

PROYECTO Y EJECUCION DE NUEVOS MUELLES EN EL PUERTO DE PASAJES

Por FELIX CALDERON GAZTELU y CARLOS MARTINEZ CEBOLLA

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En los primeros párrafos reseñan los autores el contenido del presente trabajo, que aunque dividido en dos partes bien diferenciadas lo publicamos íntegro a continuación y los consideramos de gran interés para nuestros lectores.

Hemos sido encargados por el Director del Puerto de Pasajes, D. José M.^a Aguirre e Hidalgo de Quintana, de la redacción de un artículo sobre las importantes obras que en la actualidad se están llevando a cabo en este puerto y para conocimiento de todos los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. Para mayor facilidad en su lectura (dada la extensión del mismo), lo hemos dividido en dos partes bien diferenciadas, cada una de las cuales se refiere a:

1.^a Necesidad de la obra. Descripción del proyecto, justificación y cálculo de los distintos elementos.

2.^a Ejecución y marcha de los trabajos.

Pasamos a continuación a la exposición de cada uno de los apartados:

1.^a, a) Necesidad de la obra.

El puerto de Pasajes, que por su situación geográfica en el fondo del Golfo de Vizcaya es el puerto natural de Guipúzcoa, Alava y Navarra y parte de Aragón, la Rioja y Soria, y que el ser un fiord o bahía natural en comunicación con el mar por un canal de unos 1 200,00 m. de longitud, tiene asegurada una tranquilidad absoluta de las aguas dentro de la bahía, ha llegado con su ininterrumpido aumento de tráfico a la saturación de sus instalaciones y a conseguir una densidad de tráfico de mercancía general por metro lineal de muelle que difícilmente se puede superar.

En el año 1957, el volumen total de mercancías que tuvieron su entrada o salida por este puerto, ascendió a 1 541 481,383 Tn., de acuerdo con la especificación siguiente:

Mercancías importadas:	Toneladas
Carbón	499 777,980
Combustibles líquidos	201 191,565
Madera y pasta de papel	131 852,915
Minerales	93 464,091
Abonos, nitratos, fosfatos	36 261,110
Hierro y lingote	27 458,856
Varios	123 114,008
TOTAL	1 113 120,525

Mercancías exportadas:

	Toneladas
Minerales	115 529,303
Combustibles líquidos	66 621,897
Cemento	64 887,600
Agua	56 483,000
Varios	82 564,704
TOTAL	386 086,504

Pesca:

TOTAL	42 274,354
--------------------	-------------------

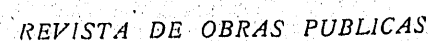
Todo ello en 1 100,00 m. lineales de muelles comerciales con calados que oscilan entre 15 y 24 pies en las bajamares vivas, en los que se dispone de 24 700 m.² de superficie cubierta en almacenes y de 74 000 m.² de superficie descubierta para almacenamiento de mercancías.

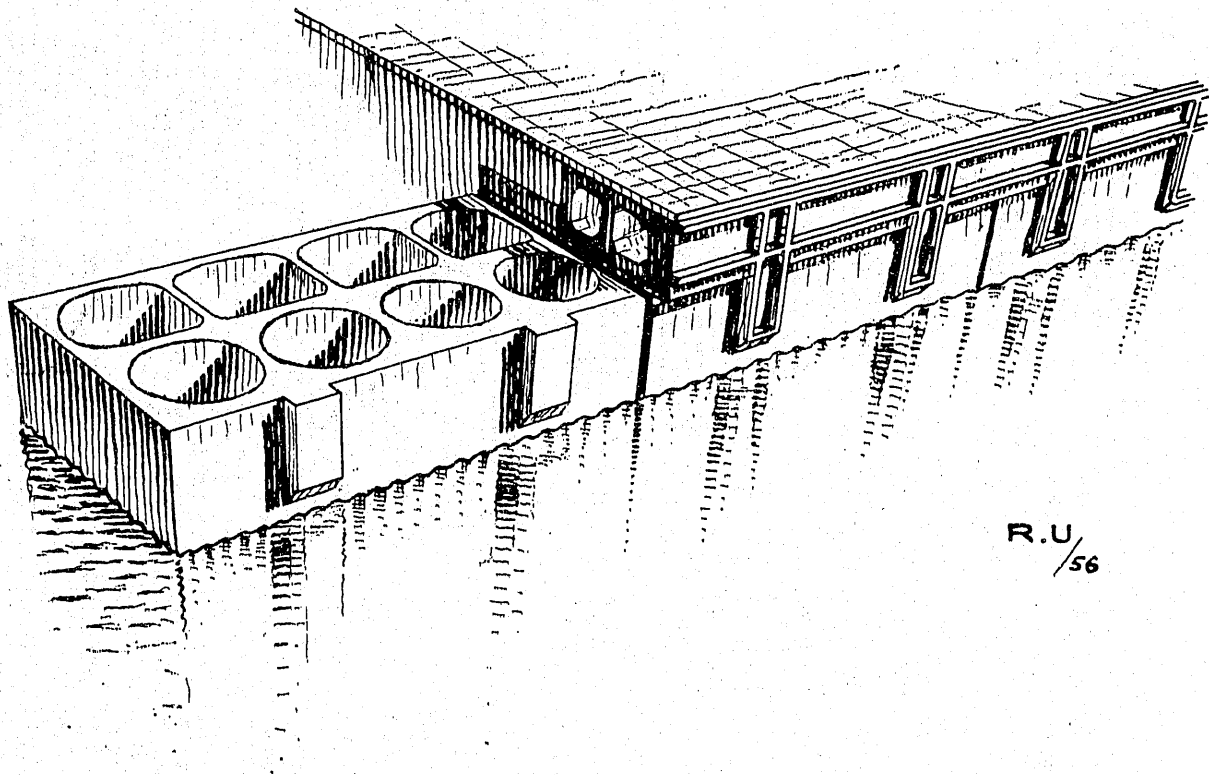
En el mismo año 1957 (al que corresponden todos estos datos) entraron en el puerto 2 453 buques, con un registro bruto total de 1 731 621 Tn. A la vez, se pesaron en las instalaciones de básculas 71 592 camiones.

Restando del total de mercancías movidas, las cifras correspondientes a combustibles líquidos y a la pesca, y dividiendo por la longitud de muelles comerciales y sin instalaciones especiales, obtenemos una densidad de tráfico aproximada de unas 1 000 Tn. por metro lineal y año.

Buena prueba del agobio que normalmente existe en el puerto lo da la fotografía de la fig. 3.^a, en la que aparece un petrolero atracado en la segunda alineación, cuya ejecución por la Empresa constructora Fincosit Ibérica no ha terminado todavía, ya que falta en ella la superestructura en la mitad del muelle y el relleno en la casi totalidad. En esta fotografía puede verse igualmente la bahía con numerosos barcos en boyas por falta de atraque, situación que tarda normalmente uno o dos días en despejarse y que hace patente la necesidad de las obras actualmente en curso de ejecución. A la vez, en lo que será la tercera alineación y en la zona contigua, se instalarán las Sociedades Potasas de Navarra, con un tráfico probable de unas 600 000 Tn. al año; Quincasa, con unas 100 000;

Los nuevos muelles comienzan al final del actual muelle trasatlántico y terminan frente al emplazamiento del muelle de la Real Compañía Asturiana de





R.U/
56

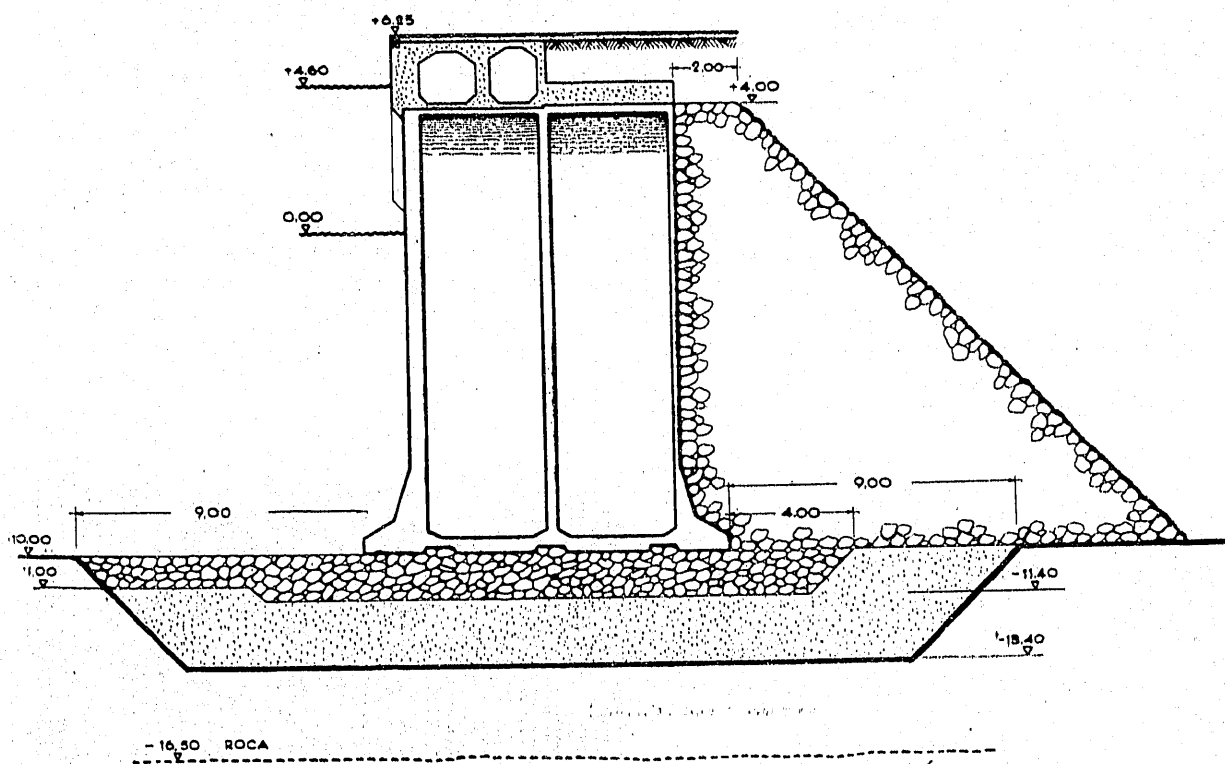


Fig. 2."— Sección tipo del muelle, constituido por cajones de hormigón armado, fondeados sobre arena y escollera.

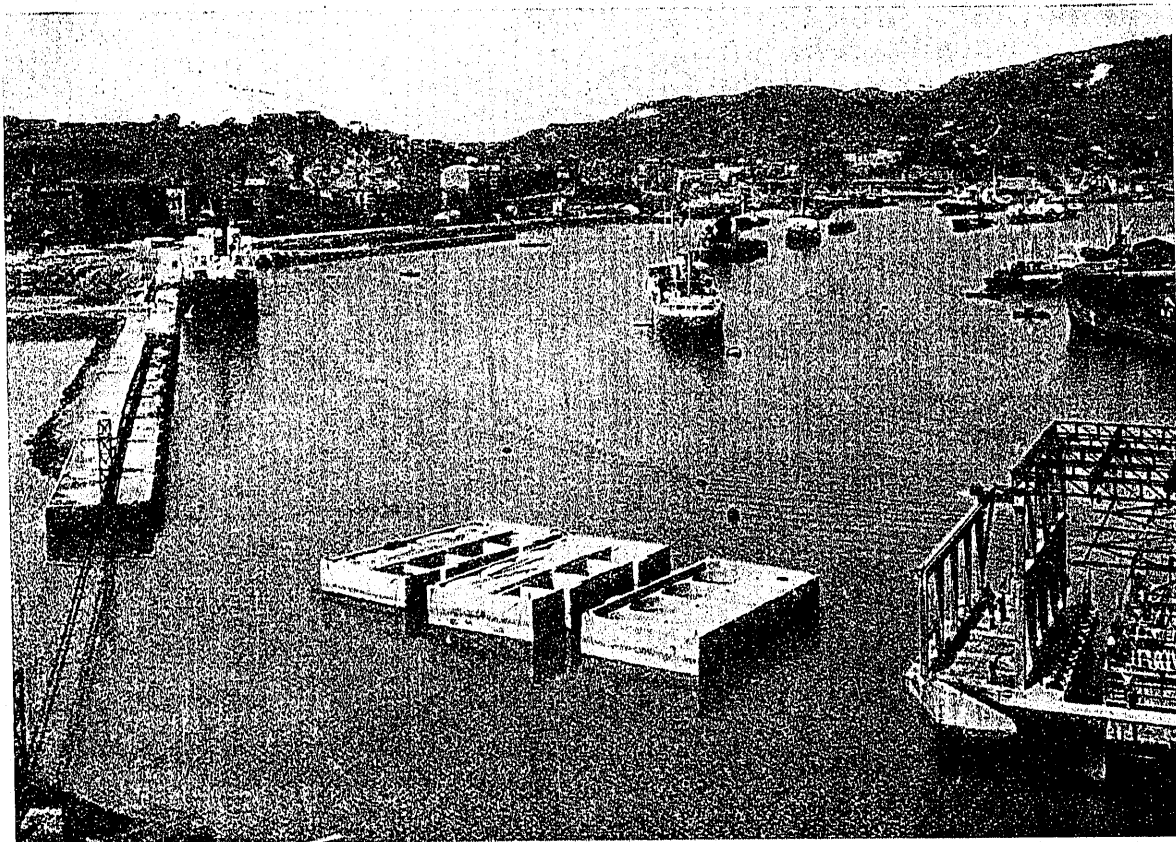


Fig. 3.^a — Situación corriente de agobio en el puerto de Pasajes. Barcos en boyas por no disponer de línea de atraque. Petrolero atracado a la segunda alineación de los Nuevos Muelles, a falta de la ejecución de la superestructura y del vertido del relleno. En primer término, tres cajones flotando, esperando el momento de su remolque y fondeo.

manto de escollera. En el trasdós de los cajones se vierten bloques de escollera que, con el relleno y una superestructura con dos galerías de servicios, completan la obra (fig. 2.^a).

El dragado de los fangos de la bahía se efectúa hasta la cota — 13,40 m. y en una anchura media de 26 m. Esta profundidad ha sido fijada de acuerdo con la naturaleza de los fangos y la profundidad de la roca. Donde los fangos son más arcillosos y la roca aparece a la cota — 22 m., se dragarán hasta la cota — 14,40 m., en una anchura media de 42 m. Posteriormente estas zanjaz se rellenan con arena hasta la cota — 11,40 m., y el último, 1,40 m. de espesor de escollera. La escollera de cimientos, en primer lugar, soporta las presiones transmitidas por los cajones y ayuda a su repartición. Permite la estabilidad de la arena, ya que, por su mayor permeabilidad, tendrán lugar en el interior de la misma movimientos de agua originados por las mareas, no afectando estas corrientes a la arena de cimientos, evitando totalmente, con su peso, el sifonamiento de las mismas, así como el posible arrastre debido al movimiento de las hélices de los barcos.

La arena también tiene como fin el soportar y

repartir presiones que vayan notablemente disminuidas a los fangos, y por ello, no se originen hundimientos en los mismos. Facilita la consolidación rápida de ellos, ya que, por su permeabilidad y por capilaridad absorbe el agua intersticial que rellena los poros

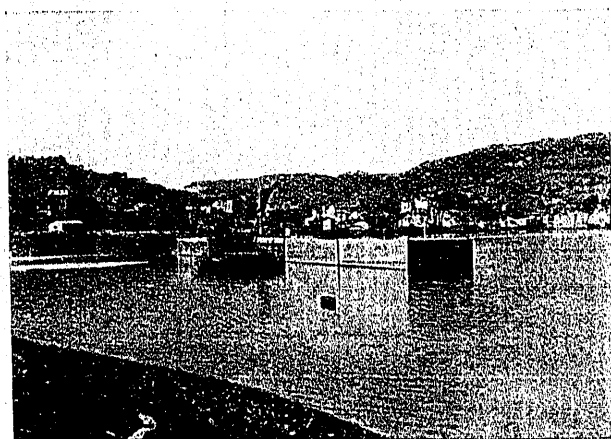
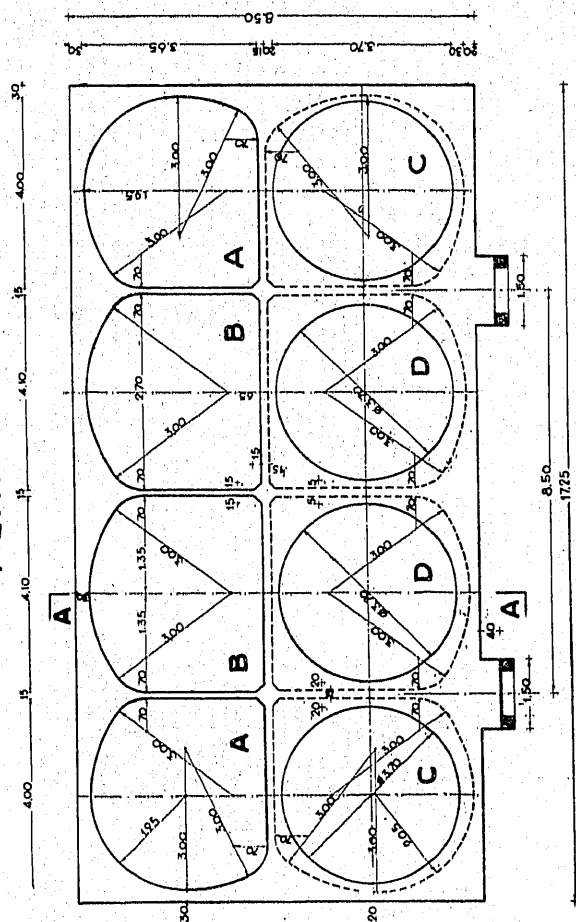
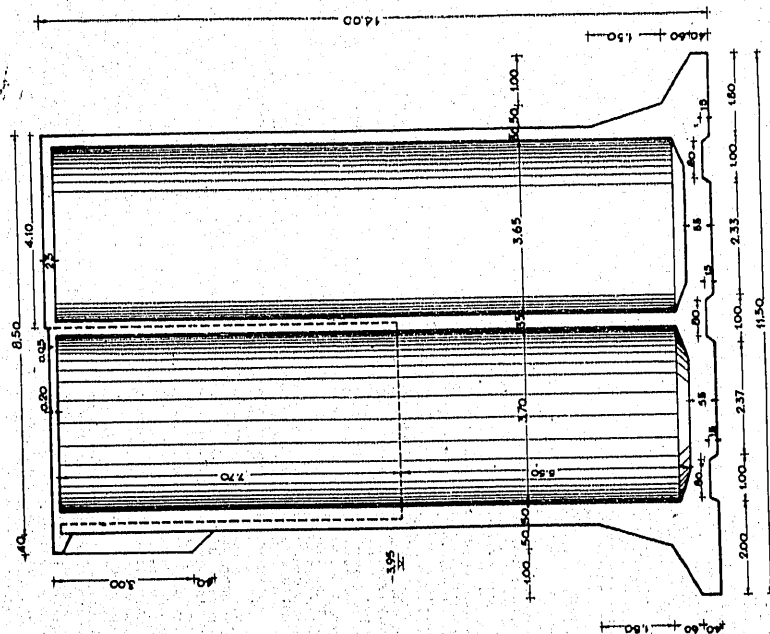


Fig. 4.^a — Los cuatro primeros cajones fondeados en el comienzo de la segunda alineación.

PLANTA



SECCION A-A



SUPERESTRUCTURA

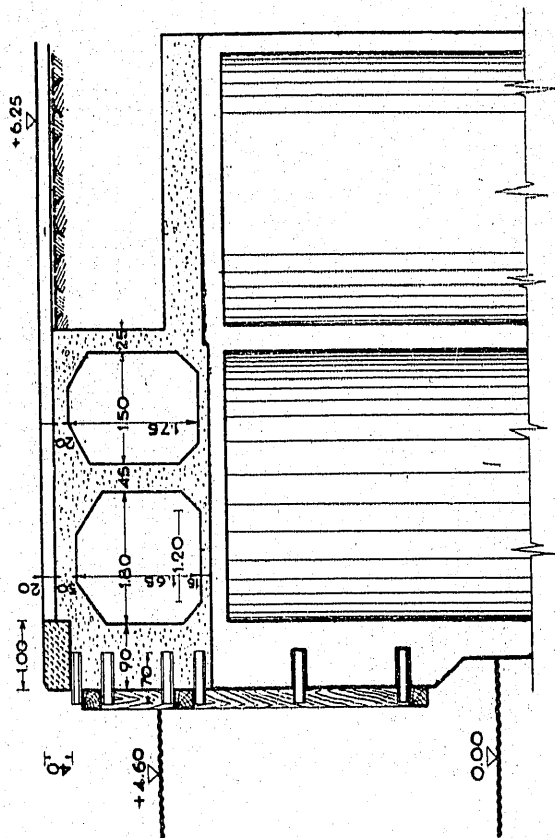


Fig. 5ª — Planta y sección transversal de los bloques y de la superestructura.

entre las partículas de los fangos arcillosos y, finalmente, ambos materiales, vertidos en sustitución del terreno natural, con su elevado ángulo de rozamiento (comparativamente al que presentan los fangos en la bahía), impiden el vuelco de la obra a lo largo de los posibles círculos de deslizamiento, ya que las zonas de los círculos, interceptadas por estas zanjas, presentan, por las mejores cualidades de los materiales, una mayor resistencia al corte, propiedad que tiene igualmente la escollera del trasdós de los cajones.

centímetros y de 30 cm. el del trasdós del muelle.

Las celdas anteriores tienen unos orificios por los que puede entrar y salir libremente el agua, con lo cual el nivel del agua en ellas es el mismo que exista en cada momento en la bahía. Las celdas posteriores están rellenas de agua y arena e incomunicadas para que la arena no pase a las anteriores o se escape a la escollera del trasdós. Es corriente en estos tipos de muelle, rellenar las celdas de hormigón pobre, una vez fondeados los cajones; en nuestro muelle no se

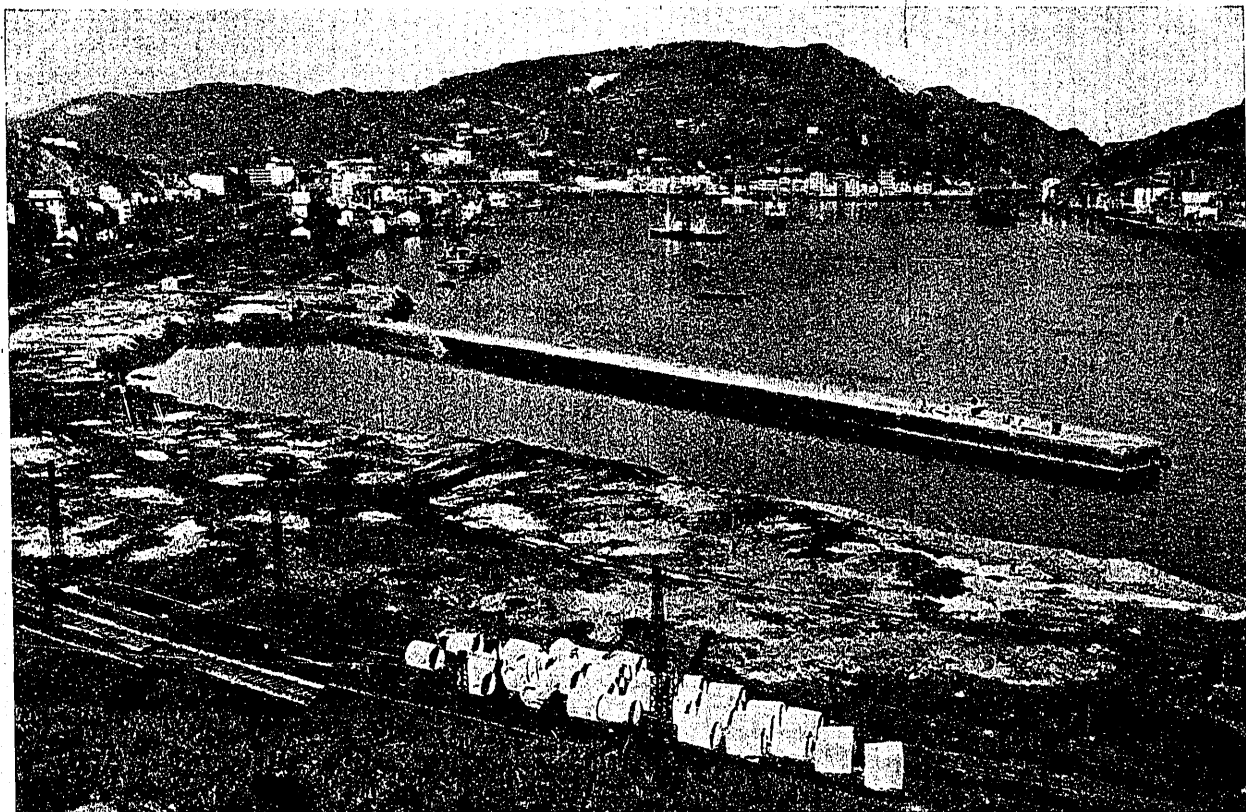


Fig. 6.^a — Segunda alineación de los Nuevos Muelles, en construcción avanzada.

Los cajones de hormigón armado son unos grandes bloques paralelepípedicos (fig. 5.^a), de 14 metros de altura y con unas dimensiones de 17,25 metros en la dirección de la línea de atraque y 8,50 m. en la dirección normal. Interiormente están divididos en ocho celdas, las anteriores (del lado de la bahía) de sección circular, de 3,70 m. de diámetro, y las posteriores, de sección aproximadamente rectangular (salvo unos acartelamientos en las esquinas), de 4,10 por 3,65 m.². La solera es de espesor constante, de 55 centímetros, con tres entalladuras longitudinales, que corren a lo largo de la misma, para evitar el deslizamiento plano del cajón y con dos ménsulas para aumentar el ancho de la base a 11,50 m. El espesor mínimo del paramento del lado de la bahía es de 50

hace — ya que no es imprescindible con una buena ejecución del hormigón armado del cajón — y así las cargas sobre la cimentación son considerablemente menores y de mucha importancia la economía conseguida en la obra. Hemos rellenado de arena las celdas posteriores para que el trasdós del cajón tenga mayor peso y contrarrestar, en parte, el empuje del relleno sobre el mismo. Entre los distintos cajones quedan unas juntas de unos 20 cm., que no se hormigonan, sino que quedan libres precisamente para que el movimiento de las aguas a causa de las mareas, tenga lugar por ellas con la mayor facilidad, y que la diferencia de niveles entre la bahía y el trasdós del muelle sea mínima, y por ello, la influencia de este desnivel en las cargas sobre el cimientó.

La escollera del trasdós da un empuje menor que un relleno natural vertido, por su elevado ángulo de rozamiento, favorece la estabilidad del conjunto de la obra respecto a los círculos de deslizamiento, y al ser permeable, hace que el desnivel anteriormente citado sea mínimo. Completan la obra una superestructura de hormigón armado, proyectada de acuerdo con la futura distribución de vías sobre la misma, tanto para vagones como para las grúas-pórtico, y dos galerías

una primera con nivel de agua a la cota 0,00 metros (B.M.V.E.) en ambos paramentos, y una segunda, con un nivel en la bahía de $+3,60$ m. y de $+4,60$ metros (P.M.V.E.) en el trasdós del muelle, ya que, debido a las juntas libres entre cajones de 20 cm., no es de esperar desniveles entre ambos paramentos superiores a un metro, y las mayores cargas se obtendrán suponiendo que es mayor el nivel de agua en el trasdós del muelle.

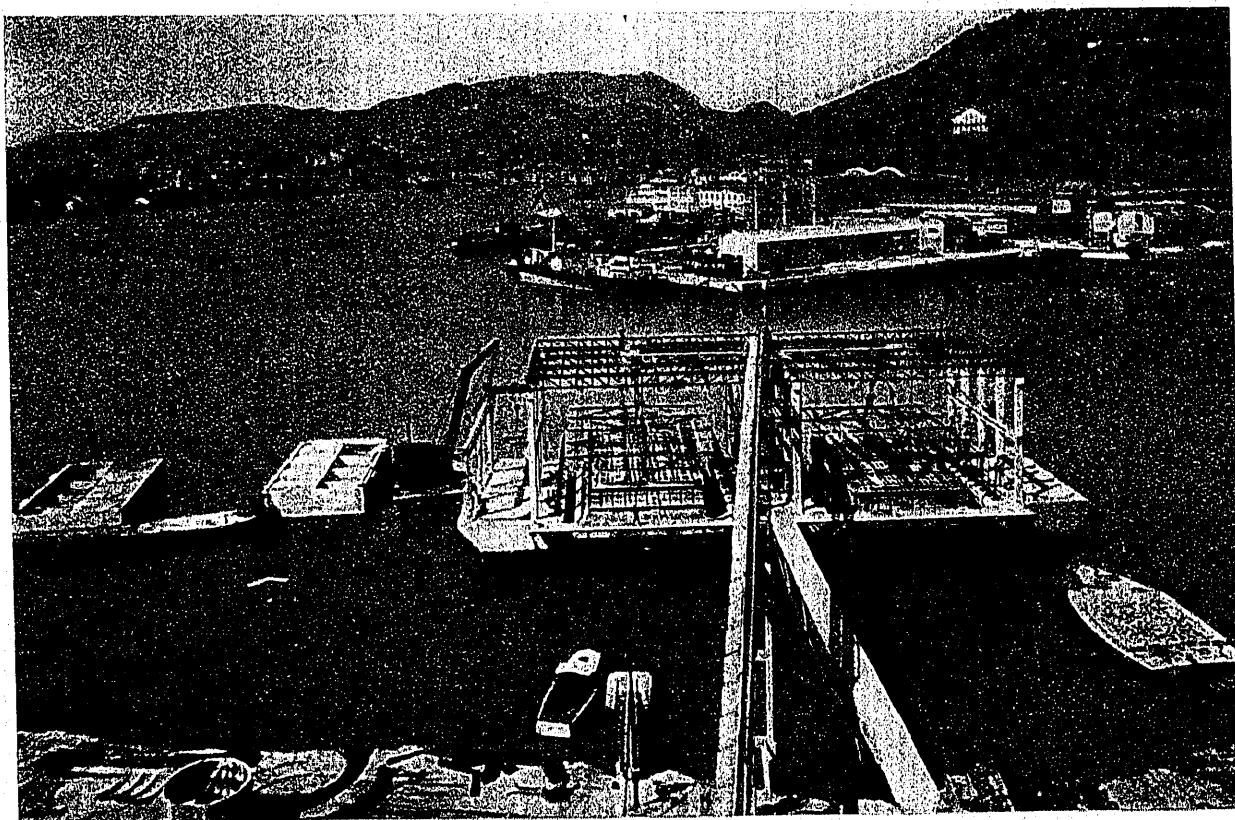


Fig. 7.ª—Vista general del taller de construcción de cajones. En primer término, la cinta transportadora del hormigón; a la derecha, una gabarra con escollera de cimentación, y a la izquierda, dos cajones flotando, a la espera de su transporte al lugar del emplazamiento.

de servicios, una de ellas interrumpida en los macizos de los bolardos (uno por cajón; es decir, un elemento de amarre cada 17,45 m.) y la otra continúa a lo largo del muelle. El relleno natural o seleccionado hasta la cota de la coronación del muelle, la $+6,25$ m., termina la ejecución del proyecto.

A continuación indicaremos, someramente, el proceso de cálculo seguido en cada elemento, las hipótesis para los mismos y las conclusiones que creemos pueden ofrecer algún interés:

Llamando intradós del muelle al paramento del lado de la bahía y trasdós al del lado del relleno, para la determinación de los empujes de la escollera del trasdós y del relleno sobre los cajones, se han considerado dos hipótesis distintas de niveles de agua:

Los pesos específicos y ángulos de rozamiento considerados han sido:

Para el terreno seco (por encima de la P.M.V.E.)	1,80 Tn./m. ³	y 37°
Dentro de la carrera de marea	1,90 »	y 32°
Terreno sumergido	0,9 »	y 32°

Como ángulo de rozamiento entre el relleno y la pared de los cajones, 11°. Teniendo en cuenta que la mayor parte del terreno está formado por la escollera vertida, hemos tomado un rozamiento algo bajo. El empuje en cada bolardo, igual a 40 Tn. (hay colocado uno por cajón; es decir, uno cada 17,45 m.) y la sobrecarga del muelle, uniforme e igual a 6 Tn./m.².

Así, hemos hallado unas cargas máximas sobre la

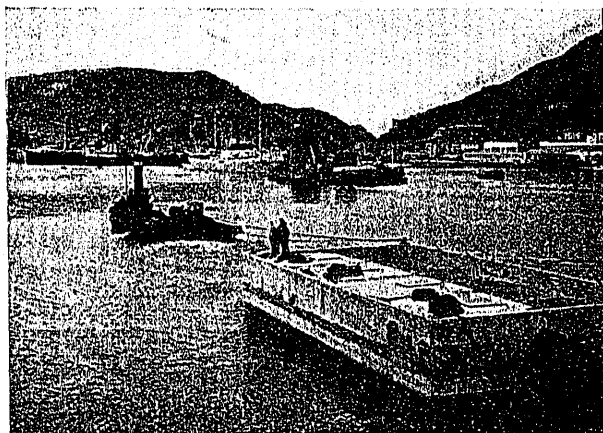


Fig. 8.ª — Un cajón durante el remolque. Las dimensiones en planta son $17,25 \times 8,50 \text{ m.}^2$. La altura, de 14,35 m., con un calado aproximado de 11,50 m.

escollera de cimentación, de 3,79 y 3,68 Kg./cm.², respectivamente, y estos pequeños valores (comparados con los normales de 5 y 6 Kg./cm.² que se encuentran en los muelles de bloques) son debidos a que las celdas del lado de la bahía están simplemente llenas de agua y las del lado del relleno, llenas de agua y arena, siendo evidente la ventaja que representan es-

tos valores, tanto para la consolidación de los fangos (que se alcanzará antes al ser menores las cargas finales), como para la estabilidad de la obra y los asientos en la misma.

Para impedir el deslizamiento plano del cajón, se hacen unas entalladuras en la solera de los mismos, que tienen por misión imposibilitarlo, ya que al penetrar la escollera de cimentación en ellas (el tamaño de esta escollera es muy inferior a la del trasdós, los pesos de los bloques oscilan entre 10 y 50 Kg. normalmente), seguiría al cajón en su movimiento, movilizándolo pequeñas cuñas del mismo material y haciendo que el deslizamiento, en una buena parte de la base, tuviera lugar entre escollera y escollera. Los coeficientes de seguridad al mismo encontrados son de 1,65 y 1,50, respectivamente.

Las cargas de los cajones sobre la escollera se transmiten a través de ella y de la arena de cimentación a los fangos. Hemos aplicado las fórmulas de Fröhlich para el reparto de estas cargas concentradas, que en la mayor parte de la obra, donde el espesor conjunto de estos dos materiales es de 3,40 m., se reducen hasta el valor de 2,91 Kg./cm.².

Hemos estudiado el posible hundimiento de la obra durante la ejecución y antes de verter la escollera del trasdós; la razón es que todas las fórmulas de

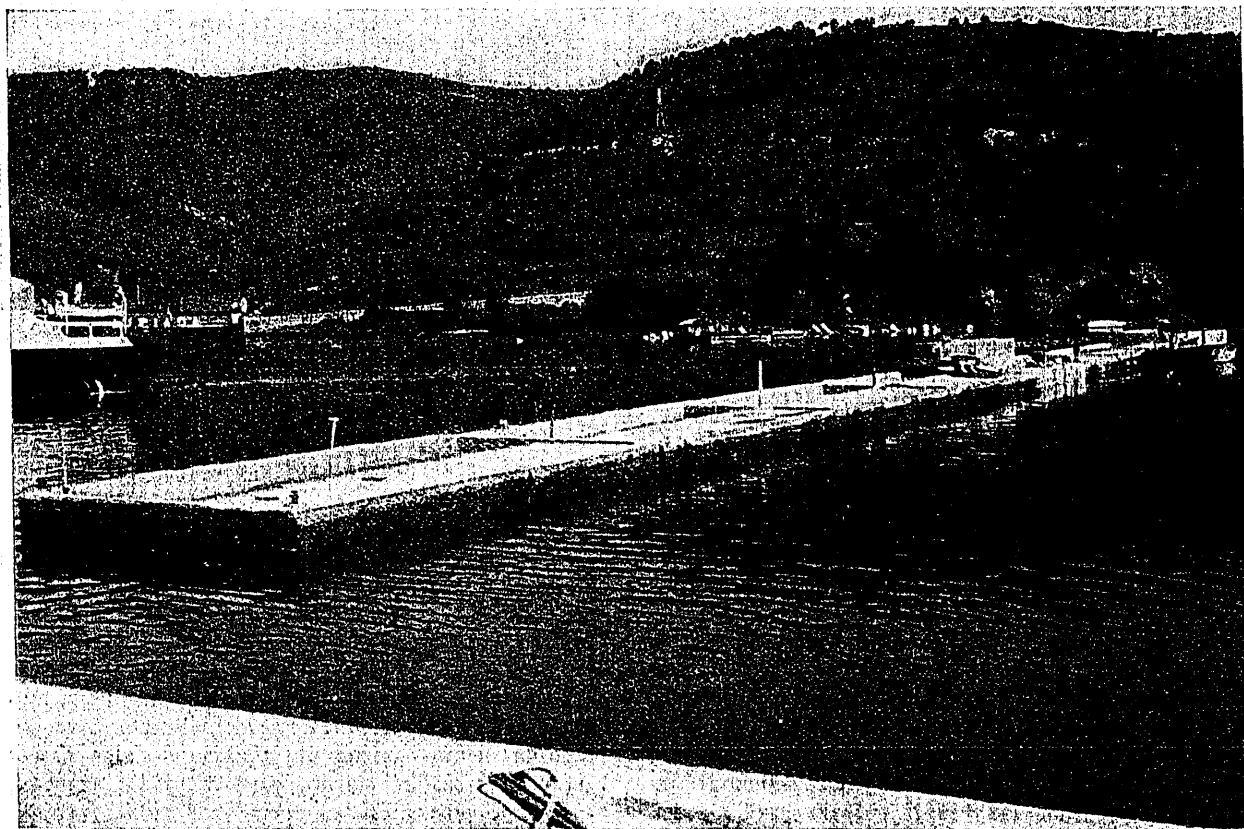


Fig. 9.ª — Cajones fondeados en la tercera alineación.

cargas de hundimiento suponen una simetría en el cimiento y unas líneas de rotura simétricas respecto al centro del cimiento. Terminada la obra esta simetría desaparece, y la única línea de rotura posible es el círculo de deslizamiento (estudiado más adelante). Aplicando la fórmula de Prandtl-Buisman, el coeficiente de seguridad es de 4,9.

El estudio de la estabilidad del conjunto, lo hemos efectuado admitiendo el círculo como línea más probable, a lo largo de la cual puede tener lugar el deslizamiento. Como en estos círculos hay tres grados de indeterminación — las coordenadas del centro y el radio —, hemos sistematizado el estudio de los mismos de la manera siguiente:

Hemos estudiado los círculos cuyos centros se encuentran en cuatro planos verticales distintos. Uno de ellos, el plano del paramento del muelle, uno segundo y otro tercero; los verticales, a 2 m. de distancia del anterior, a uno y otro lado del paramento del muelle. Finalmente, el plano medio de los cajones.

Elegida — entre estas cuatro líneas de centros — una cualquiera de ellas (ver fig. 10), se consideran todos los círculos que pasan por la arista B , y entre todos ellos se ha tomado el más desfavorable. Como hay tres aristas B distintas en nuestro proyecto (ya que hay tres tipos distintos de zanjas de cimentación) hemos obtenido tres círculos, pésimos cada uno de ellos, respecto a todos los de su serie. Como son cuatro las líneas de centros, se han encontrado de esta manera doce círculos, cuyo estudio se ha hecho figurar en el anejo de cálculos del proyecto. Se ha completado el estudio con unos círculos profundos y otros de pie.

El método seguido para hallar los distintos coeficientes de seguridad ha sido el del planímetro, en el cual se admite que una rebanada vertical cualquiera, EF , no transmite en su movimiento empujes a las contiguas, sino que se consideran independientes unas de otras, y por ello la reacción del terreno es igual al peso de la misma, con una componente tangencial $T = \gamma \cdot GE$, que ayuda al movimiento, y una normal $N = \gamma \cdot GF$ que, multiplicada por el coeficiente de rozamiento, se opone a él. La cohesión a lo largo del círculo es estabilizadora y lo mismo las componentes tangenciales a la izquierda de la vertical del centro. Así, pues, el coeficiente de seguridad, como cociente de ambas fuerzas, viene dado por:

$$\text{coef. seg.} = \frac{C \cdot L + \int \gamma \cdot N \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot dz + \int \gamma \cdot T^- \cdot dz}{\int \gamma \cdot T^+ \cdot dz}$$

Al atravesar el círculo terrenos de distintas características, se divide la curva de las N , para introducir en la fórmula los distintos ángulos de rozamiento. En el desarrollo HB del círculo se atraviesa la escollera del trasdós y relleno natural, para cuyo conjunto tomamos $\varphi = 37^\circ$. En la parte BK se atraviesa la escollera y la arena de cimentación y para el conjunto tomamos $\varphi = 35^\circ$. En la zona KM tomaremos la media de los datos facilitados por el Laboratorio de Mecá-

nica del Suelo, de la Escuela de Caminos, para los fangos a distintas profundidades (se tomaron muestras inalteradas, en las cuales se hicieron ensayos edométricos y se determinaron el rozamiento y la cohesión con los ensayos triaxiales), e igualmente, una cohesión media cuando la ofrezcan, siendo la longitud $L = KM$ la introducida en el numerador de la fórmula anterior.

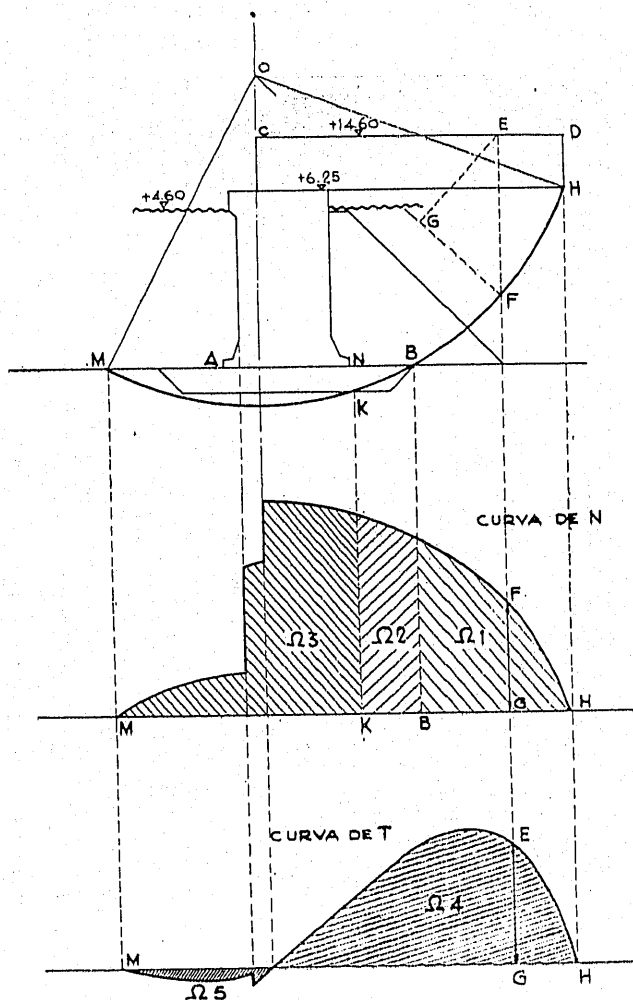


Fig. 10. — Método del planímetro en el estudio de la estabilidad de la obra en la hipótesis de deslizamiento circular.

Llamando Ω_1 , Ω_2 y Ω_3 a las áreas medidas en la curva de las N y Ω_4 y Ω_5 a las medidas en la de T , la fórmula se convierte en:

$$\text{coef. seg.} = \frac{C \cdot L + \Omega_1 \cdot \operatorname{tg} 37^\circ + \Omega_2 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ + \Omega_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi + \Omega_5}{\Omega_4}$$

Los coeficientes encontrados para los círculos de pie han sido superiores a 1,50. Para los que van a profundidades medias, varían, naturalmente, según la naturaleza de los fangos, oscilando entre 1,60 y 1,80. En los profundos — donde inicialmente hay

12,00 m. de fangos, de los cuales se sustituyen 4,40 metros —, valores superiores a 1,41. Recordando que el coeficiente 1,40 es aconsejado como mínimo por H. Meoli y R. Buich en sus aportaciones al Congreso Internacional de Bruselas, que en el libro *Warfs, Docks and Piers*, de F. M. du Plat Taylor se recomiendan valores que oscilan entre 1,25 y 1,75, y que nuestro compañero Entrecanales aconseja llegar a 1,50, aun reconociendo que no suele ser posible con-

— por los estudios y la observación de asientos — estemos convencidos de que se ha conseguido un tanto por ciento elevado de la consolidación, se permitirá el relleno, en primer lugar, y la habilitación para depósito de mercancías, posteriormente.

Para el cálculo de las solicitaciones — y por ello, de la armadura — de los cajones de hormigón armado, se han considerado tres estados diferentes. Primeramente, durante las operaciones de remolque y fondeo.

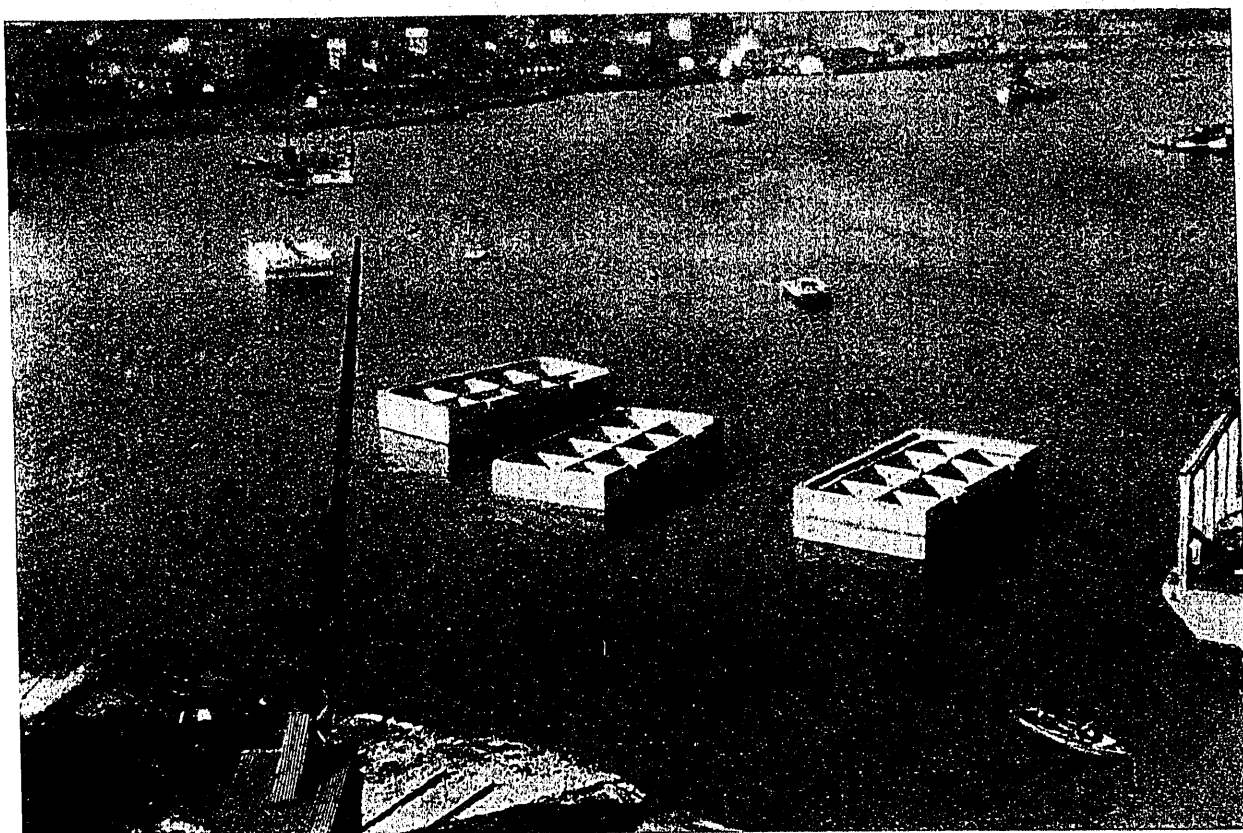


Fig. 11. — Cuatro cajones flotando y esperando el momento de su fondeo.

seguir un coeficiente mayor de 1,50 y muchas veces hay que contentarse con 1,25, hemos dado por estable la obra. Aun cuando se han hecho estudios de la consolidación de los fangos, y que no los hacemos figurar en este artículo, no tenemos cuidado alguno a este respecto, porque por el ritmo obligado en estas obras — por motivos técnicos y económicos — antes de que los fangos entren en un nuevo estado de carga, se han consolidado casi para el precedente. Tenemos cajones que, desde que se ha vertido la escollera del trasdós hasta que se alcance la misma con el relleno y pueda sobrecargarse el muelle, habrá pasado más de un año en unos y dos o tres años en otros. El muelle que está terminado en la actualidad (sin relleno), está dedicado a atraque de petroleros que no dan sobrecarga alguna sobre el mismo. Sólo cuando

Después, cuando se han rellenado de arena las celdas posteriores, y, finalmente, el último estado, cuando está vertida la escollera del trasdós y el relleno con el muelle sobrecargado. En ningún caso se ha hecho trabajar el acero a más de 1 200 Kg./cm.², y la compresión máxima del hormigón encontrada ha sido — precisamente por la estructura celular del mismo — de 22,40 Kg./cm.².

La solera de las celdas anteriores y posteriores está formada por placas elásticamente empotradas en sus bordes, por lo que se han tomado en ellos los momentos de empotramiento perfecto, y en el centro, estos mismos valores, incrementados en un 50 por 100. La situación más desfavorable para las posteriores tiene lugar una vez fondeado el cajón y rellenas las celdas de arena, ya que son máximas las reacciones

de la escollera de cimentación bajo las mismas. La acción de la arena se deduce aplicando las fórmulas de los silos, y el régimen de flexiones así calculado se incrementa en una tracción uniforme en la base, originada por los empujes horizontales de la arena sobre la pared de las celdas y por el desnivel de 2,00 metros que puede existir entre el nivel del agua en las celdas del trasdós — rellenas de arena y, por ello, incomunicadas y con altura de agua constante — y en las anteriores, que por estar en comunicación directa con la bahía, cambia el nivel en cada estado de marea. En las anteriores, el estado más desfavorable tiene lugar cuando la obra está terminada, ya que la subpresión neutraliza el empuje del agua que rellena las celdas y queda solamente la reacción del cemento, máxima en la parte delantera del cajón al final de la obra.

El paramento del trasdós del cajón está sometido al empuje originado por la diferencia de niveles del agua en las celdas posteriores y en el relleno, que puede actuar en uno u otro sentido, al empuje de silo de la arena, que tiene lugar de dentro a afuera, y al empuje de la escollera, en sentido contrario. La combinación más desfavorable de estos estados ha servido de base para la colocación de armaduras.

Durante las operaciones de remolque se han hallado, gráfica y analíticamente, los esfuerzos y no llega a haber tracciones en ningún punto. La cuantía de acero que se ha obtenido para el conjunto ha sido la de 34 Kg. de acero por metro cúbico, pero la mayor parte de la armadura está colocada en la solera, donde se llega a los 80 Kg./m.³, y el fuste está muy débilmente armado.

Se ha estudiado la estabilidad naval de los cajones durante las operaciones de remolque y fondeo, y como consecuencia del estudio, las celdas anteriores se hormigonan en todo su espesor solamente hasta la cota — 3,95 m., y desde esta cota hasta la coronación del cajón se termina de hormigonar, hasta dar a las paredes todo su espesor, cuando el cajón está en su emplazamiento definitivo (fig. 5.^a). La línea de puntos de la figura 5.^a indica la separación entre los hormigones ejecutados antes y después del fondeo. Durante el remolque se llenan las celdas posteriores de arena en una altura de 95 cm. y se colocan las tapas sobre ellas. El objeto de estas medidas es conseguir que el centro de gravedad caiga precisamente en el plano medio del cajón, con lo cual no va escorado durante el transporte; por otra parte, el cajón tiene una flotación de 2,80 m., más que suficiente para ejecutar todas las operaciones previas a su hundimiento con seguridad (el calado es de 11,50 m., aproximadamente). Como además el centro de gravedad (cota — 4,82 m.) está situado por debajo del centro de suspensión (cota — 4,49 metros), el equilibrio es estable.

Acabamos así de describir la obra, de una manera somera, no entrando en detalles que carecen de interés para el objeto de este artículo.

2.^a Ejecución y marcha de los trabajos.

Haremos la exposición de los trabajos siguiendo el orden en que se ejecutan y dividiéndola en los ocho puntos siguientes:

- a) Dragado.
- b) Vertido de arena.
- c) Vertido de la escollera de cimentación.
- d) Construcción de cajones, remolque y fondeo.
- e) Refuerzo de las celdas anteriores.
- f) Relleno de arena en las celdas posteriores.
- g) Vertido de la escollera del trasdós del muelle.
- h) Superestructura y relleno.

a) DRAGADO.

Se realiza con los elementos de la Junta de Obras, constituidos por una draga de rosario, dos gánguiles y dos remolcadores. La draga de rosario tiene una eslora de 60,00 m., una capacidad de dragado de 300 metros cúbicos a la hora, puede dragar a profundidades comprendidas entre los 3,00 y 17,00 m. y la potencia es de 450 HP. Los gánguiles son de 250 m.³ y los remolcadores, el mayor, *Ingeniero Marquina*, de 450 HP., y el segundo, *Andrés*, de 125 HP.

La escala de la draga puede colocarse en tres posiciones distintas y dada la profundidad de dragado (hay que alcanzar la cota — 14,40 en el tipo núm. 5 de muelle) hubo que colocarla en su posición más inferior. Se relacionó, al principio de los trabajos, cuidadosamente, la profundidad de los bordes cortantes de los cangilones inferiores del rosario con la posición de la escala, y de esta manera se ha logrado una gran precisión en la ejecución de la solera de la zanja; se han obtenido unas diferencias máximas con el perfil tipo, de unos 20 cm. Esto en un mar con marea y extrayendo fangos por debajo de la cota — 13,00 m.

Con el objeto de conseguir la mayor fidelidad con los perfiles tipo en la dimensión de la anchura de la zanja, se colocó la draga paralela a la línea de muelle, moviéndose hacia una y otra banda y avanzando ligeramente después de cada recorrido. En tierra y en las alineaciones de los bordes de la zanja se colocaban varias banderolas o un taquímetro, siendo el capitán el que en el primer caso daba la orden de invertir el movimiento, o el obrero que estaba junto al taquímetro en estación el que advertía con señales, en el segundo. En zanjas de anchuras medias entre 26,00 y 42,00 m. se han obtenido unas diferencias máximas de unos 3,00 m.

Como el rendimiento de la draga es superior al de los dos remolcadores, se dispuso la maniobra de los gánguiles de manera que mientras el remolcador grande los sacaba de puntas para el vertido de los materiales de dragado (fangos de mala calidad, inadmisibles como material de relleno), el pequeño ma-

niobraba dentro de la bahía. Así se han dragado al mes, normalmente, los 30 000 m.³ de fangos.

b) VERTIDO DE LA ARENA DE CIMENTACIÓN.

Con este objeto se habilitó una pequeña embarcación como draga de succión, con su cántara de 100 m.³ de capacidad y que toma la arena de la playa cercana de Fuenterrabía, arena limpia y de inmejorable calidad. Al verter la arena en las zanjas por el procedimiento simple de abrir las compuertas del fondo, se presentaban dos problemas: el primero, que no quedase formando montones que luego hubiese que nivelar con un carramarro, y el segundo, que no se escapase de la zanja y se extendiese por la bahía.

Como la altura de caída oscila entre los 12 y los 19 metros, además de tener reticulada la zanja y saber, en todo momento, el punto exacto en que se hacía el vertido, se rodeaba la embarcación de unos toldos colgados de bidones y lastrados en el fondo, que impedían se extendiera la arena fuera de la zanja y se abrían lentamente las puertas para asegurar una caída vertical y progresiva. Actualmente se ha prescindido de los toldos; en la maniobra de vertido se emplea una hora aproximadamente para cada viaje de la draga y la superficie no presenta zonas altas, siendo innecesaria la nivelación posterior y no habiendo sido ningún problema la ejecución de esta parte de la obra. La pequeña capacidad de la embarcación queda compensada con el número de viajes que diariamente puede hacer cuando el estado del mar le permite las maniobras de succión y transporte (ver figuras 19 y 20).

c) VERTIDO Y ENRASE DE LA ESCOLLERA DE CIMENTACIÓN.

El vertido de esta escollera tiene lugar con la ayuda de un gánguil de hormigón armado, construído expresamente para este fin por la empresa FINCOSTT. Tiene una capacidad de 120 Tn. y unas dimensiones de 16,00 m. de eslora, 9,60 m. de manga y un puntal de 3,00 m. El volumen de hormigón empleado es de 80 m.³. La tolva está revestida de una chapa de acero de 12 mm. de espesor, pero apoyada en el hormigón a través de unas bandas de caucho de 20 mm. de espesor. En su parte inferior tiene unas dimensiones de 3,25 X 2,40 m.² y dos puertas de 3,25 X 1,20 m.², colgadas de cadenas y cuya apertura o cierre se acciona por medio de un sin fin instalado en la cubierta.

En las figuras 16 y 16 bis, puede verse el hormigonado y botadura de la embarcación descrita, y en la figura 23 un momento del vertido sobre la misma. Una vez remolcada encima del sitio donde posteriormente han de ser fondeados los cajones, se acciona el mecanismo de apertura y la piedra cae sobre la

arena. Como el espesor de escollera es de 1,40 m. en todos los tipos de muelle, el primer vertido se hace con ayuda del gánguil, y el enrase posterior con ayuda de dos equipos de bucerío (cada uno compuesto de dos buzos especializados en estos trabajos), quienes con ayuda de carriles enrasados, encajan las piedras, unas con otras, pidiendo más escollera donde el vertido ha sido insuficiente y quitando las crestas que hayan quedado en las operaciones.

Los bloques de escollera son muy pequeños y sus pesos oscilan entre los 15 y los 50 Kg. Son por ello manejables en tierra y mucho más en el agua. Los enrases se hacen, no en todo el ancho de la zanja, sino solamente en los 11,50 m. que tiene de anchura el cajón en su base, incluyendo las ménsulas de la solera. Sondeos efectuados antes del fondeo de los cajones, nos han hecho ver la precisión de cada enrase, y buena prueba del acoplamiento de unas piedras con otras es la elevada densidad aparente del manto vertido, que oscila entre 2,00 y 2,10, todo ello con un material calizo que, convertido en gravilla y arena, proporciona unas densidades aparentes para los áridos de 1,50.

El enrase no se deja horizontal, sino que se hace 5 cm. más bajo por el lado del relleno, con el objeto de que, a la terminación de la obra y debido a las mayores cargas en el paramento junto a la bahía, al tener mayor asiento por el lado de la misma, quede aproximadamente horizontal el cajón.

d) CONSTRUCCIÓN DE CAJONES, REMOLQUE Y FONDEO.

La parte más interesante de la obra la constituye el taller de construcción de cajones, y su descripción es la que nos ha movido a la redacción del artículo. A la vez, en ella, mencionaremos solamente las cosas que creemos puedan tener algún interés, pasando por alto las comunes a otras obras y del conocimiento de todos los lectores. Por esta razón nada se dirá, al describir el hormigonado, de la cantera ni del teleférico, instalación de machaqueo y silos de áridos. En la figura 18 aparece la planta y distintos alzados del taller, que juntamente con las indicaciones al margen de uno de los alzados, permiten darse idea del funcionamiento.

En esencia consta de una infraestructura formada por tres cajones pequeños de hormigón armado (pequeños en cuanto a su anchura, ya que la longitud y la altura son las mismas de los generales de obra; es decir, 17,25 m. y 14,00 m., respectivamente). De estos bloques y por medio de un sistema de cadenas, se cuelgan unas plataformas metálicas sobre las que se vierte el hormigón. A medida que la ejecución avanza, se hacen descender estas plataformas, con lo que el hormigonado tiene lugar a una altura constante. Al final de los trabajos, se descende la plataforma hasta que el cajón y por el empuje del agua entra en flotación, siendo remolcado fuera

del taller, para el comienzo de un nuevo bloque, una vez levantada hasta su posición más alta. Como son tres los cajones especiales fondeados, quedan dos espacios entre ellos y, por ello, se ejecutan dos cajones simultáneamente. Un día se hormigona en uno y al día siguiente en el otro bloque. Cada mes se botan dos bloques, y como la eslora de cada uno de ellos es de 17,25 m., se vienen a ejecutar 34,50 m. de muelle al mes; es decir, algo más de 1,00 m. l.

ción, harán de pequeño dique atracable a ambas bandas por petroleros y barcos de pesca a la toma de gas-oil).

Sobre un dique flotante de 1.900 Tn. que existe en Pasajes, se hormigonaron en una primera fase los dos primeros cajones especiales (ver figs. 12 y 13). Una vez acabado el hormigonado y botados (ver figura 14) se hundieron en el taller sobre arena y escollera de los mismos espesores que el muelle tipo

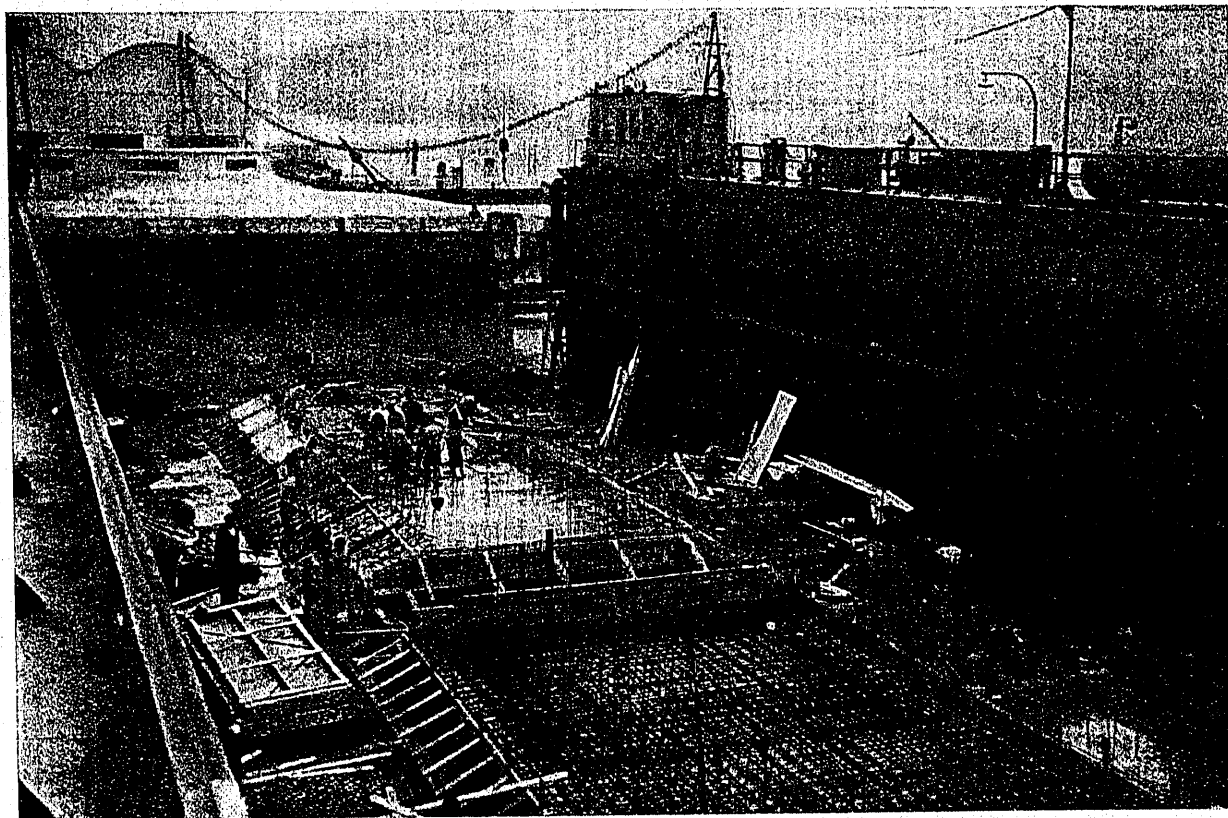


Fig. 12. — Hormigonado de la solera de los cajones pequeños en un dique flotante.

de muelle por día, muelle de calado a — 10 m., lo que hace patente el ritmo acelerado de las obras y que se lleva desde el primer día después del montaje, ininterrumpido hasta el momento actual, con lo que se espera haber acabado el fondeo de los 65 cajones, que forman las obras de construcción de los Nuevos Muelles, a finales del año en curso.

Como el taller está emplazado en la tercera alineación, al final de la obra será precisa la demolición del mismo, el hundimiento de cajones normales en su emplazamiento y la puesta a flote de los tres especiales y su hundimiento al final de la cuarta alineación (emplazamiento que se les ha fijado, ya que por su menor anchura no podrían soportar empujes de escollera y relleno, y al final de la última alineación,

número 3 (arena desde la cota — 13,40 a la — 11,40 metros y escollera desde esta última cota hasta la — 10,00 m.), después de recrecerse junto a un muelle.

Entre estos dos bloques y utilizando la plataforma suspendida entre ambos, se hormigonó en primer lugar un gánguil de hormigón para la escollera de cimentación (figs. 15, 16 y 16 bis) y posteriormente el tercer cajón especial, para la terminación del montaje del taller (ver fig. 17).

Entre las cotas 4,00 y 6,00 m. posteriormente se hizo una superestructura de hormigón armado, dividida en compartimientos para depósito de las cadenas de suspensión. Unos pilares y, finalmente, una superestructura metálica a la cota 16,50 m. para sus-

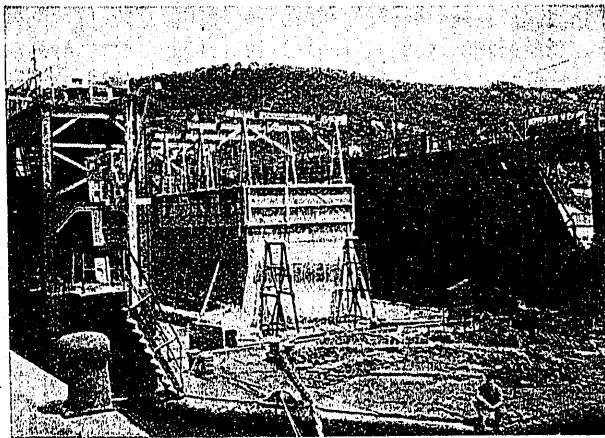


Fig. 13. — Otra fase más avanzada del hormigonado de los mismos.

pensión de canaletas y encofrados, dan remate al taller. Las cerchas que constituyen la superestructura superior van perfectamente apoyadas en los apoyos, ya que el menor asiento en la base de los cajones produce desplazamientos o giros de consideración a la cota 16,50 m. de los mismos.

Quizá una de las partes más acertadas del taller ha sido el mecanismo de suspensión de las plataformas donde se vierte el hormigón de los bloques. Cada plataforma está colgada de 24 puntos (12 en cada banda) que tenían que adaptarse a las normas siguientes:

1. Necesidad del ascenso o descenso simultáneo de los 24 puntos, para que el régimen de trabajo a que están sometidas las cerchas que forman la plataforma sea admisible.
2. Necesidad de efectuar el empalme en las cadenas y la retirada de elementos en las mismas.
3. Flexibilidad del conjunto y de las partes para permitir que los bloques se muevan, aun ligeramente, por las corrientes de resaca del interior de la bahía.
4. Limitación de las cargas verticales sobre cada apoyo.

Aun cuando el peso del hormigón que forma cada bloque, a la salida del taller, es de 1 600 Tn. aproximadamente, se han estudiado las fases de hormigonado, de manera que, a la vista de la posición de la plataforma y de la carrera de marea durante cada jornada de trabajo, no llegue (gracias al empuje del agua) nunca a insistir sobre la plataforma un peso superior a 800 Tn. (lo que da una carga en cada punto de 33,3 Tn.), ni tampoco el caso opuesto; es decir, a la flotación del bloque.

Y considerando el peso de las cadenas, de la plataforma y un pequeño margen, se ha dimensionado cada juego de cadenas para 36 Tn. por cada uno de los 24 puntos de que está colgada la plataforma.

El movimiento simultáneo y vertical de todos los

puntos exige un motor en cada banda, o, mejor dicho, un eje único transmisor del movimiento para cada 12 puntos. Si el eje fuera rígido se rompería por la necesidad de pequeños movimientos (las cadenas se moverían según las generatrices de un cono cuyo vértice estuviese a la cota del apoyo en la superestructura inferior de hormigón y la base en el plano de la plataforma). Por ello, el movimiento se transmite a lo largo de doce pequeños ejes, unos a continuación de otros, unidos por transmisiones Cardan y empalmes telescópicos y mediante el correspondiente juego de engranajes a unos tornillos sin fin de los que están colgadas las cadenas, y de ellas, la plataforma. La base del tornillo sin fin tiene una articulación esférica que permite el movimiento según el cono anteriormente especificado.

Con una sencilla llave, aplicada a uno de los engranajes, puede alojarse un juego de cadenas, tensarse al igual que las demás y medirse en todo momento la carga vertical que de ellas pende. En el taller y en sitio visible, están expuestos unos ábacos relacionando la altura de marca y el peso del hormigón vertido con la posición de la plataforma y la tensión uniforme a que debe estar sometido cada punto de suspensión. Hay un equipo encargado de esta verificación. Para el empalme de cadenas, se alojan dos juegos (uno en cada banda y que ocupen posiciones simétricas respecto del centro del bloque), se efectúa el empalme en la longitud deseada y se ponen de nuevo en tensión. Al hacer esto con todos los juegos, terminado el empalme, puede accionarse el motor para el descenso simultáneo y seguir hormigonando. Una vez botado el cajón, el movimiento sería el inverso; es decir, retirada de elementos en las cadenas para acortarlas y

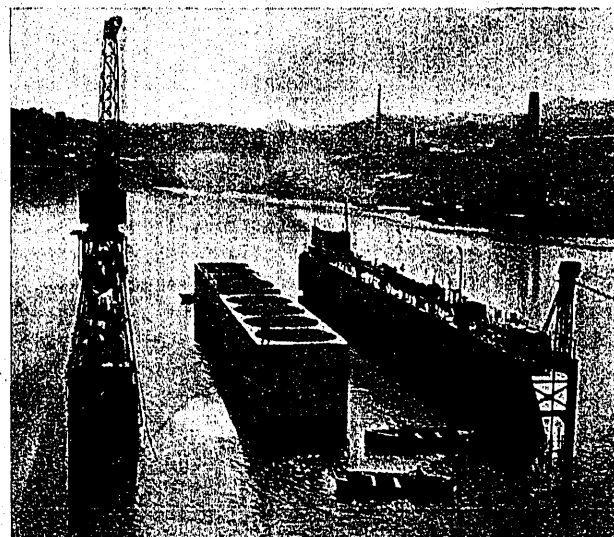


Fig. 14. — Botadura de dos cajones pequeños y que posteriormente habrían de constituir la infraestructura del taller de bloques.

subir la plataforma, comenzando de nuevo con el hormigonado de la solera del siguiente bloque.

Los encofrados, tanto los exteriores como los interiores, para la formación de las celdas, son metálicos, de 1,50 m. de altura (altura a la vez de las tongadas de hormigón vertidas en cada jornada), reforzados con perfiles que les proporcionan rigidez

altura (14,00 m.), pero no con todo su espesor. En la figura 5." la línea de puntos en la planta separa los hormigones ejecutados en el taller y fuera del mismo. Los espesores mínimos de las paredes en el paramento junto a la bahía son de 50 cm., junto al relleno de 30 cm., y el espesor de los tabiques 15 cm. Decíamos en la primera parte de este artículo, que

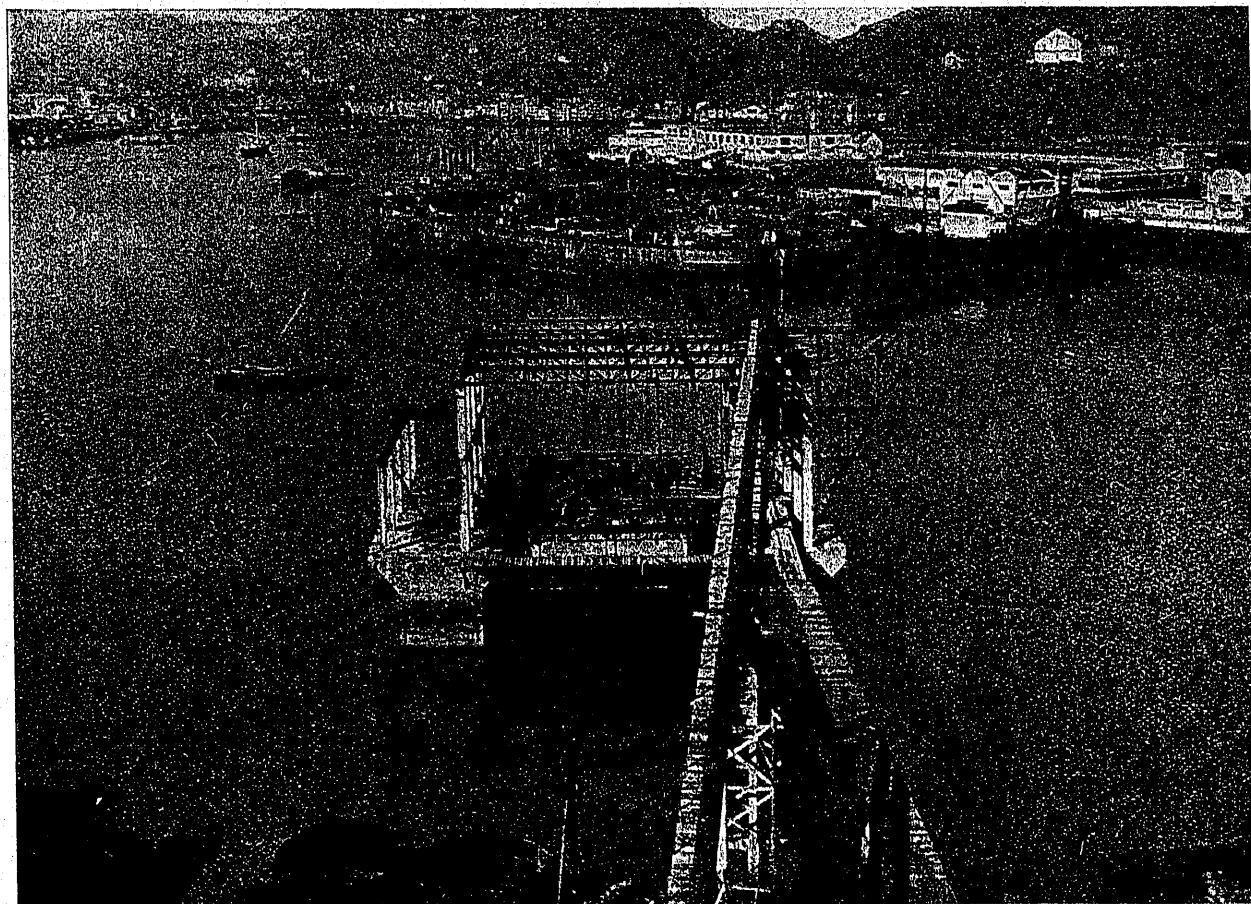


Fig. 15. — Vista del taller durante su fase de montaje. Los cajones, cuya botadura aparece en la figura anterior, han sido fondeados y entre los mismos se procede a la ejecución de un gánguil para la escollera de cimentación.

y en su interior con dos husillos, que al ser accionados a mano, acercan o alejan unos paramentos a otros, movimiento posible por los juegos de articulaciones que presentan a lo largo de generatrices verticales. Se mantienen limpios y se les pinta con fuel para que su superficie no se adhiriera al hormigón. Están colgados de una especie de parrilla, a la vez suspendida de la superestructura superior del taller.

Queda con esto terminada la exposición de los elementos que forman el taller y pasamos a decir algo sobre las características del hormigón fabricado en obra.

Los cajones se hormigonan en el taller en toda su

van débilmente armados (una cuantía media de 34 kilogramos/m.³) precisamente por la forma abovedada de las celdas, y la mayor parte de la armadura corresponde a la solera donde las solicitaciones son mayores.

El hormigonado tiene lugar en diez fases distintas. En cada una de ellas se coloca la suspensión de las cadenas a la cota precisa para que ni flote el bloque, ni pese más de 800 Tn. sobre la plataforma. Son cinco los puntos en que puede situarse, oscilando sus cotas entre la 4,40 y la 6,20 m. Primeramente se ejecuta la solera y las ménsulas de la base, con un volumen de hormigón de 140 m.³. En la segunda fase los acartelamientos, con una cubicación de 60

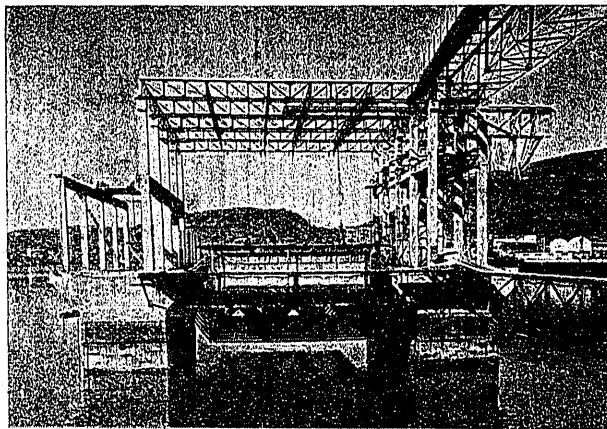


Fig. 16. — Vista del taller de construcción de cajones durante el montaje. Encima de una plataforma metálica, suspendida de los dos cajones fondeados en primer lugar, se procede primeramente al hormigonado de un gánguil para la escollera y después a la ejecución del tercer cajón pequeño, y que con los anteriores completa la infraestructura del taller.

metros cúbicos. Las restantes fases (tongadas de 1,50 metros de altura) presentan el mismo volumen: 45 metros cúbicos. En las dos últimas, además de recrecer el cajón en el sentido de la altura, se refuer-

zan en su interior las celdas del lado de la bahía, con un volumen total de 75 m.³.

Se hormigona alternativamente en uno u otro bloque y con el sistema de cinta transportadora y canaletas, además de tener un suministro continuo de masa, se la hace llegar con facilidad a la zona del cajón que se desee. Se ha dejado a las armaduras un recubrimiento de unos 6 ó 7 cm. para evitar el peligro de oxidación en hormigones sumergidos.

Una de las preocupaciones que hemos tenido ha sido la de asegurar la inalterabilidad del hormigón bajo la acción agresiva de las aguas marinas. Según las conclusiones del Congreso Internacional celebrado en Lisboa el año 1949, la mejor manera de asegurarse contra ello es que tenga lugar el proceso del fraguado en seco y sin contacto con el agua del mar, a la vez que una mayor compacidad en las masas y, lógicamente, a mayor compacidad, mayor impermeabilidad, mayor inalterabilidad y mayores resistencias. El fraguado tiene lugar en seco, ya que desde que se vierte el hormigón en una tongada hasta que queda parcialmente cubierta en las pleamares con el descenso de la plataforma, pasan unos cuatro días normalmente. Decidimos no emplear mezcla de Portland y Zumaya, sino simplemente fuerte dosificación de Portland, con una dosificación de áridos bien estudiada y con

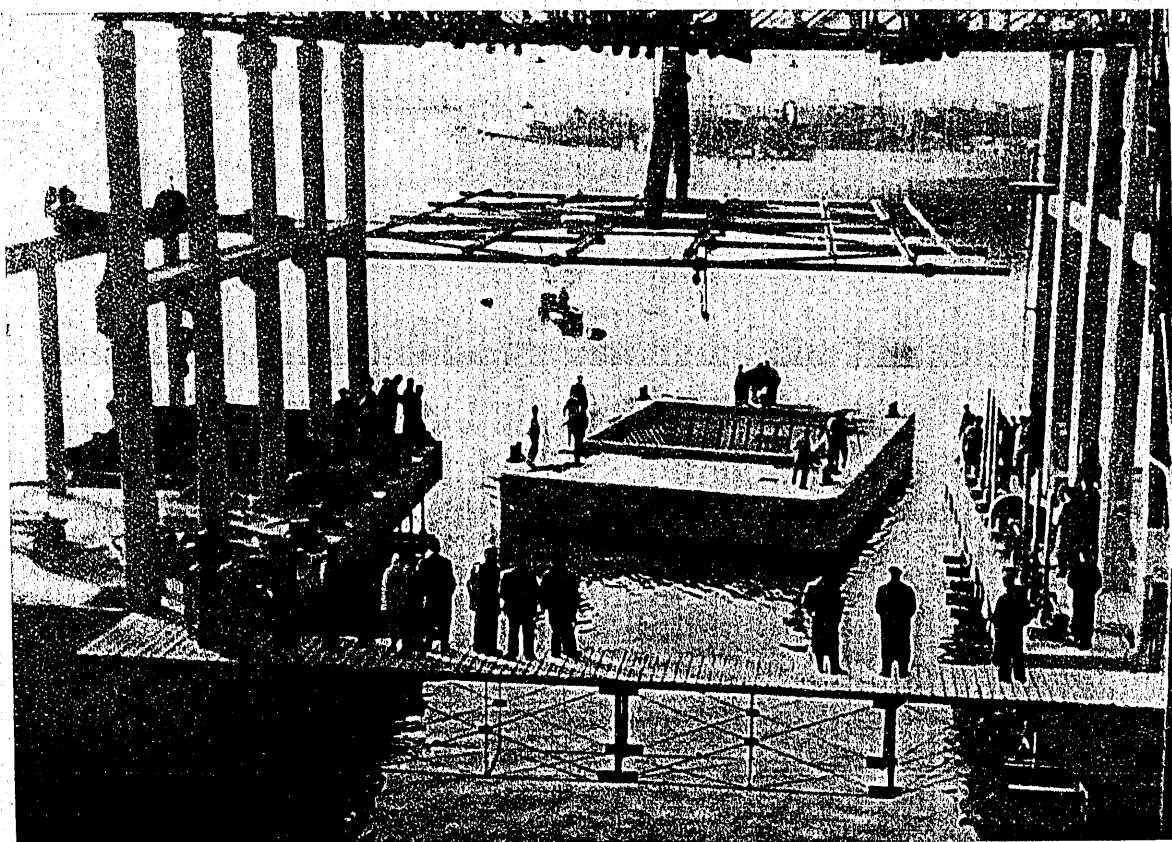


Fig. 16 bis. — Botadura del gánguil de hormigón para la escollera de cimentación.

un eficaz vibrado en obra. Para ello se enviaron al Laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción muestras de la gravilla y arena con el objeto de que determinasen la proporción óptima de ellos, suponiendo una dosificación de cemento de 350 Kg. por metros cúbicos (dosificación constante para todas las partes de la obra, 350 Kg./m.³ de Portland fabricado por Cementos Rezola).

migón y a envolver las armaduras, especialmente en los tabiques intermedios de 15 cm. de espesor y de dos capas de armaduras, difícil sin ellos de colocar en obra.

En cada tongada se toman tres probetas para romper a los siete, veintiocho días y tres meses. Es difícil precisar la relación existente entre los valores de rotura de las probetas cúbicas y la resistencia

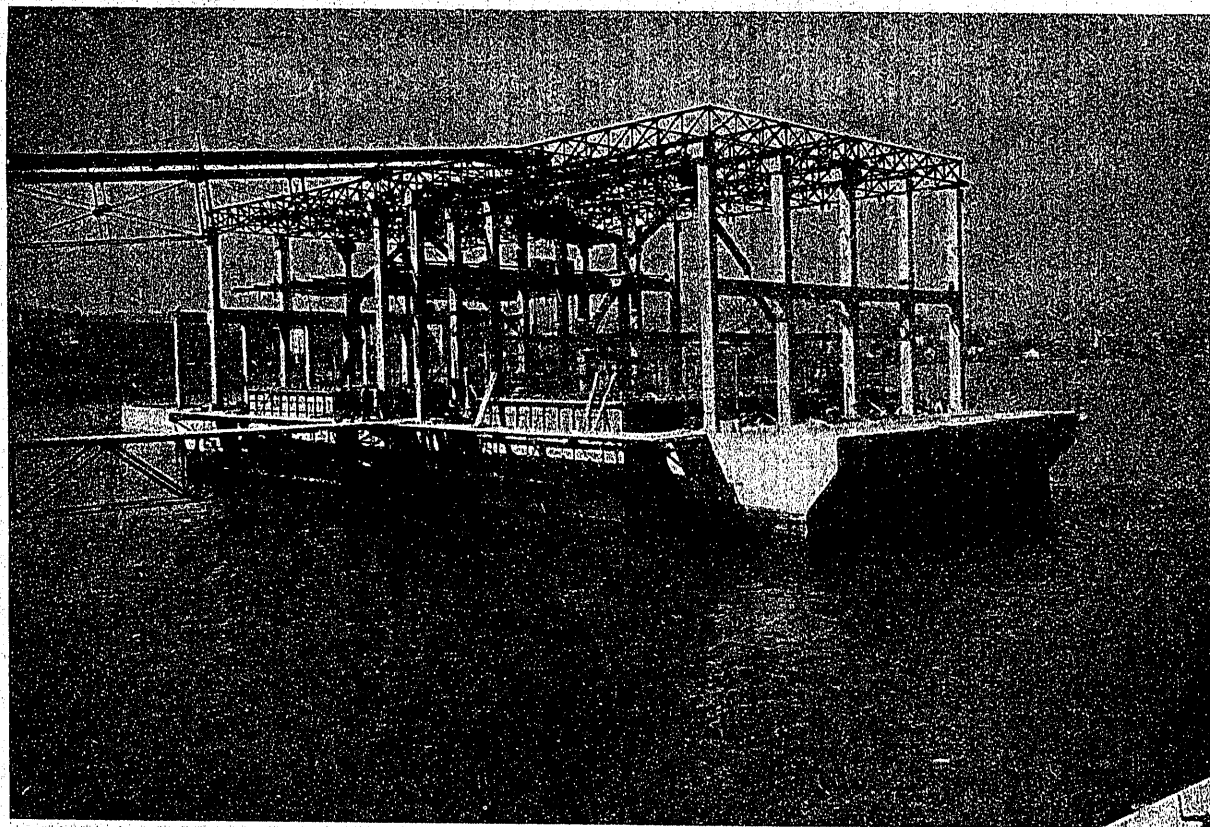


Fig. 17. — Taller de construcción de cajones. Entre los tres cajones fondeados hay dos plataformas metálicas suspendidas, encima de las cuales se vierte el hormigón. A medida que el hormigonado avanza (llevado a obra por una cinta transportadora y un sistema de canaletas) se hacen descender las plataformas, y cuando la ejecución termina, los cajones flotan y son remolcados fuera del taller. Tanto los encofrados metálicos como las canaletas están suspendidos de la superestructura metálica del taller.

Los áridos proceden del machaqueo de calizas urgonianas (uno de los pisos inferiores del cretácico) de densidad real alrededor de 2,7. La gravilla tiene una densidad aparente de 1,47 y la arena de 1,58. Las proporciones para la obtención de 1 m.³ dadas por el Laboratorio, fueron: 850 litros de gravilla y 350 litros de arena; todo ello en hormigones sin vibrar; en los vibrados que hacemos en obra, respetamos la proporción de gravilla y arena y echamos el agua precisa para el transporte por canaletas, y compatible con el vibrado. No solamente con los vibradores se consigue el efecto para el que han sido fabricados, sino que ayudan al reparto del hor-

del hormigón en el cajón, ya que, además de la disparidad de los resultados en las probetas, éstos dependen mucho del curado a que hayan sido sometidas en los primeros días de la fabricación. Los valores medios en probeta cúbica y a los siete días han oscilado alrededor de los 140 Kg./cm.² (valores mínimos de 120 y máximos de 200 Kg./cm.²). Las roturas a los veintiocho días, que son las que en realidad sirven para la fijación de las cargas admisibles, han tenido lugar a los 230 Kg./cm.² (valores mínimos de 180 y máximos de 310 Kg./cm.²). Finalmente, a los tres meses de la fabricación, el hormigón tiene un aumento de resistencia que oscila

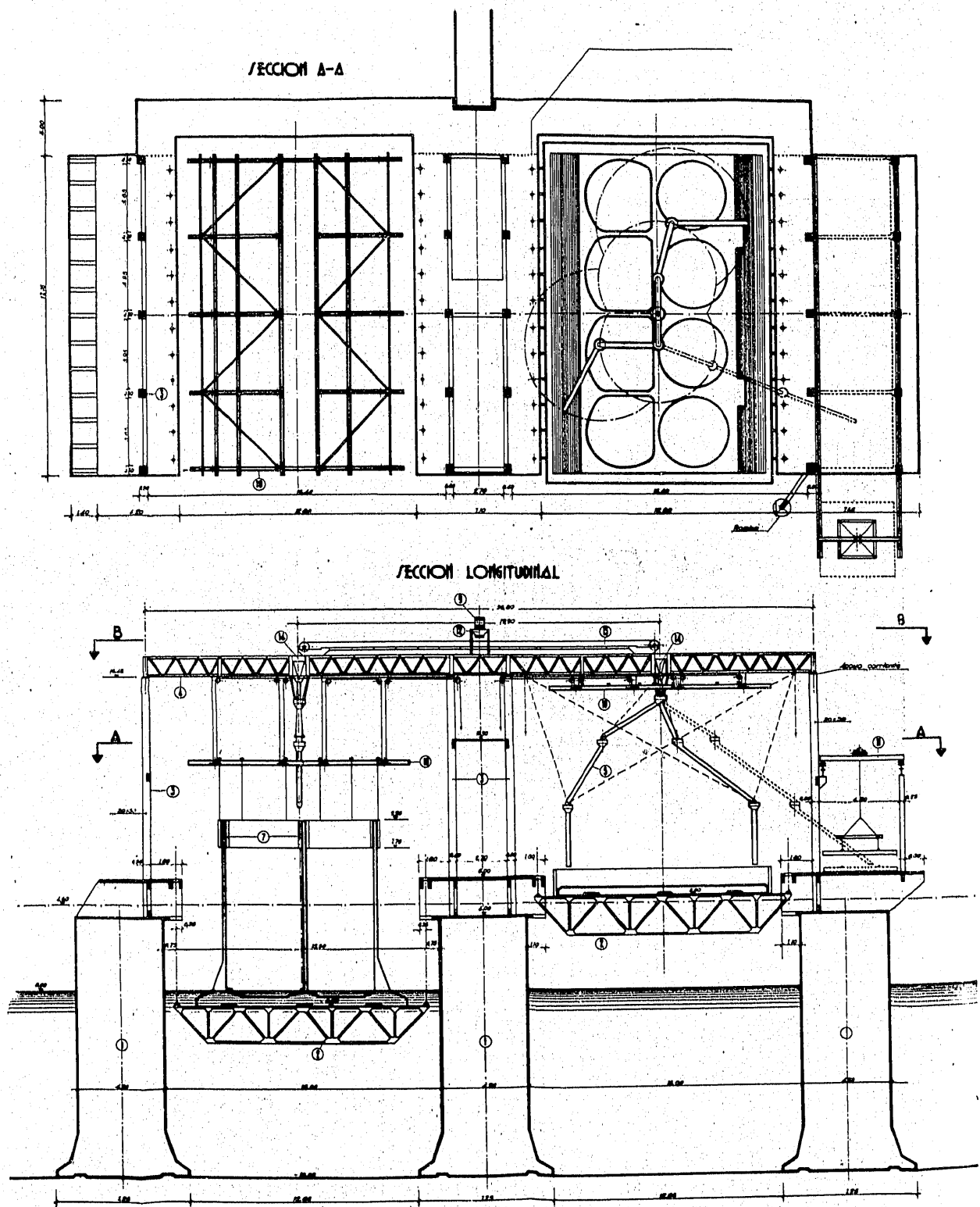


Fig. 18.— Planta y alzados del taller

Junta de Obras del Puerto de Ponce
OBRAS DE NUEVOS MUELLES
TALLER PARA LA CONSTRUCCION DE LOS CAJONES

- 1.- Cajones monoblocos que constituyen el taller
- 2.- Plataforma de apoyo de los cajones durante la construcción
- 3.- Superestructura de hormigón armado
- 4.- Superestructura metálica para suspensión de canchales y encofrados
- 5.- Canchales para vertido del hormigón
- 6.- Encofrados metálicos
- 7.- Pasarelas de servicio
- 8.- Cinta para el transporte del hormigón
- 9.- Ferrocarril metálico para suspensión de los encofrados
- 10.- Mecanismo para elevación y transporte de los bloques de los cajones
- 11.- Cinta para el cambio de dirección
- 12.- Cinta transportadora de hormigón
- 13.- Balsa
- 14.- Balsa

SEPTEMBRE 1958

entre el 10 por 100 y el 20 por 100 en los nuestros; la media de las roturas ha sido 265 Kg./cm.² (oscilando entre 210 y 350 Kg./cm.²). Todos los valores expuestos nos han dejado tranquilos desde los puntos de vista de compacidad y resistencia.

Las juntas de hormigonado se pican y rejuntan antes de quedar sumergidas. Las filtraciones son casi nulas, como se observa a medida que la plataforma

mas coincide con el de la media marea, y por ello las diferencias de nivel máximas serán de unos dos metros y medio (y en el taller, en el momento de la botadura, el calado del cajón es de unos 11 m.).

En el remolque y fondeo no se ha presentado ningún problema; el transporte tiene lugar cuando la marea sube, para hacer el fondeo una hora antes de la pleamar, y caso de error poner a flote fácil-

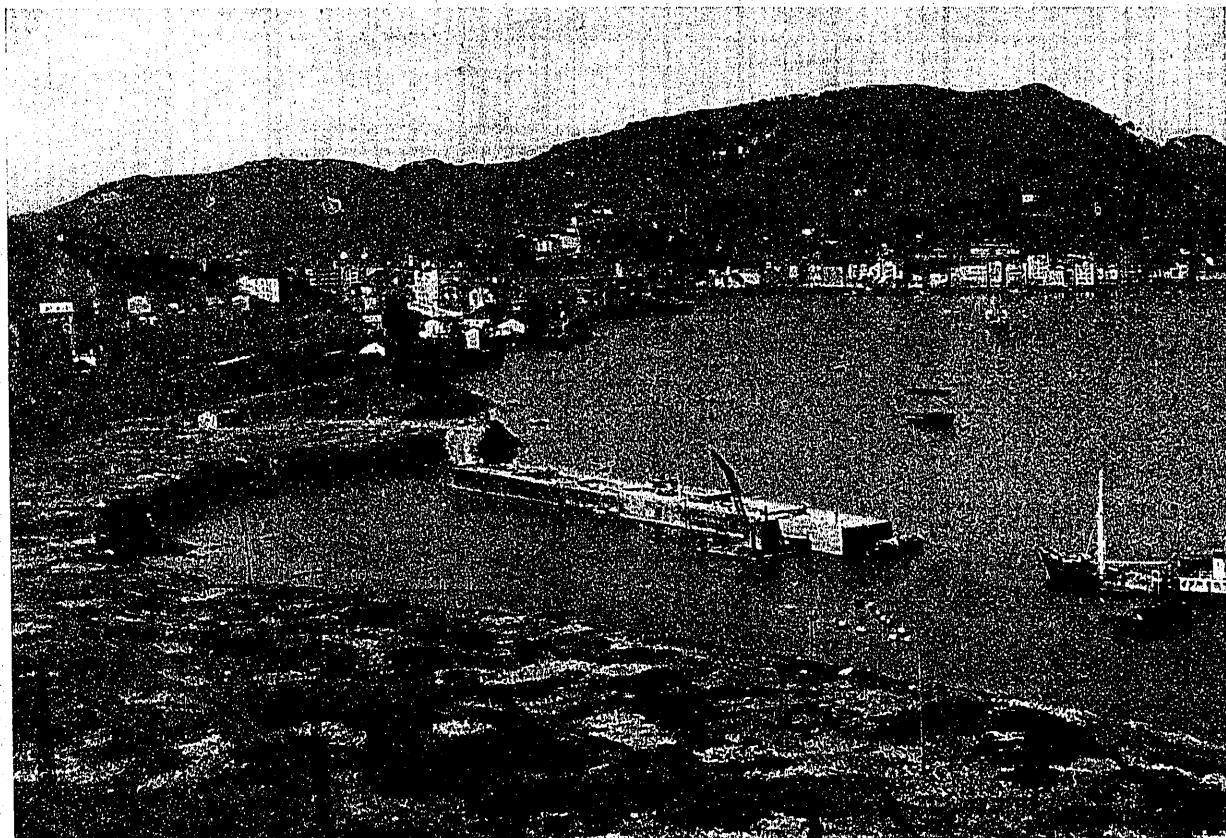


Fig. 19. — Los seis primeros cajones fondeados en la segunda alineación. En primer plano y a la derecha, la pequeña draga de succión empleada para el vertido de la arena de cimentación.

desciende. Una vez fondeados, aún serán menores, ya que, al estar en comunicación con el agua de la bahía las celdas anteriores (por medio de unos orificios) el nivel de agua en ellas será el mismo que el que la marea presente en cada momento; no habrá diferencia de niveles entre uno y otro lado de la pared del hormigón y por ello no existirá la principal causa de filtraciones a través de la masa (no olvidemos que una gran parte de la antigua alteración de los hormigones era simplemente acción física, de arrastre de partículas al circular el agua marina por el interior de una masa de hormigón). Las posteriores van incomunicadas por ir rellenas de agua y arena, pero el nivel de agua en las mis-

mente el cajón (ayudado por la marea que aún va subiendo) mediante el juego de bombas que sirve para el hundimiento. Se los puede colocar con toda precisión. Puede fondearse provisionalmente un cajón, situarlo exactamente y, apoyándose en él, fondear con toda precisión el siguiente. A la vez, apoyándose en este último, el provisional se mueve lo preciso, una vez puesto a flote, para que ocupe la posición exacta que le correspondía en el proyecto. Casi se hace con ellos lo que se quiere. La razón principal es la tranquilidad de las aguas de la bahía y que las operaciones se llevan a cabo cuando no hay ni la menor perturbación en ella, concretamente, cuando no hay nada de resaca, que aun cuando se

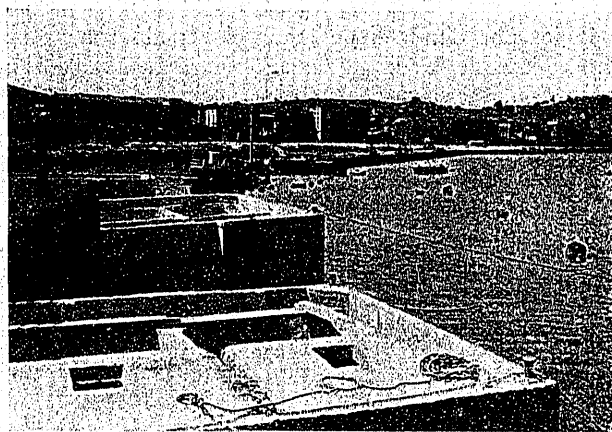


Fig. 20. — En primer plano, bloques flotando con las celdas posteriores cubiertas para facilitar las maniobras durante el remolque. Obsérvense los orificios que las tapas prefabricadas presentan para el relleno posterior de arena con la misma draga de succión, que aparece en el centro de la fotografía.

presenta muy pocos días al año imposibilitaría la precisión del hundimiento; ya que los nodos de las ondas, con sus desplazamientos horizontales no son puntos fijos en la bahía, y se puede decir que todo el interior queda afectado algo. La forma de los ca-

jones no es, como puede suponerse, nada marinera para hacer frente a estas perturbaciones. En planta y respecto a la línea del muelle, los máximos errores en la colocación han sido de unos 15 cm., y lo corriente es que la planta del cajón quede desplazada unos 5 cm. de la teórica.

El ritmo de construcción de dos cajones por mes ha sido constante desde el montaje del taller, pues aun cuando no estén los enrase de escollera preparados, los bloques se botan y amarran junto al taller, esperando la terminación de la labor de los buzos. Constantemente hay en la bahía uno o dos cajones esperando el momento del transporte, como puede observarse en las figuras 3.^a, 7.^a, 11, 20 y 29.

e) REFUERZO DE LAS CELDAS ANTERIORES.

Como en repetidas ocasiones hemos dicho, el hormigonado se lleva a cabo una parte en el taller y otra, una vez fondeados los cajones para que la flotación tenga lugar y con un margen de 3 m., fuera del agua. Esta última ejecución no presenta problema alguno; se dispone de una hormigonera de cubeta basculante de 400 litros de capacidad (la del taller era de tambor fijo y eje horizontal, de 600 l

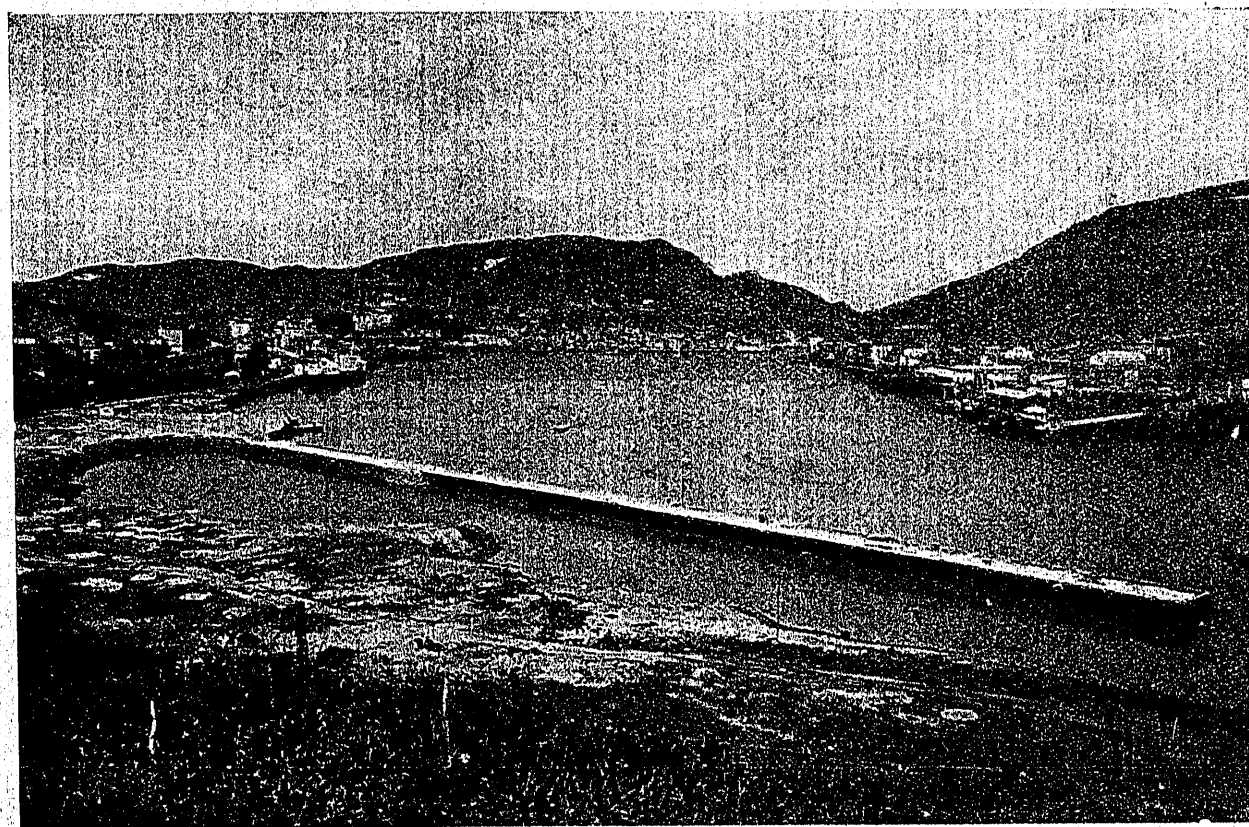


Fig. 21. — Segunda alineación con todos los cajones fondeados y comenzada a verter la escollera del trasdós en los bloques, junto a la escollera de la desembocadura del río Molinao.

tros) y de unas carretillas volquetes basculantes de 600 litros, que llevan la masa a unas tolvas y de ellas, por canaletas, a las paredes del bloque. La unión entre las masas de distintas edades se ha resuelto, en parte, dando rugosidad (mediante un pezonado de las chapas) a los encofrados interiores de las celdas y facilitar así el enlace con el hormigón últimamente vertido. A ese efecto ayuda también la armadura supletoria que se coloca.

orificios por donde tiene lugar el llenado con arena procedente de la draga de succión. Terminada esta operación, se vierte una solera encima de las tapas de 45 cm. de hormigón en masa y por ella circulan los camiones que transportan la escollera del trasdós desde la cantera. La única cosa particular, ha sido la elevada densidad aparente que se ha obtenido en esta escollera: 1,90, bastante mayor que la de 1,63 que esperábamos tuviese.

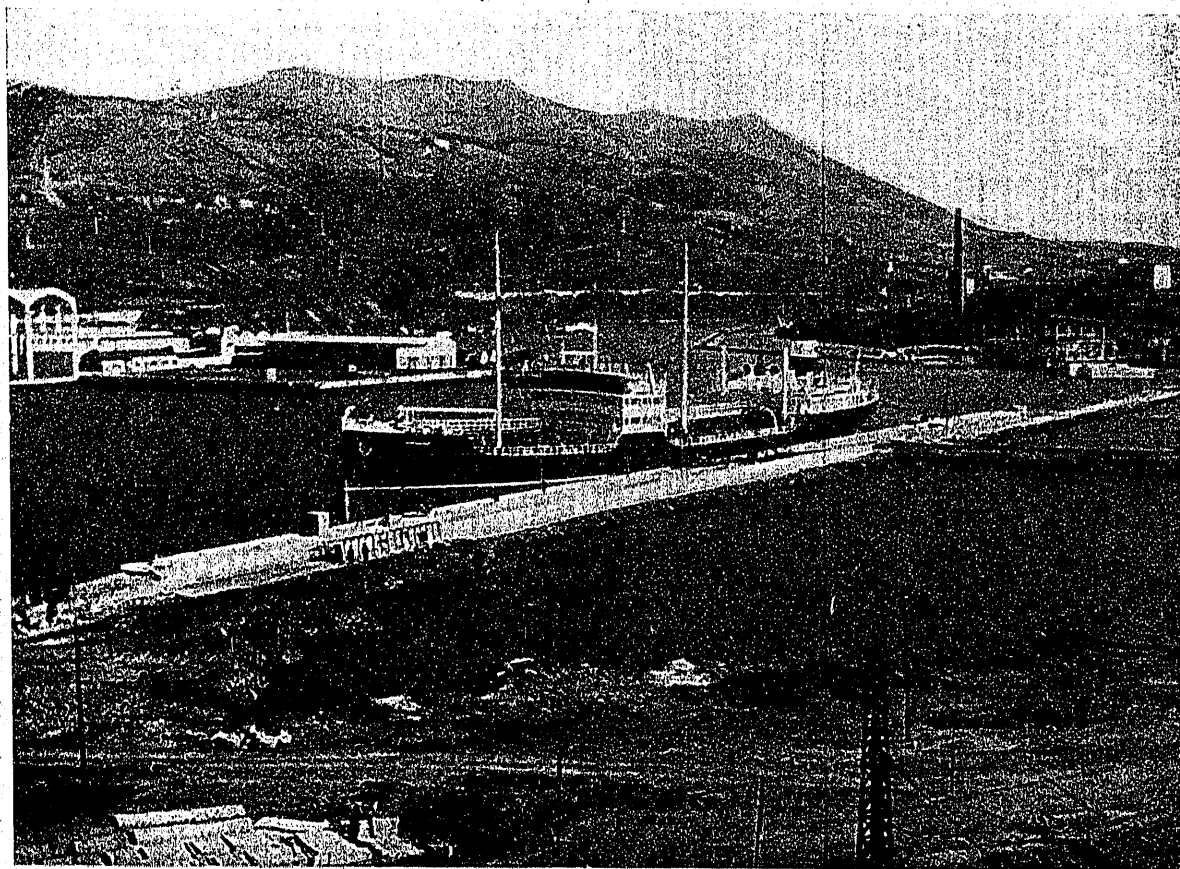


Fig. 22. — Petrolero atracado a la segunda alineación de los nuevos muelles, aún sin haberse terminado la superestructura en la misma, ni el relleno.

f) RELLENO DE ARENA DE LAS CELDAS POSTERIORES.

Se emplea para ello la misma embarcación que hace de draga de succión para el vertido de arena en la cimentación. Como la capacidad de las cuatro celdas posteriores que tiene cada cajón es de 700 m.³, en dos días de buena mar y con siete viajes puede hacerse el relleno en un cajón.

g) VERTIDO DE LA ESCOLLERA DEL TRASDÓS.

Las celdas del lado del relleno vienen con tapas prefabricadas desde el taller, que facilitan las maniobras a bordo durante el transporte y con unos

h) SUPERESTRUCTURA Y RELLENO.

La última operación es la construcción de la superestructura. La razón es que tiene dos galerías interiores de servicio y en las que no se acusan las juntas entre cajones, ya que entonces quedarían parcialmente inundadas por la marea. Como los asientos de los bloques serán, en general, algo distintos, se efectúa últimamente este hormigonado, cuando los cajones han tenido ya asientos correspondientes a todas las operaciones descritas, y por ello las diferencias esperamos sean mínimas. De todas formas, como existirán, se acusa la junta de la superestructura al exterior, ya que, al formarse la grieta li-

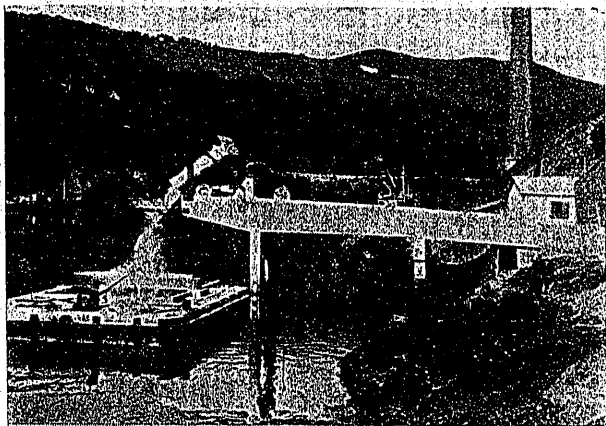


Fig. 23. — Vertido de la escollera de cimentación sobre el gánguil.

bremente, lo haría de forma irregular y daría un mal aspecto a una obra bien ejecutada. A los ojos profanos sería de pésimo efecto.

La disposición de tabiques en las galerías se ha proyectado de forma que el intermedio sirva a la vez de viga apoyo a las patas de las grúas-pórtico, con las que se habilitarán los nuevos muelles.

El relleno se ha separado del proyecto por hacerlo gratuitamente los particulares, al no existir vertederos en las cercanías del puerto. El relleno seleccionado y procedente de limpiezas de cantera, desmontes en roca, demoliciones, etc., lo mandamos verter encima de la escollera del trasdós, por su elevado ángulo de rozamiento, que no solamente dará menores empujes, sino que será permeable y permitirá el paso libre del agua entre juntas de cajones, siendo de prever que no haya diferencias sensibles de nivel entre los dos paramentos de los bloques. Lo ideal (y de un elevado precio) sería verter los rellenos con unos tamaños de acuerdo con la ley

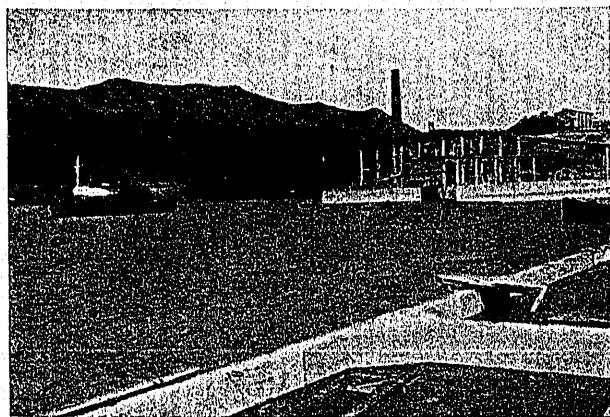


Fig. 24. — Remolque de uno de los cajones en el momento de su botadura en el taller.

de filtros para evitar arrastres de partículas a través de la masa de los mismos.

Acerca de los asientos de los cajones, hemos supuesto que, como término medio, tendrán un asiento de unos 25 cm., de ellos 15 cm. correspondientes a los fangos y 10 cm. a la capa de arena vertida (como el encaje en la escollera de cimentación es tan grande, no son de prever asientos en ella, como ha sucedido). Por ello, aunque el calado de los muelles en la B. M. V. E. es de -10 m., en la actualidad se enrasan los cajones a la $-9,75$ m. por el lado de la bahía y a la $-9,80$ m. por el relleno.

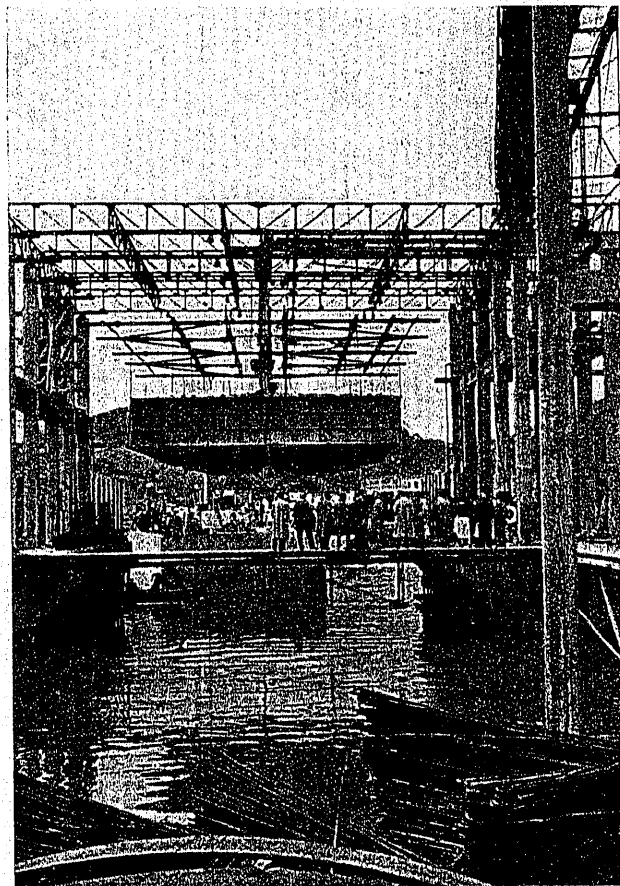


Fig. 25. — Botadura de un bloque en el taller. Obsérvense los encofrados suspendidos de la estructura.

Llevamos un estadillo con los asientos de cada bloque después de cada operación que produce un cambio de sollicitación en la base. Aunque el relleno no está terminado en ninguna parte de la obra, en los bloques que forman la segunda alineación, que tiene ya la escollera del trasdós vertida, se ha observado cómo tiene más influencia que el empuje de la escollera en el cajón (el prisma triangular que se ha vertido, ver fig. 2.^a) el peso de la misma sobre la so- lera, y por ello han sido mayores los asientos en el

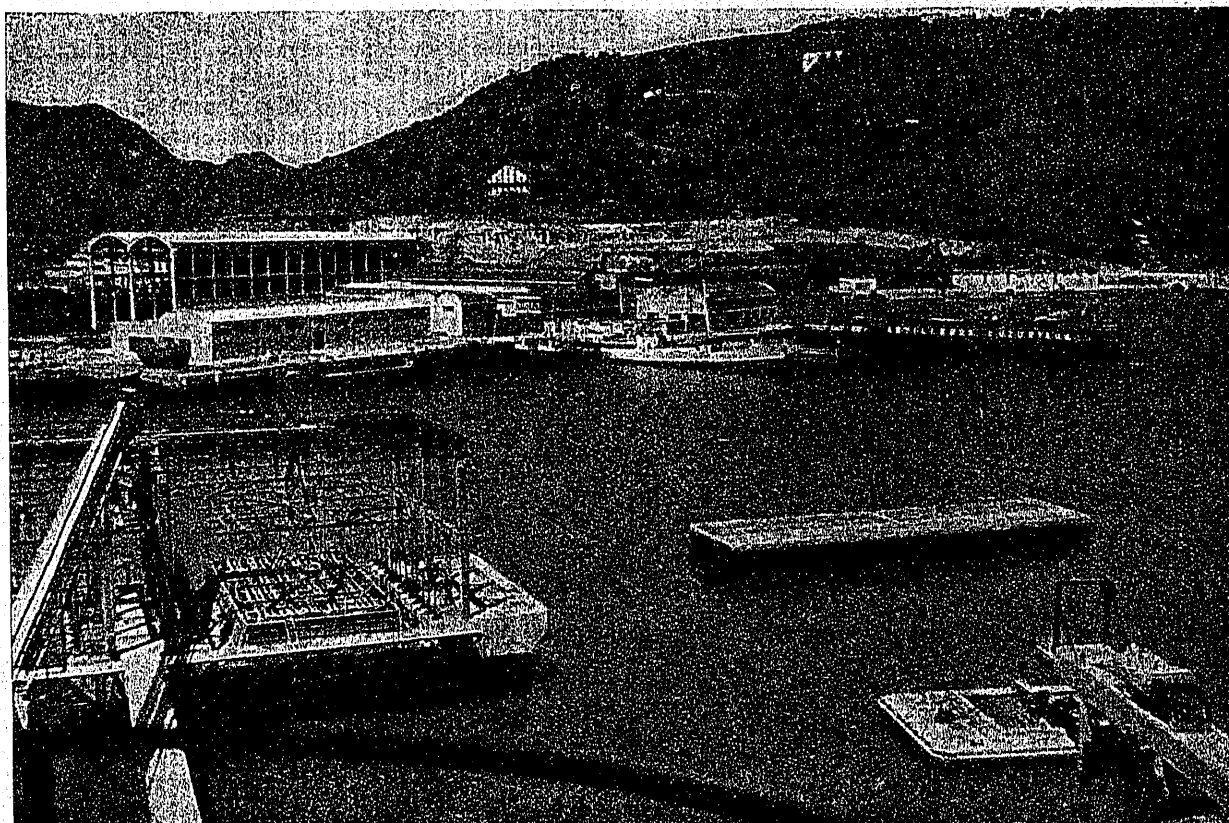


Fig. 26. — Los dos primeros cajones de la tercera alineación.

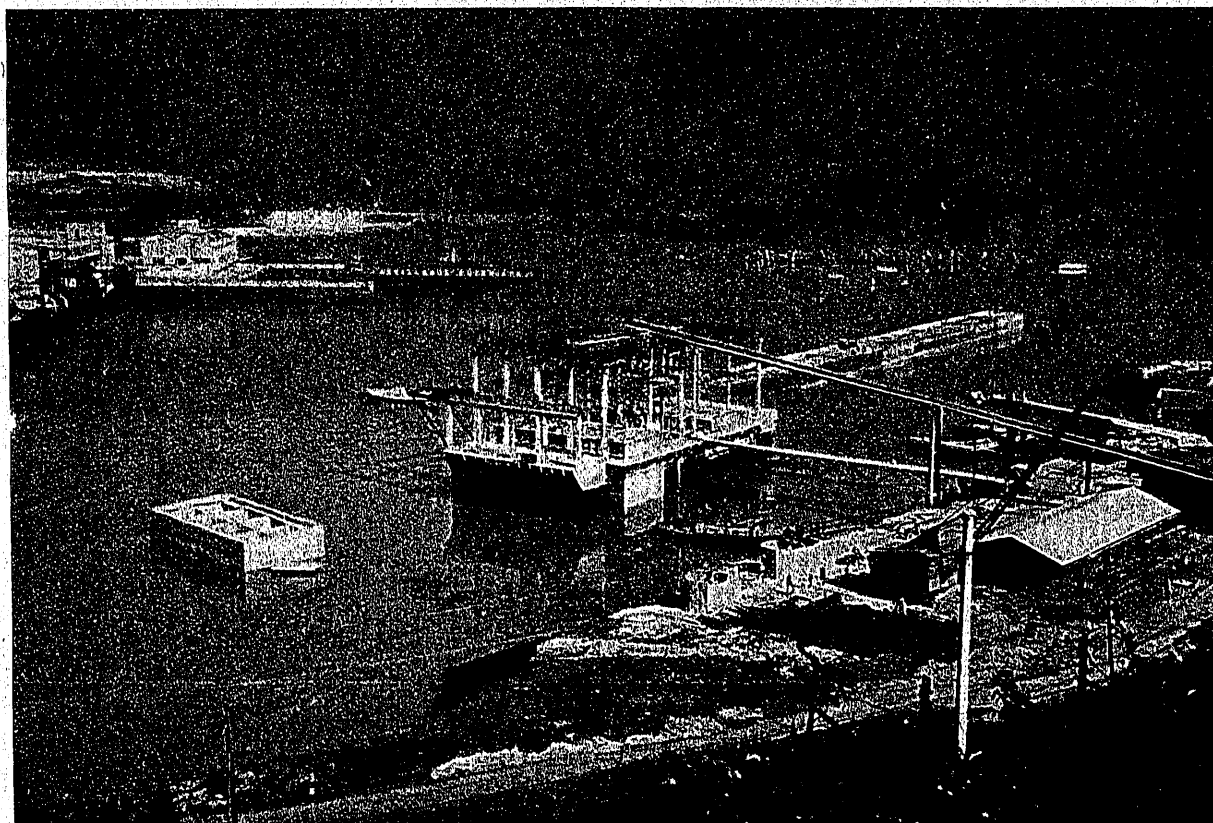


Fig. 27. — Vista general de los cajones fondeados en la tercera alineación. Esta línea de atraque está interrumpida por la presencia del taller y quedará terminada al final de los trabajos, una vez que el taller haya sido demolido.

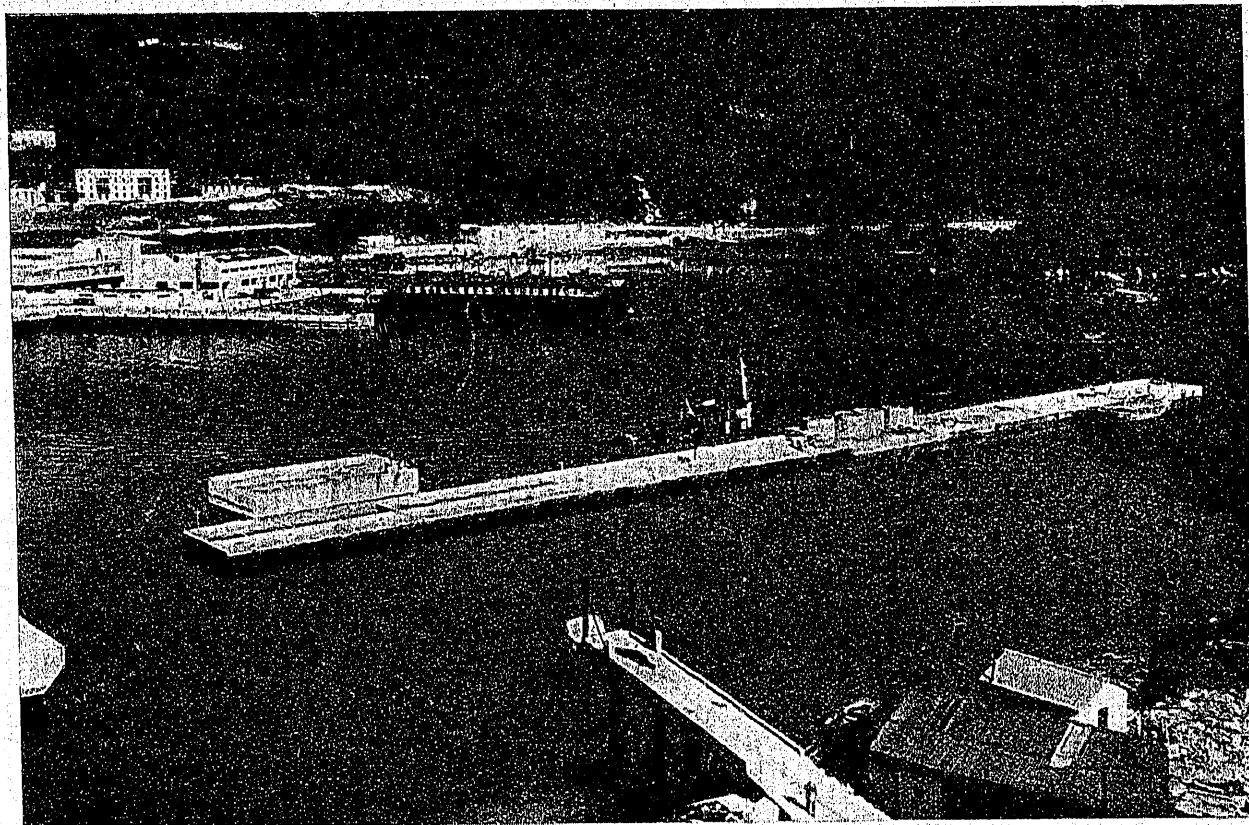


Fig. 28. — Remolque de un cajón a lo largo de la tercera alineación de los nuevos muelles.

lado del relleno que en el de la bahía. A la vez ha girado ligeramente el cajón con arreglo a las indicaciones siguientes:

Desplazamiento de la coronación del cajón (cota 4,00 m.) hacia el relleno, entre 8 y 10 cm.

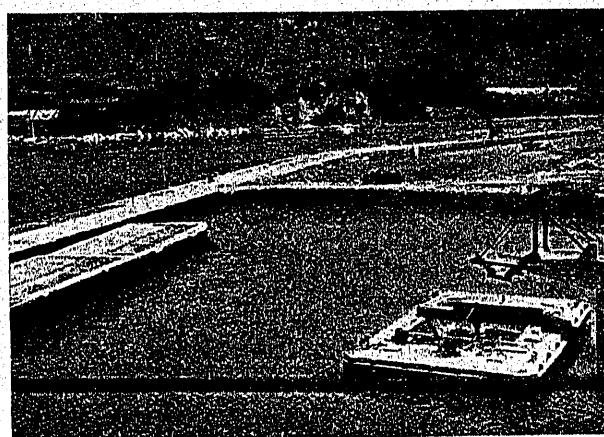


Fig. 29. — Tercera y cuarta alineaciones de los nuevos muelles. En primer término y a la derecha, el gánguil de la escollera de cimentación. A la izquierda, dos cajones fondeados provisionalmente detrás de la línea de atraque y que se pondrán a flote una vez que la cimentación correspondiente haya sido ejecutada por los equipos de bucerío.



Fig. 30. — Escollera junto a la desembocadura del río Molino y comienzo de la primera alineación.

Asiento de la coronación del cajón en el paramento de la bahía, entre 5 y 15 cm.

Asiento medio en el paramento opuesto (lado del relleno), entre 10 y 30 cm.

Esperamos que al final de la obra, y al ser mayores las cargas en la arista de la base del cajón del lado de la bahía, tengan lugar asientos mayores en

ella, y, en consecuencia, pequeños giros en sentido contrario a los encontrados hasta ahora.

* * *

No seríamos justos si, después de esta exposición, no dedicásemos unas frases de elogio a la Em-

presentado los tenía previstos y resueltos con mucha anticipación.

Y los que hayan visto el puerto de Pasajes hace tres años solamente y vuelvan a verlo en el momento actual, quedarán convencidos de cuanto acabamos de exponer relacionado con la competencia y

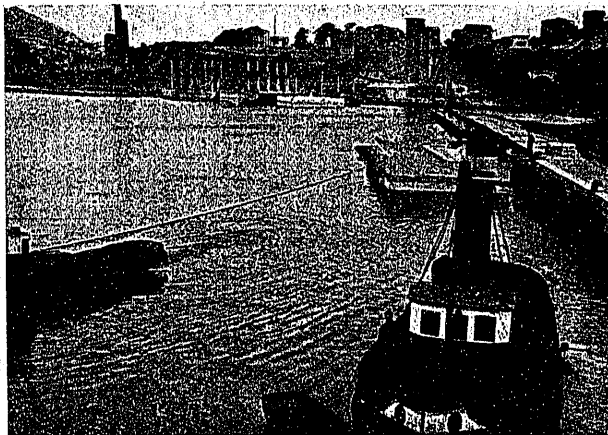


Fig. 31. — Transporte de un cajón para su fondeo en la primera alineación, a su paso junto a la segunda.

presa contratista de las obras de los Nuevos Muelles, Fincosit Ibérica, S. A.

Se puede considerar a Fincosit Ibérica, S. A. como una casa especializada en la construcción de cajones de hormigón armado, y el mejor elogio que se les puede dedicar es, que en esta obra poco han aprendido, ya que todos los problemas que se han

calidad de ejecución de los trabajos de la Contrata.

Quedamos a disposición de todos los compañeros para cualquier información más detallada que precisen, aunque la mejor manera de ver las cosas sea la de trasladarse a la obra y ver, sobre el terreno, toda la variedad de operaciones que en la obra de los Nuevos Muelles se llevan a cabo.