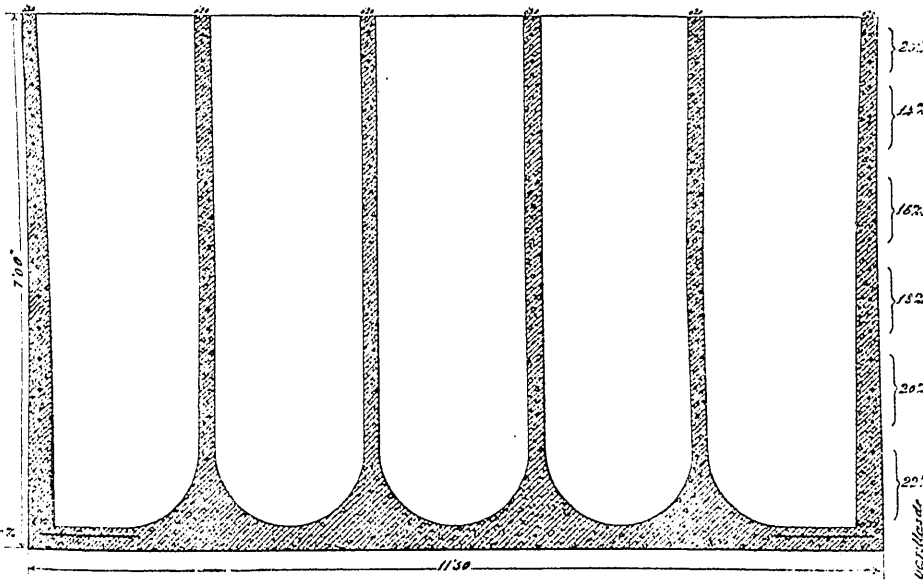
final ha prestado también excelentes servicios para la carga de escollera de mampuestos en los casos en que por efecto de los temporales se han producido aterramientos en el puerto y no podían utilizarse las otras.

CANTERAS.—La roca caliza que debía explotarse pertenece al período cretáceo, se presenta en masas informes con variados

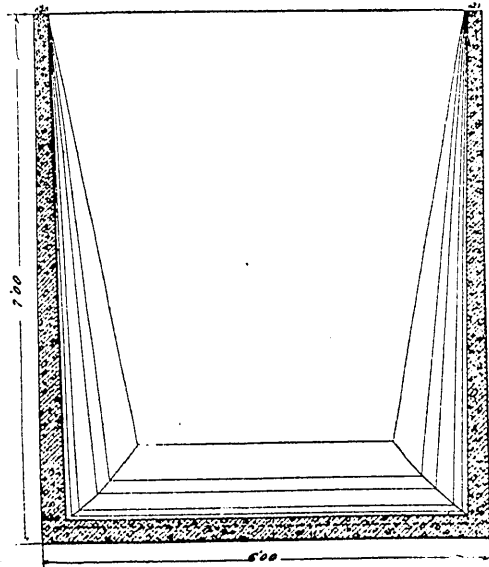
Planta



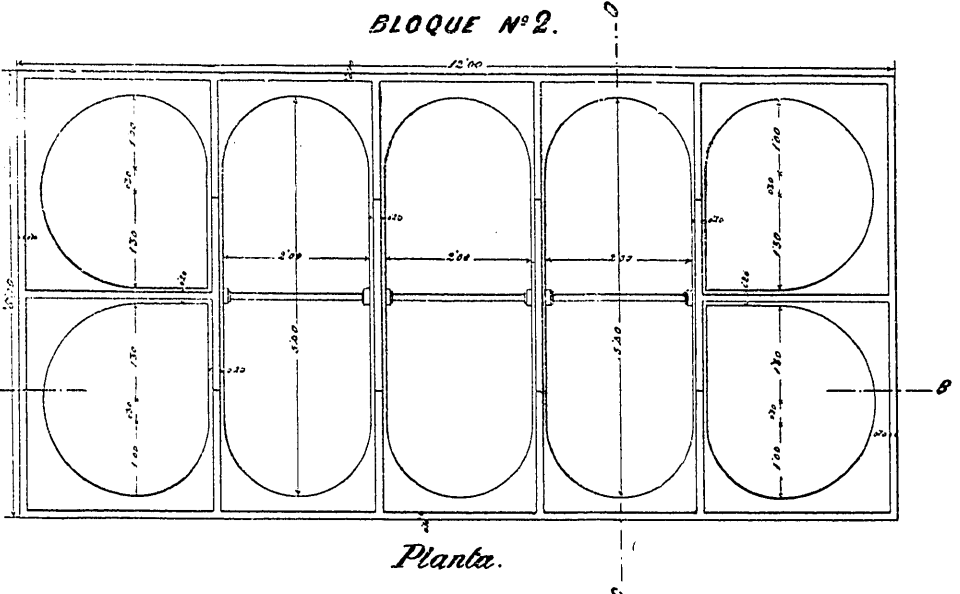
Sección A-B.



Sección C-D.

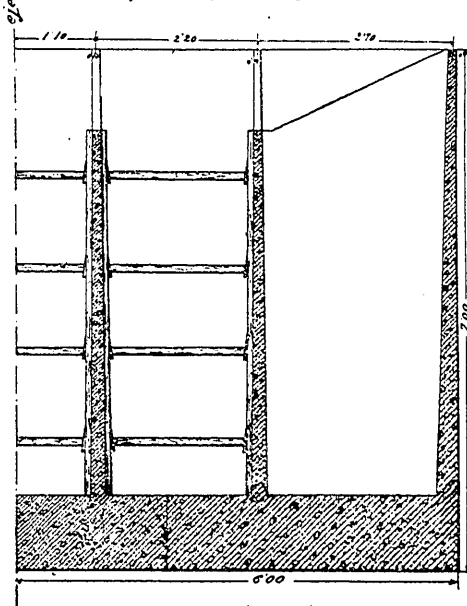


BLOQUE N° 2.

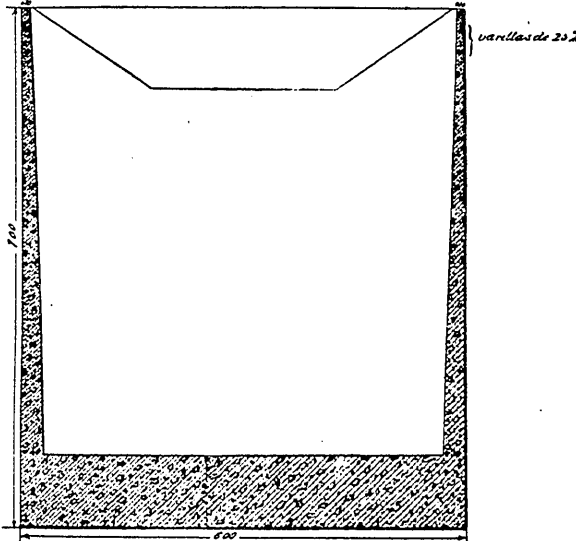


Planta.

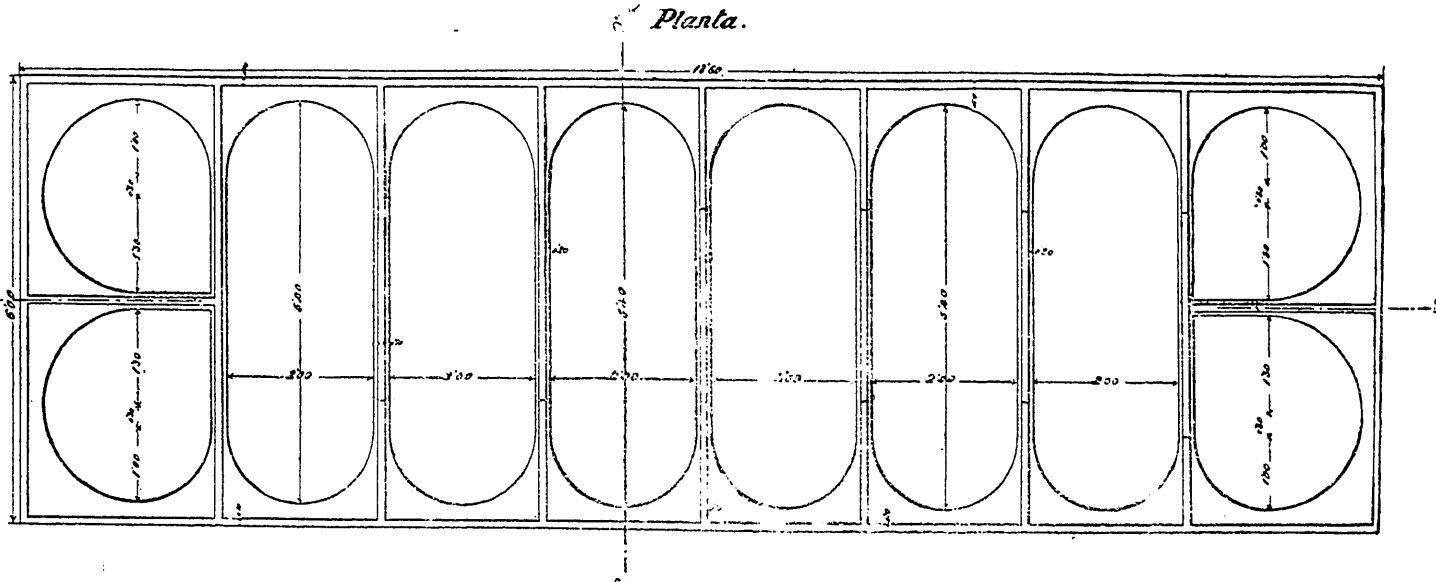
Sección A-B.



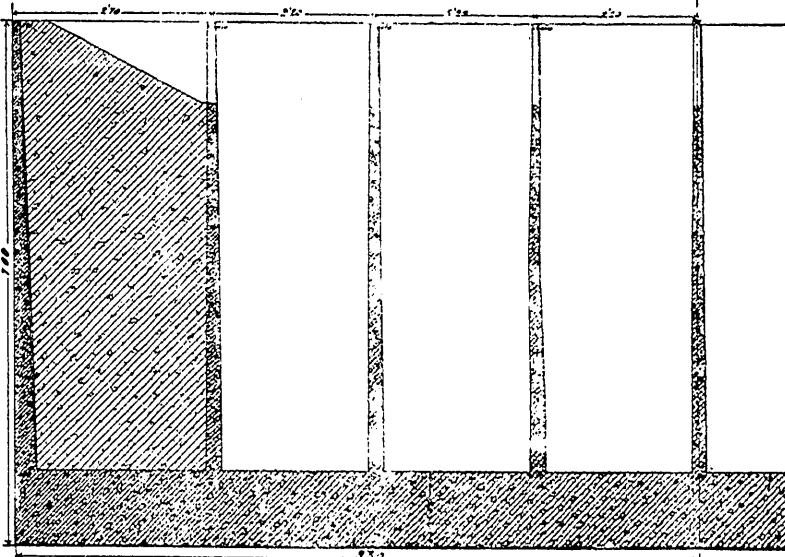
Sección C-D.



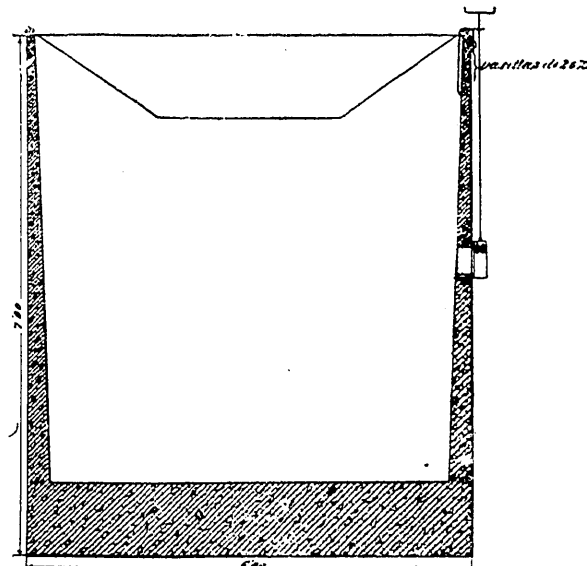
Planta.



Sección A-B.



Sección por C-D.



cruceros, abundando las oquedades características de esta formación. Podían, pues, obtenerse cantos de todas dimensiones, pero con un exceso de piedra menuda consiguiente á la estructura quebradiza de aquella roca.

Para la explotación en debidas condiciones había de tenerse en cuenta que á lo largo de aquella zona se extienden dos

todo el material necesario, de no estar cortado el macizo por la vía férrea antes citada que limitó la zona explotable. Por esta razón, algunos meses después de empezados los trabajos se dividieron las canteras en dos secciones: una, cuyo frente da al mar, y que tiene por objeto la explotación de la ladera Sur de dicho cerro, y la otra, que se contrae á la ladera casi normal á la primera en la hondonada que forma la montaña. Entre ambas explotaciones existe el túnel del ferrocarril llamado también de la Falconera, y para comunicarlas se construyó otro túnel inferior á la vía férrea y en dirección normal á la misma, de una longitud de 84 metros y una sección media de 4,20 metros de anchura por 2,20 de alto.

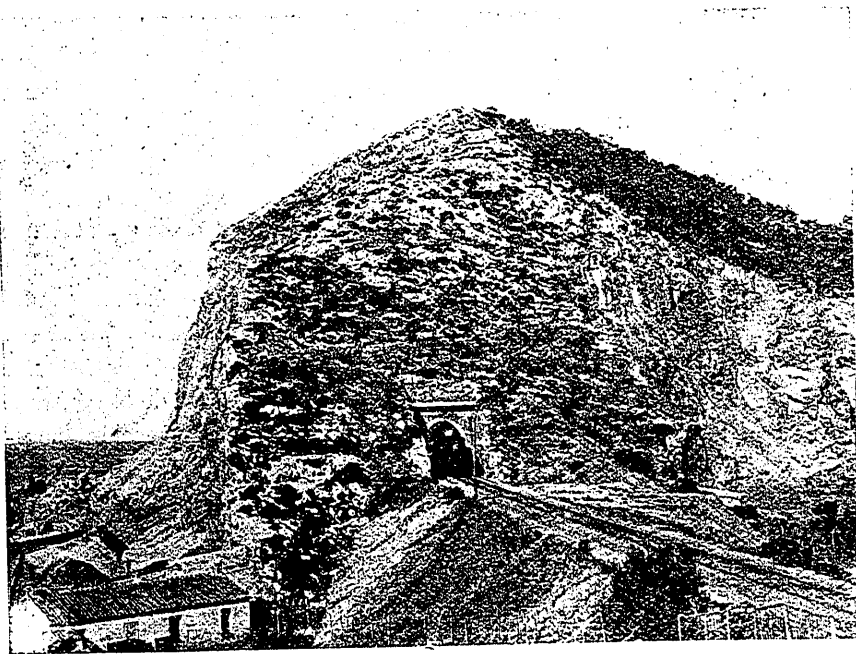
El piso general de la primera cantera se fijó á 8 metros sobre el nivel del mar con objeto de que pudiera establecerse un plano automotor para transportar con facilidad y rapidez los materiales á los puntos de embarque, cuyas alturas se fijaron en 5 metros sobre aquel nivel, teniendo en cuenta las de las bordas de las embarcaciones que debían emplearse, la separación á que habían de quedar de los embarcaderos y las dimensiones de sus mangas, ya que la total anchura había de ser dominada por las tolvas.

El cerro presentaba por este lado un escarpe muy elevado; el frente de la cantera que en los primeros años de trabajo llegó á tener 60 metros, hoy pasa de los 90 en muchos puntos, con una longitud utilizable de 200 metros.

La segunda cantera tiene mucha mayor extensión, alcanzando su frente de ataque cerca de 400 metros lineales, con una altura variable entre 30 y 70 metros. Por el túnel que pone en relación ambas canteras y que tiene una pendiente del 3 por 100, circulan las vagonetas y plataformas por medio de un plano automotor que toma los vehículos en la segunda y los deja en la primera, muy cerca de la vía de entrada del otro plano automotor afecto al servicio del muelle embarcadero.

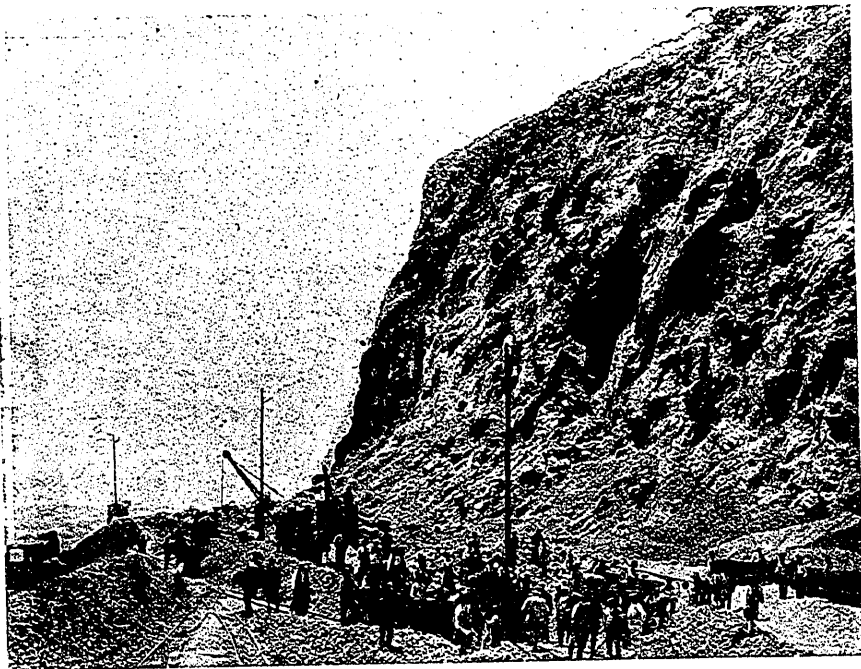
Para la explotación de dichas canteras, después de bastantes ensayos, y teniendo en cuenta la estructura quebradiza de la roca, se recurrió á los procedimientos corrientes de barrenos abiertos á brazo, de 20 á 50 milímetros de diámetro, con profundidades variables de 1 á 12 metros, habiendo empleado diversos tipos de barrenas, cuyos resultados se estudiaron detenidamente. Primero se adoptaron las llamadas de bonete, con las cuales se logra la penetración de la barra, dando á ésta un giro antes de la percusión, haciendo así taladros de 50 milímetros de diámetro y muy profundos, pero el trabajo era muy lento y penoso. Se utilizaron luego barrenas de 25 milímetros muy manejables y con ellas se llegaba á 10 y 12 metros de profundidad en poco tiempo; pero como el estrecho agujero no permitía alojar los explosivos en cantidad necesaria, era indispensable practicar una cámara en el fondo ó extremidad del orificio, lo que se conseguía por medio de explosiones sucesivas, pues por este procedimiento se logra en todos los casos obtener en dicho

fondo el depósito ó cámara de la capacidad que se desea. Preparada la cámara, se carga el barreno, ya con dinamita núm. 3, ya con pólvora de mina ó con ambas sustancias según sea la posición de aquél, la estructura de la roca y los productos que han de obtenerse. Con la experiencia de los largos años que se llevan explotando las canteras, se han depurado las cargas



CERRO DE «LA FALCONERA» Y TÚNEL DEL FERROCARRIL—CANTERA DEL LADO SUR Ó DEL MAR

importantes vías de comunicación: el ferrocarril directo de Barcelona á Madrid y la carretera llamada de Barcelona á Santa Cruz de Calafell, siendo el trazado del primero casi paralelo á la costa y á muy corta distancia, y desarrollándose el de la segunda por la ladera de toda aquella estribación, de suerte que era indispensable cruzar alguna de aquellas vías para relacio-

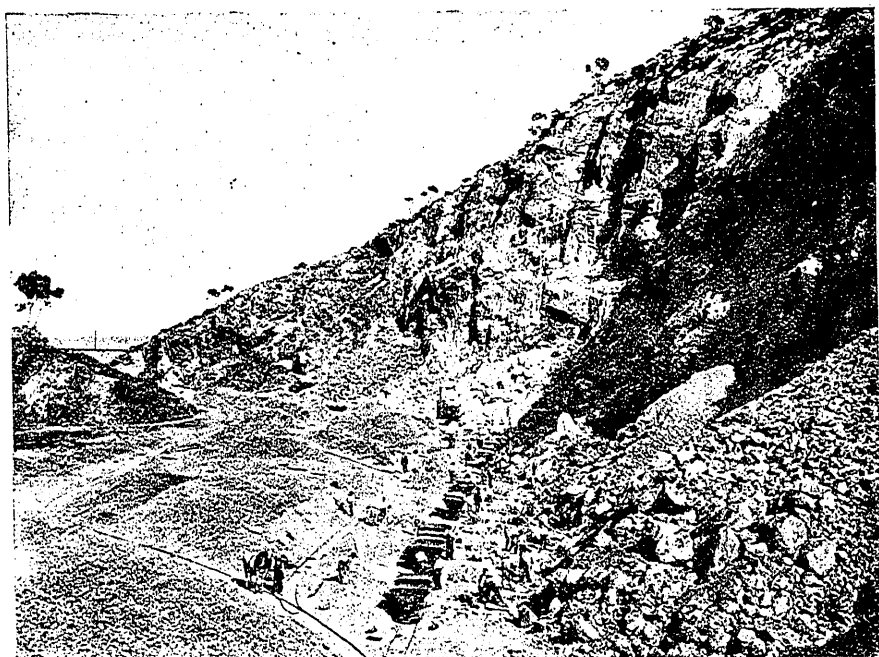


DETALLE DE LA CANTERA DEL LADO SUR Ó DEL MAR

nar la zona de canteras con el muelle-embarcadero que se construyese.

El cerro de la Falconera, que fué el elegido para abrir la cantera, constituye un enorme macizo que se eleva hasta 110 metros de altura sobre el nivel del mar, y que, sin duda, con un solo frente de gran extensión hubiera podido proporcionar

que corresponden á cada caso, y no obstante la variabilidad de aquella formación, se obtiene el material de los distintos tamaños en proporción bastante aproximada á la que exige la marcha ordenada de los trabajos del rompeolas.



VISTA GENERAL DE LA CANTERA DEL LADO NORTE

Vías y medios de transporte. El tipo de vía adoptado en las canteras para el material de transporte es el de 60 centímetros de anchura, compuesta por lo general con carriles de 10 kilogramos de peso por metro lineal, clavados con escarpas y sentados sobre medios rollizos de pino que tan abundantes son en aquellos lugares, si bien en algunos sitios especiales hay vías armadas sobre traviesas metálicas; estableciéndose, á lo menos, dos vías á lo largo de los frentes, dedicada una á la carga y otra para entrada del material vacío. Para la circulación de las grúas existe otra vía de ancho normal con carril de 32,5 kilogramos, sobre traviesas de madera, en situación paralela á las anteriores, avanzando todas ellas á medida que lo exige la explotación, para conservar la distancia que prudencialmente se ha fijado desde dichas vías al pie de los cantiles.

La carga de piedra para las fábricas de hormigón, tanto si procede, como de ordinario, de los detritus de cantera escogidos, como de la machacadora, se hace por medio de palas con púas de hierro; la de escollera de mampuestos se efectúa á mano, colocando ambos materiales en vagonetes metálicos de un metro cúbico de capacidad. La escollera gruesa se carga por medio de grúas de vapor de 4 á 5 toneladas de potencia y alcances variables entre 3 á 6 metros, existiendo tres de estos aparatos con todos los movimientos mecánicos que funcionan con buenos resultados, arrastrando primero los grandes cantos para luego suspenderlos y depositarlos sobre plataformas con bastidor de madera.

Los transportes en la zona de los frentes de cantera se realizan mediante caballerías; en el túnel y en el embarcadero se usan los planos automotores ya referidos, de modo que con el peso del material cargado descendente se establece un movimiento uniforme en las poleas de aquéllos, subiendo el material vacío y pudiendo detenerse en cualquier momento la marcha del conjunto con solo actuar sobre los frenos que poseen. Son aparatos muy sencillos y que han producido excelentes resultados.

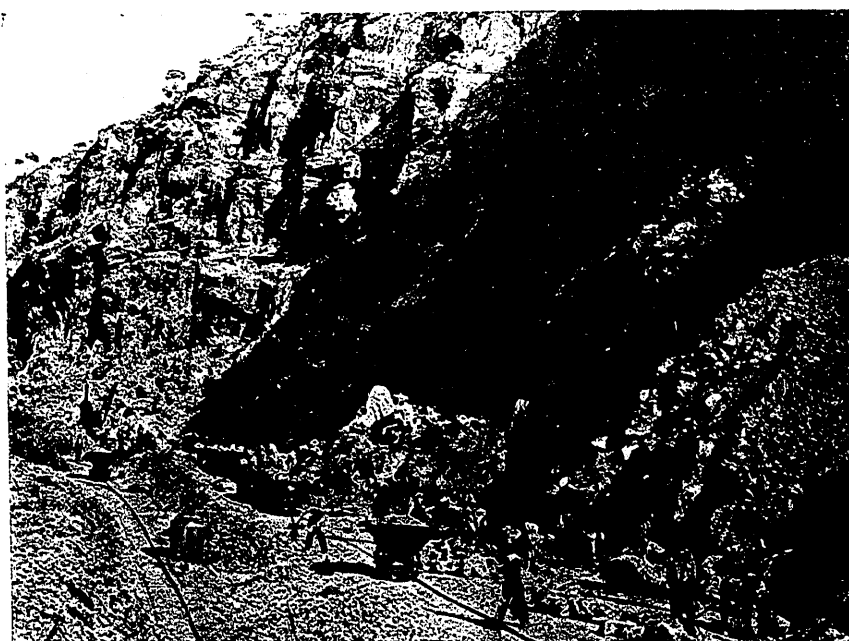
En la zona del embarcadero las pendientes de las dos vías del plano automotor son distintas, teniendo el 2 y $\frac{1}{2}$, por 100 la del cargado y el 3 y $\frac{1}{2}$ la del vacío; de este modo en la extremidad de ambas vías existe un desnivel de 60 centímetros, conveniente para que el material cargado al salir del plano automotor, que está comprendido sólo en la primera alineación del dique-muelle, pueda por sí mismo llegar á los puntos de descarga y volver luego á la estación inferior del mencionado plano. Al ser desencanchadas las vagonetes ó plataformas de la cadenas que las conduce, se clasifican debidamente, yendo á parar al punto de descarga que les corresponde según el material que transportan.

Las escolleras de mampuestos y de revestimiento ó gruesa se pesan al salir de las canteras, antes de llegar al embarcadero; con este objeto, se han instalado dos básculas automáticas registradoras, en puntos á propósito, las cuales marcan el peso en dos tickets, para que uno quede en poder del agente de la contrata y otro lo conserve el empleado de la Inspección facultativa, que juntos realizan la faena del pesado.

Tanto las operaciones inherentes á la carga en canteras, como el funcionamiento de los planos automotores y descarga en las embarcaciones, se verifica con gran sencillez y completa regularidad, á pesar del intensivo trabajo que todo ello supone y la variedad

de materiales que han de obtenerse. Ordinariamente, se embarcaban de 600 á 1.000 toneladas por día, equivalentes, aproximadamente, á 400 y 680 metros cúbicos; pero hubo días en las épocas de gran actividad en las obras que pasaron de 1.200 los metros cúbicos de material cargado en las embarcaciones y transportados á Barcelona, tanto en piedra para hormigones y mampostería como en escolleras pequeña y de grandes dimensiones.

Instalaciones auxiliares.—Para el suministro de la fuerza

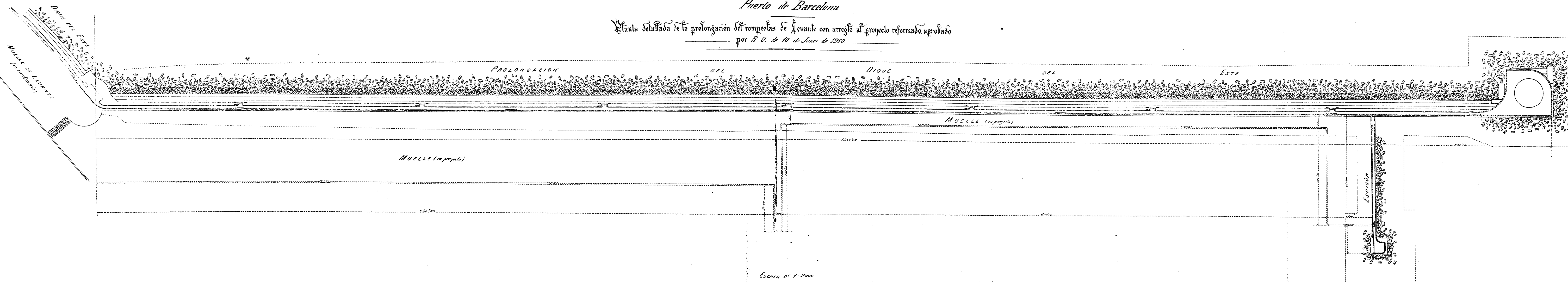


DETALLE DE LA MISMA

necesaria al funcionamiento de todos los aparatos que lo requieren y del fluido para la iluminación pública y privada de la población obrera creada para el servicio de las canteras y del puerto, se ha instalado una central eléctrica, con motor de gas pobre de 30 caballos de fuerza, provista de los elementos complementarios, actuando el motor sobre una dinamo de corrien-

Puerto de Barcelona

Planta detallada de la prolongación del rompeolas de Levante con arreglo al proyecto reformado, aprobado
por R. O. de 10 de Junio de 1910.



te continua á 120 voltios y transportando la energía por cables aéreos á los distintos aparatos.

Aunque gran cantidad de la piedra para los hormigones se obtenía de los detritus escogidos de cantera, después de limpios y cribados, se instaló, para mayor regularidad del servicio, una machacadora del tipo de mandíbulas que podía producir unos 100 metros cúbicos diarios consumiendo una fuerza de 14 caballos. La instalación de esta machacadora estaba muy bien estudiada, pues por una serie de rampas de distinta inclinación se conducía al aparato la piedra que debía partirse y luego las vagonetas mismas la recibían, sin exigir carga alguna, circulando sobre vías que estaban enlazadas con las de la cantera.

Para las pequeñas reparaciones del material se montó un taller con sus dos secciones de carpintería y herrería, que llenaba el objeto á que estaba destinado.

Como la referida población obrera llegó á tener bastante importancia, porque en muchas ocasiones el personal afecto á todos los servicios se elevaba á 500 hombres, que con sus familias vivían allí en Garraf en su mayoría por no haber caseríos próximos, se construyeron desde un principio diversas casas, barracas y viviendas; y más adelante se formaron plazas y calles alineadas según la topografía del terreno y el espacio de que se iba disponiendo.

Como no había agua potable en los alrededores, se atendía á este servicio con dos aljibes de 40 metros cúbicos, que los remolcadores afectos á los transportes de las embarcaciones llenaban en Barcelona y luego se vaciaban en Garraf, por medio de las bombas correspondientes, en otros depósitos allí establecidos.

Para el servicio sanitario se construyó también, en sitio apropiado y un poco separado del caserío, un amplio hospital de sangre dotado de una farmacia-botiquín, con personal adecuado, además del Médico que inspeccionaba los diversos ramos de la contrata.

Finalmente, para la instrucción de los hijos de los obreros se abrieron dos escuelas primarias, una para cada sexo, utilizando también los locales como Academia para enseñanza de adultos fuera de las horas de trabajo; y para la mejor y más adecuada provisión de víveres y comestibles se fundó un economato que cumplía perfectamente aquellos fines.

El conjunto de todas estas instalaciones inherentes á las canteras y puerto de Garraf revelan el esmero y atención con que han sido estudiados por los Ingenieros de la contrata, secundados eficazmente por el encargado general, los múltiples problemas que se fueron presentando en un lugar por demás abrupto y solitario.

TALLER DE BLOQUES.—El taller para la fabricación de los bloques de 80 toneladas se instaló desde un principio en el andén superior del muelle Occidental de la dársena del dique flotante, ampliándolo más adelante en el año 1905 con el de Cataluña, cuando fué preciso dar más impulso á estos trabajos para la formación de la restinga.

Los bloques habían de ser de 5 metros de longitud por 2,80 de ancho y 2,50 de alto, con un volumen total de 35 metros cúbicos (véase hoja núm. 17 de los planos).

Previo un detenido estudio del punto más adecuado para el aporte de los materiales, se emplazó la hormigonera en la zona de enlace de los dos muelles, cerca del paramento del de Cataluña, y junto á ella el depósito de las cales y cementos, almacenes, talleres y demás dependencias afectas á los servicios de la contrata.

Constituyen la instalación los mismos elementos inherentes á todo taller de bloques, á saber: mecanismos para la fabri-

cación del hormigón, vías y vagonetas para el transporte del mismo, zonas para la construcción y secadero de los sillares artificiales, vía honda, vías y aparatos de suspensión y transporte al cargadero, puente de embarque, etc., de todo lo cual y de la disposición de conjunto adoptada excuso haceros una detallada descripción, ya que tales elementos no presentan otra novedad sobre sus análogos que el tratarse de la manipulación de bloques de tanto peso y volumen, y respecto á la distribución del taller, no tiene otra particularidad que el haberse tenido que ajustar á una superficie muy limitada. No obstante, considero que pueden interesaros algunos detalles especiales que se han adoptado para el mejor servicio, y los describiré aunque sea someramente.

El aporte de los materiales componentes del hormigón se hace con suma facilidad y economía; la piedra machacada que viene de las canteras en barcazas se carga en unas cajas de volumen apropiado, que por medio de un ascensor suben á una altura de 8 metros sobre el nivel del mar, allí basculan y vierten el contenido en una tolva, de donde pasa á una banda americana que lo transporta á otra tolva inmediata á la hormigonera. El material aglomerante, sea cal ó cemento, y la arena, previamente dosificados y mezclados en seco en un depósito repartidor situado en el piso del almacén, suben por otra banda normal á la anterior á su tolva correspondiente. Una vez allí los materiales, se abren dichas tolvas y caen dentro del vaso de la hormigonera mezclados con el agua, que sale por una regadera superior y de forma circular dispuesta al efecto para que suministre la cantidad necesaria en el tiempo que dura la mezcla. Mientras se fabrica una amasada, haciendo dar á la hormigonera, que es de eje vertical, las vueltas necesarias, se mueven las bandas para subir los materiales para otra. La piedra machacada se lava perfectamente dentro de su tolva con un chorro de agua á presión antes de caer en la hormigonera.

Esta piedra ya hemos dicho que procede de Garraf, atracando las barcazas al muelle de Cataluña; la arena es de la playa cercana y llega al lugar de empleo en vagonetas de un metro cúbico movidas sobre vías por un tractor eléctrico; la cal ó cemento, tanto si vienen por tierra como por mar, se depositan en el almacén próximo á la hormigonera; como el agua no falta, se tienen así perfectamente preparados los materiales que componen el hormigón.

La proporción, por metro cúbico, del hormigón en bloques, suele ser: 0,90 metros cúbicos de piedra machacada, 0,50 metros cúbicos de arena, 200 kilogramos de cal hidráulica de superior calidad y la cantidad de agua necesaria que oscila entre 90 y 110 litros. Las amasadas se hacen de medio metro cúbico y cada una de ellas llena una vagoneta.

El tren que transporta el hormigón al sitio de fabricación de los bloques se compone de cuatro vagonetas, equivalentes á 2 metros cúbicos, arrastradas por otro tractor eléctrico.

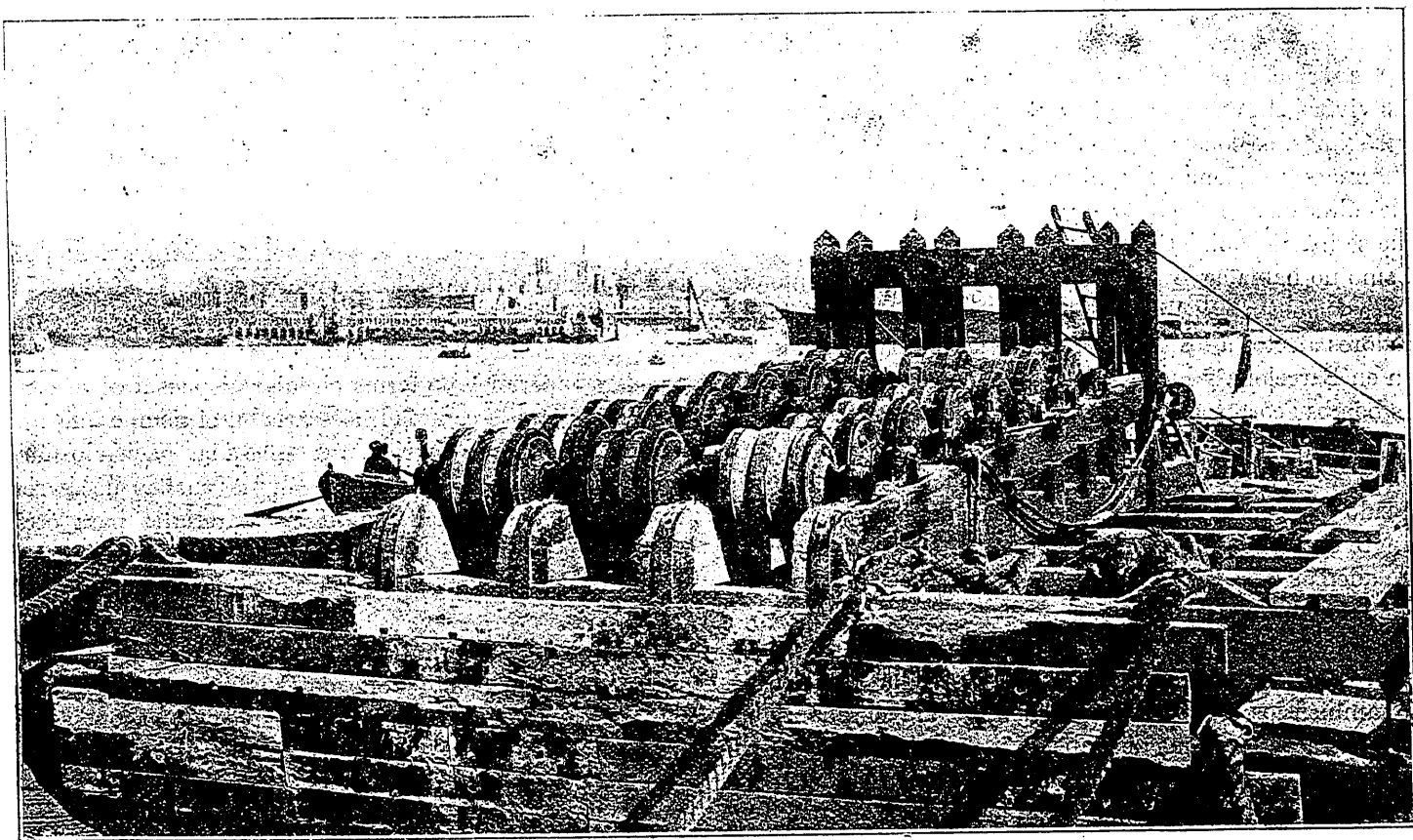
Las cajas ó moldes para estos grandes sillares son también de modelos especiales; antes se usaban bastidores de madera armados, pero se estropeaban pronto, eran muy pesados y se movían con dificultad; se sustituyeron por otros de palastro que, una vez desunidos, se mueven vertical y lateralmente por medio de una palanca y una excéntrica para que se apoyen en unos carriles y puedan correr con facilidad.

La grúa Goliat para el transporte de los bloques á la vía honda y el carro transbordador que los conduce al embarcadero, son como todos sus análogos; circulan á lo largo de sus vías correspondientes, pero como el peso que insiste sobre ellas es muy grande, se tomaron algunas disposiciones para su cimen-

tación y para que no fueran difíciles de manejar, sobre todo las vías transversales emplazadas en las calles del taller.

El puente de embarque con su carro carga-bloques tiene también mucha importancia; el tramo de aquél es metálico y de 22 metros de luz, se apoya sobre dos pilas de fábrica; una que insiste sobre el terraplén del muelle y tiene 7,50 metros de altura y otra en el fondo del puerto con una altura total de 17 metros, muy bien cimentada y revestida en su pie por un fuerte cordón de escollera para evitar las socavaciones y asentamientos que serían fatales. Las cargas que actúan sobre el tramo son algo distintas de las que obran en construcciones similares; por esta razón se adoptaron muchas precauciones que han producido excelente éxito, pues hasta la fecha se llevan cargados más de 6.000 bloques sin el menor accidente.

vistas de unos topes para que facilitasen el giro de las llaves é impidiesen su salida. Todas estas medidas no fueron aún suficientes, pues ocurrió en algunos bloques que, rompiéndose las placas ó no resistiendo el hormigón á la presión que resultaba, por no haber la cal fraguado por completo á pesar de permanecer en secadero el tiempo conveniente, se corría la llave con la placa y se partía el bloque. Después de un detenido examen de la contextura de los bloques averiados, y de varios estudios sobre las fechas de su fabricación, meses de secadero, etcétera, se vino en conocimiento que los sillares artificiales contruidos en verano podían suspenderse á los dos ó tres meses, y los que se fabricaban en otoño é invierno necesitaban cuatro ó cinco meses de secadero; y como nos convenía abreviar el plazo, por la escasa capacidad del taller, se ideó un medio de re-



BARCAZA LANZA-BLOQUES DE OCHENTA TONELADAS

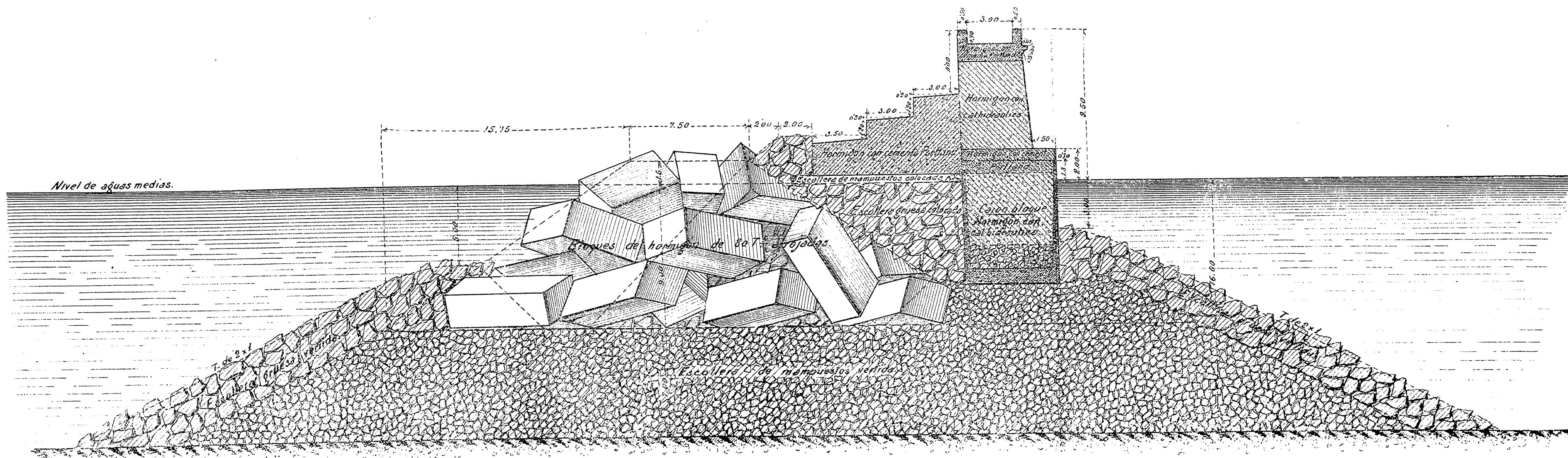
También es digna de mención la placa giratoria que enlaza las dos vías hondas situadas á lo largo de los dos muelles, pues con una altura y diámetro muy limitados ha de soportar un peso muy grande y ser de fácil maniobra.

Para levantar los bloques del taller con la grúa Goliat y transportarlos á la vía honda, así como para sacarlos del carro transbordador y ponerlos en el aparato lanza-bloques que luego os indicaré, se adoptó el sistema de llaves de acero (hoja número 17), que penetran en unas chimeneas que se dejan en el macizo durante la construcción. El gran peso de dichos bloques obligó á tomar algunas precauciones que la práctica nos ha demostrado que eran muy necesarias. Las chimeneas son dos, de forma de tronco de pirámide y tienen en el fondo una cavidad para que pueda alojarse y girar luego la extremidad de la llave; pero como sobre cada una de éstas carga un peso de 40 toneladas y no pueden tener gran superficie de apoyo, si actúan directamente sobre el hormigón resultaría una presión sobre éste inadmisibile; de aquí que se proyectó colocar en el techo de la cavidad inferior de la chimenea unas fuertes placas de fundición, á fin de que repartiesen las presiones, y pro-

partir aún más la presión con las mismas placas, colocando un macizo de hormigón de cemento portland en forma de anillo, sobre su cara superior y entre ellas y el hormigón de cal que constituye el bloque, consiguiéndose así poder levantar y verter estos con menos tiempo de secadero.

Para el funcionamiento de todos los mecanismos y aparatos del taller se ha instalado, en la mitad del muelle Occidental, una central eléctrica con motor de gas pobre de 60 caballos de fuerza, actuando sobre dos dinamos de 20 kilovatios y á 130 voltios. Posee esta Central todos los detalles inherentes á su buen servicio, y para su emplazamiento, en virtud del poco espacio de que se disponía en el taller, se aprovechó la zona situada en confrontación á la pila del puente, en la cual, evidentemente, no debían fabricarse bloques por la imposibilidad de sacarlos luego.

Lanza-bloques.—Veamos ahora la barcaza lanza-bloques empleada para formar la restinga del rompeolas. Para el transporte á pie de obra é inmersión de los bloques se habían empleado en la construcción de los diques de los puertos aparatos diversos: flotadores, gánguiles de pozo y barcasas de vuelco;



PERFIL DEFINITIVO DEL ROMPEOLAS

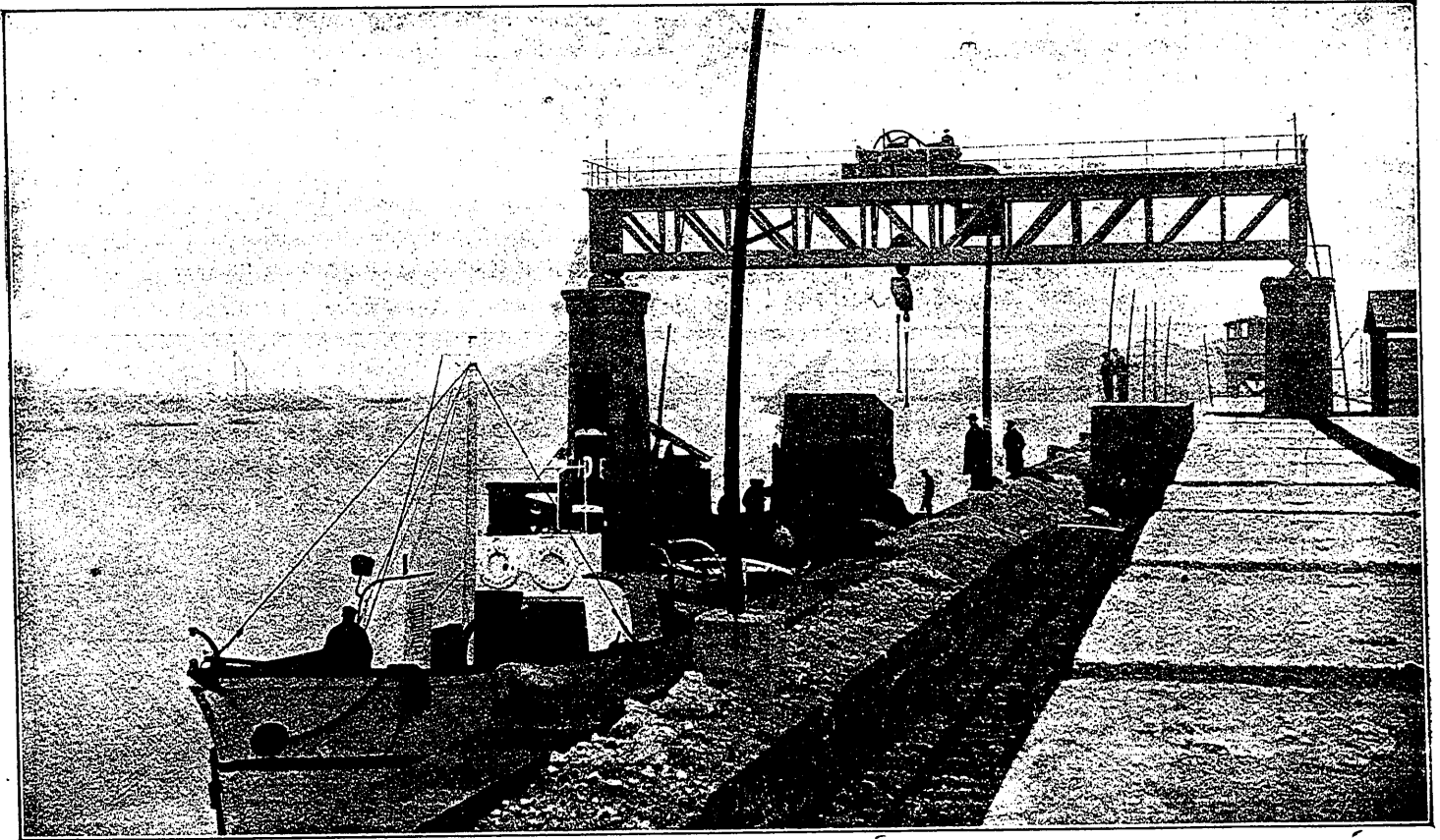
sistemas todos que además de ser de coste elevado presentan otros varios inconvenientes, y entre ellos uno muy primordial, cual es el que dejan los bloques por debajo de la línea de agua, y, por tanto, si el macizo ha de sobresalir del nivel del mar ha de recurrirse á otro medio auxiliar, como cabrias flotantes ó titanés para la colocación de los bloques en las capas superiores.

Para lograr este objetivo se estudió, proyectó y construyó por los Ingenieros de la contrata un nuevo sistema, que, á más de ser muy económico, permite verificar la carga, transporte é inmersión de los bloques con suma facilidad, colocándolos hasta la cota de 2 metros por encima del nivel del mar, que es la altura máxima del perfil de la restinga en el rompeolas de Levante que debía construirse.

A este fin, sobre una barcaza de las destinadas al transpor-

Aunque es muy lejana la posibilidad de que los frenos dejen de hacer sus efectos sobre los rodillos dada su potencia y modo de construcción, como se trata de una gran masa, no se quiso dejar imprevista aquella circunstancia, disponiendo, al efecto, un cable fuerte de alambre que, á modo de braga y fijo por sus extremos á unos rodillos tensores que se maniobran fácilmente, sirve de retenida al bloque. Esta precaución es de suma conveniencia para el caso de que en el transporte tomase el aparato inclinaciones pronunciadas y existieran movimientos bruscos.

Al principio de los trabajos el plano inclinado iba montado en la barcaza para verter por el lado de babor; más adelante, por varias causas y por muchas ventajas que se obtenían, se colocó el plano en la zona de popa de la embarcación.



CARGA DE LOS BLOQUES DE OCHENTA TONELADAS

te de materiales, se montó el aparato de lanzamiento, que es simplemente un plano inclinado de rodillos que puede convertirse rápidamente y á voluntad de plano de deslizamiento en plano de rodadura, utilizando éste para el lanzamiento y aquél para el transporte y carga.

El armazón del plano inclinado, la disposición de los ejes rodillos, el número de éstos, la presión que han de ejercer los frenos para que los rodillos no patinen aun cuando el bloque tome por efecto del oleaje una inclinación de 34 por 100, que es el ángulo de deslizamiento, el diámetro de los ejes y la composición de los rodillos, el esfuerzo de tracción necesario para poner el bloque en movimiento, etc., todos estos detalles se estudiaron y calcularon minuciosamente; se averiguó asimismo que la pendiente más adecuada para el plano inclinado con el bloque encima, después de lastrar debidamente la embarcación, era la del 7 por 100; y una vez construido el aparato, se hicieron las pruebas con el más satisfactorio éxito. Más adelante, la práctica ha sancionado por completo el sistema, pues se han vertido ya más de 6.200 bloques, muchos de ellos en días de alguna agitación on el mar.

Descritos, aunque sea tan someramente, por no permitir otra cosa la índole de estas conferencias, el taller de bloques y el aparato para lanzarlos ó verterlos en obra á fin de constituir el macizo de defensa del rompeolas, diremos cuatro palabras acerca de las operaciones de carga y lanzamiento, que pueden tener algún interés por la índole de los aparatos y peso de los bloques que entran en juego.

Situado el bloque sobre el carretón transbordador, debajo del puente de embarque, lo suspende el torno y lo coloca sobre el plano inclinado de la barcaza, previamente dispuesta al lado del muelle y con los rodillos bien frenados; al principio se apoya sobre los tres rodillos del eje superior, y continuando el descenso se inclina el bloque, siempre apoyado en aquel eje, hasta descansar sobre todo el plano; entonces se coloca la braga de retenida y se sigue el movimiento de bajada hasta que el bloque cargue todo sobre la embarcación; se hacen girar los pernos de suspensión, se quitan levantando el balancín y queda el bloque libre cargado sobre la barcaza, la cual es remolcada al sitio de lanzamiento. Para esta operación, una vez situada aquélla en el lugar apropiado, se aflojan los tensores para que

caiga el cable de retenida y se actúa sobre el volante de los frenos; pronto el bloque inicia su movimiento de caída que se incrementa á su vez por aumentar la inclinación del plano á medida que baja, lanzándose al mar y levantando una columna de agua y espuma, mientras la barcaza, por el retroceso, se

aleja del lugar de la inmersión unos 10 ó 15 metros. En la mayoría de los casos, una vez la embarcación está bien situada, el tiempo invertido en las operaciones del lanzamiento, propiamente dicho, no llega á un minuto.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Los puertos de los Grandes Lagos en los Estados Unidos.

Los puertos de los Grandes Lagos se han establecido en su mayor parte en las desembocaduras de los ríos que en aquéllos vierten. Estas desembocaduras estaban casi todas cerradas por barras, en las que no se encontraba más que dos ó tres metros de profundidad sobre la barra como máximo. Se ha comenzado por mejorarlas por medio de diques paralelos casi normales a la orilla, distantes de 40 á 75 metros y prolongados hasta más allá de la barra, después se ha completado por dragados la ac-

el contrario, inmensos puertos de embarco, el primero de minerales y el segundo de los granos del Oeste canadiense.

Los establecimientos que reciben los minerales y los elevadores de granos de los puertos del lago Erie han sido, en su origen, establecidos exclusivamente en las orillas de los ríos, constituyendo puertos interiores, que están unidos en un gran número de puntos por puentes levadizos sin cables de los que ya hemos hablado en esta REVISTA. Se comienza, sin embargo, á utilizar las orillas de los antepuertos exteriores para instalar en ellas el material necesario para la descarga de las mercancías transportadas en grandes masas.

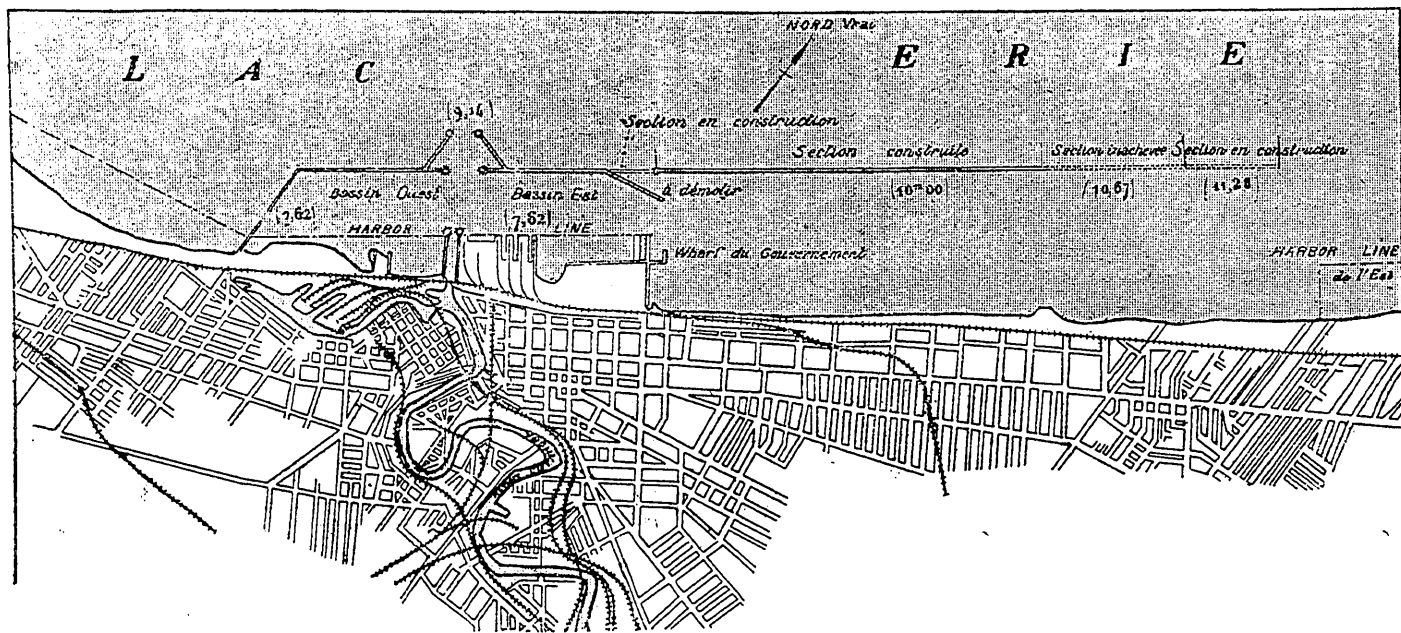


Fig. 1.^a

ción de las corrientes concentradas entre estos diques. Pero las entradas así constituídas permanecían infranqueables en el mal tiempo, y esto ha conducido casi en todas partes á protegerlas por medio de rompeolas cubriendo antepuertos exteriores que se ha procurado poner al abrigo de la invasión de las arenas por uno ó dos diques laterales que arrancan de la costa.

El puerto de Cleveland (fig. 1.^a) establecido en la desembocadura del río Cuyahoga, pertenece á este tipo general. En Buffalo, el Buffalo River, en lugar de desembocar en medio del antepuerto exterior, se arroja en el lago por uno de los extremos de este último, constituido esencialmente como el de Cleveland por una gran obra paralela á la costa.

Los puertos de Cleveland y de Buffalo, situados ambos en el lago Erie, son los más importantes de todos los que constituyen el término de los grandes transportes de minerales y de granos procedentes del Oeste. Estos son esencialmente puertos de embarco, de la misma manera que los puertos próximos de Lorain, Conneaut, Ashtabula, Erie, etc., mientras que los puertos del lago Superior, tales como Duluth, Fort-William, son, por

Las obras de los puertos de los Grandes Lagos se han ejecutado, en su origen, casi enteramente por medio de *cribworks*, por lo menos en las aguas profundas; desde hace algunos años, el hormigón y la piedra tienden á reemplazar al maderamen.

El rompeolas de Buffalo, cuya longitud total llega á 7.194 metros y que ha costado más de 25 millones de francos en el transcurso de un periodo de trabajos de cuarenta y tres años (1868-1911) proporciona un ejemplo de los diversos métodos de construcción usados en los Grandes Lagos. La sección más antigua está constituida por medio de *cribs* de madera rellenos de piedras, cuyo empleo era en otro tiempo más económico que el del hormigón; la sección siguiente comprende una infraestructura de *cribs* y una superestructura de hormigón.

Habiendo mostrado la experiencia que las maderas de los *cribworks* se arruinan al cabo de veinte años, próximamente, en las partes salientes de la primera sección del rompeolas, se ha emprendido la tarea de dotar progresivamente á éste de una superestructura de hormigón y de piedras que descende 60 centímetros bajo el nivel medio de las aguas. En obras de repara-