

# Génova

## dique seco de carena

LUIGI GAI, P. VIAN y G. BORZANI, ingenieros

553 - 7

### sinopsis

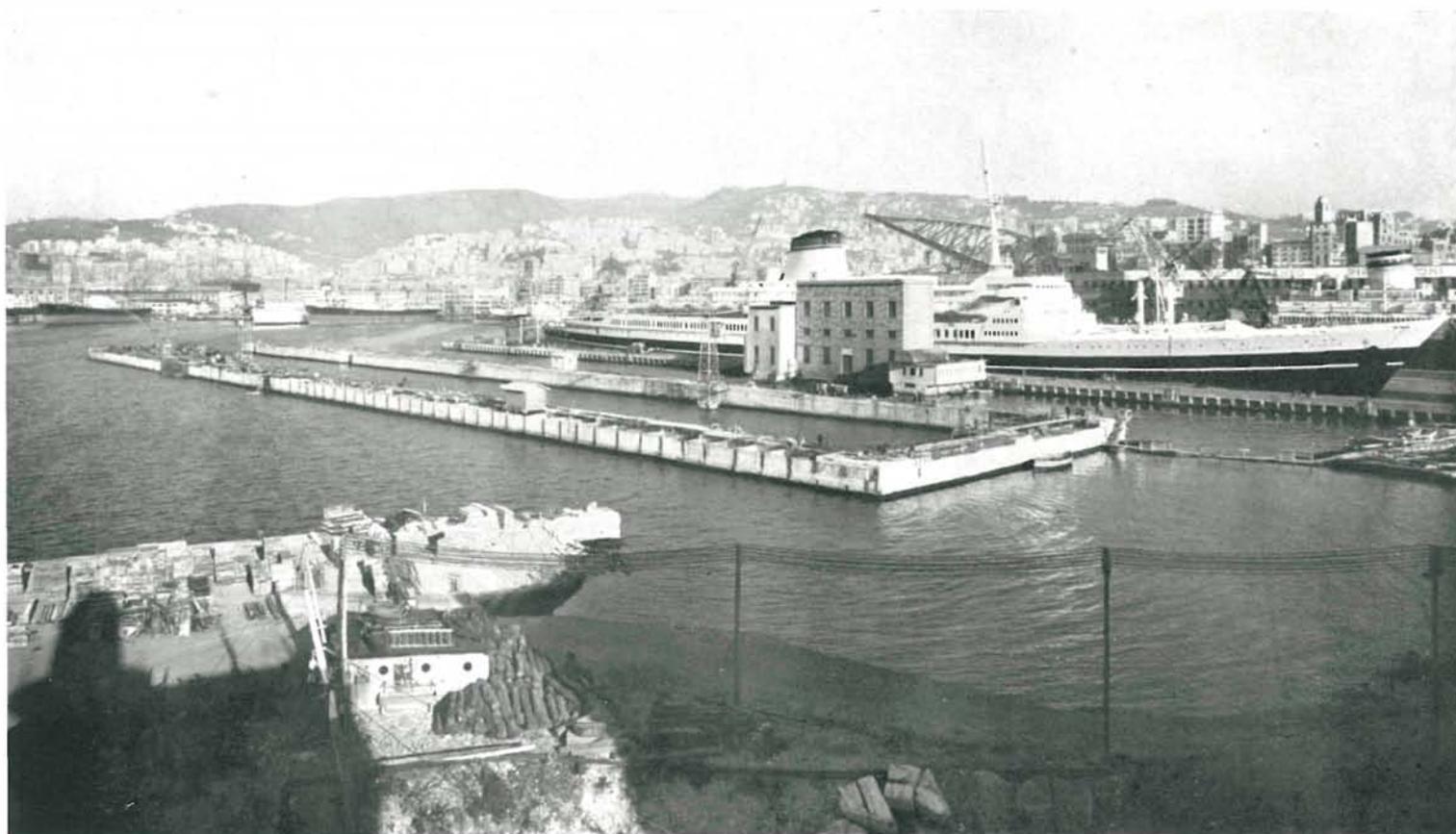
Después de profundos estudios se ha terminado recientemente la construcción, remolque y hundimiento del dique seco de carena del puerto de Génova, cuyas dimensiones son:  $260 \times 52 \times 21,5$  metros. Es de estructura celular, y de hormigón armado y pretensado.

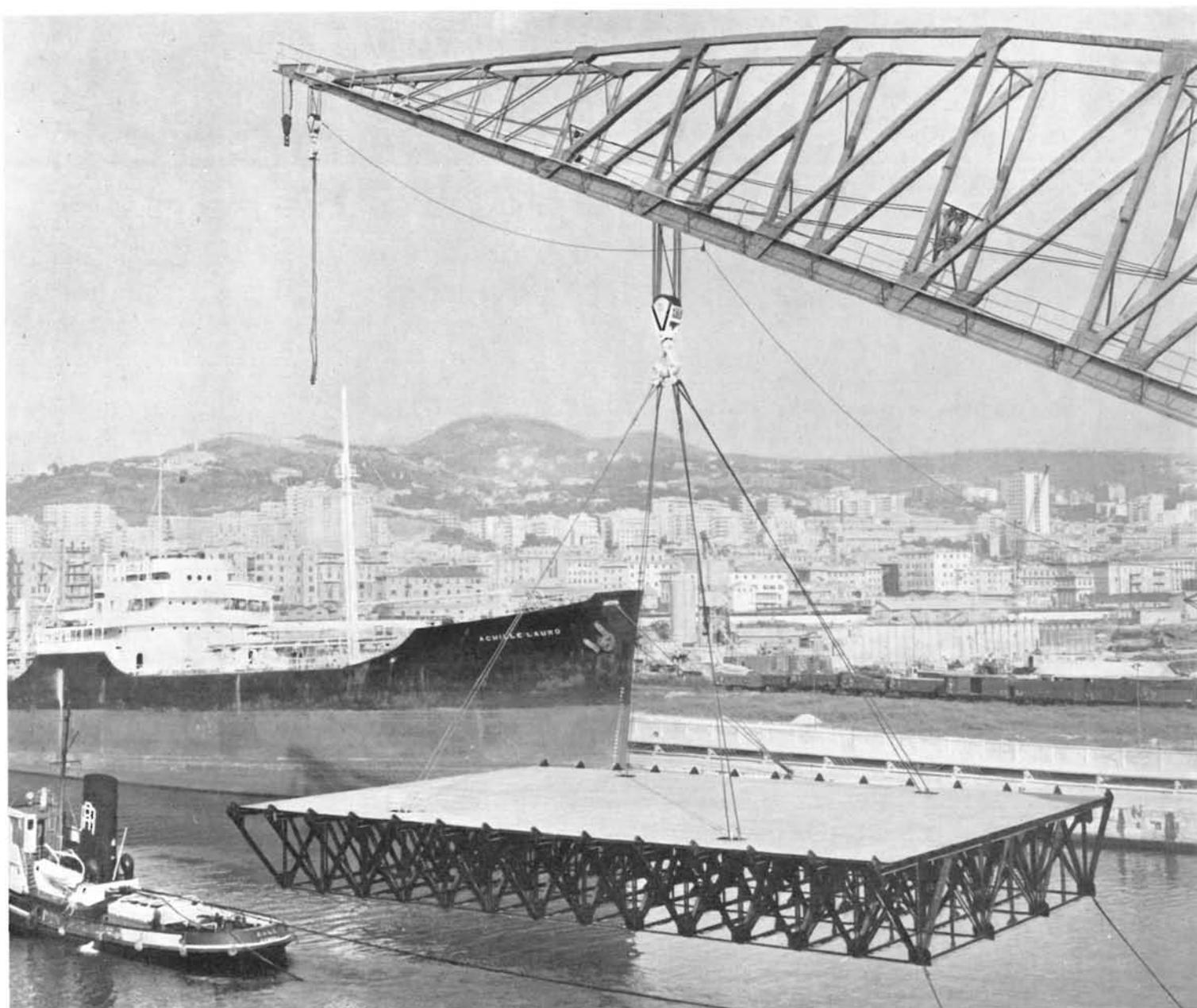
La particularidad de la obra estriba en el apoyo de la plataforma sobre un lecho flexible de arena dragada del mar, para lo cual se realizaron las siguientes operaciones: dragar fangos, descubrir apuntamientos rocosos, nivelarlos, rellenar las concavidades con hormigón llevado por canaletas, colocar la capa de arena, y verter una final de piedra gruesa.

No menos interés reviste también el sistema de fijación al fondo del mar para asegurar su estabilidad. Después de varios estudios se llegó a la conclusión de que, descendido el monolito y lastrado, y rellenando las partes celulares con arena, el propio peso bastaría para asegurar la estabilidad deseada.

Importantes fueron, asimismo, las maniobras de hundimiento y permanencia en superficie, teniendo siempre presente el estado del tiempo, ya que cualquier borrasca podía tener graves consecuencias en su estructura celular.

La prefabricación de cajones, su unión formando una gran almadía, levantamiento de muros y disposición de galerías, dependencias y escaleras en el interior, remolque, hundimiento y lastrado con arena, constituyen un complejo de operaciones y maniobras marítimas que han puesto a prueba la pericia y experiencia de la empresa constructora Fincosit, especializada en trabajos hidráulicos.





Montaje de la plataforma de prefabricación.

## Introducción

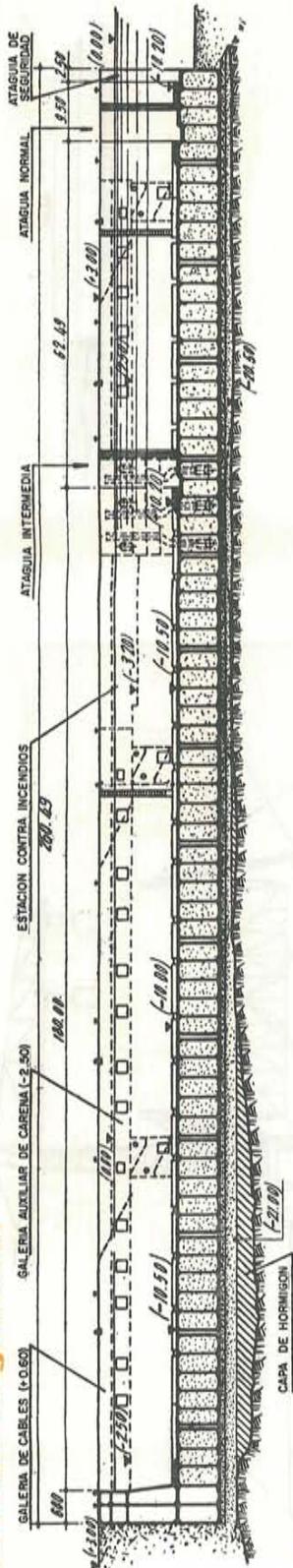
Se ha construido recientemente un importante dique seco de carena en el puerto de Génova (Italia). Las dimensiones dominantes son:  $260 \times 52 \times 21,5$  m. La solera del dique se apoya en un lecho flexible, previamente preparado, constituido por 15 cajones de hormigón pretensado, prefabricados en un taller próximo, y solidarizados entre sí formando una gran almadía que se remolcó y hundió en el lugar de su posición definitiva. Una vez terminado el dique se llenaron de arena los cajones, hallándose el monolito tan seguro en su propia estabilidad y fijación que no necesitaba de anclaje alguno.

La obra fue realizada por la conocida y solvente empresa Fincosit, de Génova, que también se encargó de proyectar y construir el nuevo aeropuerto de Génova.

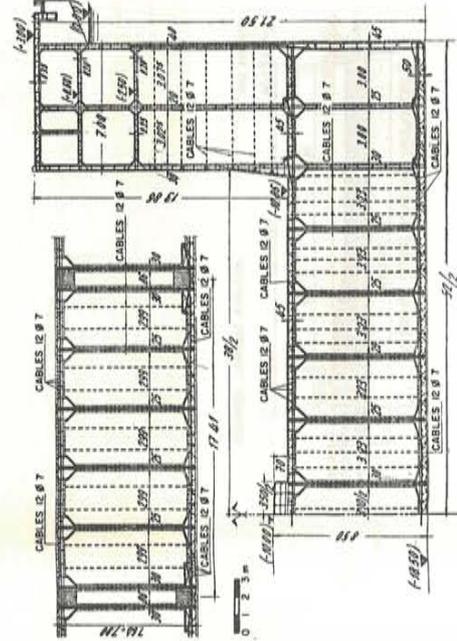
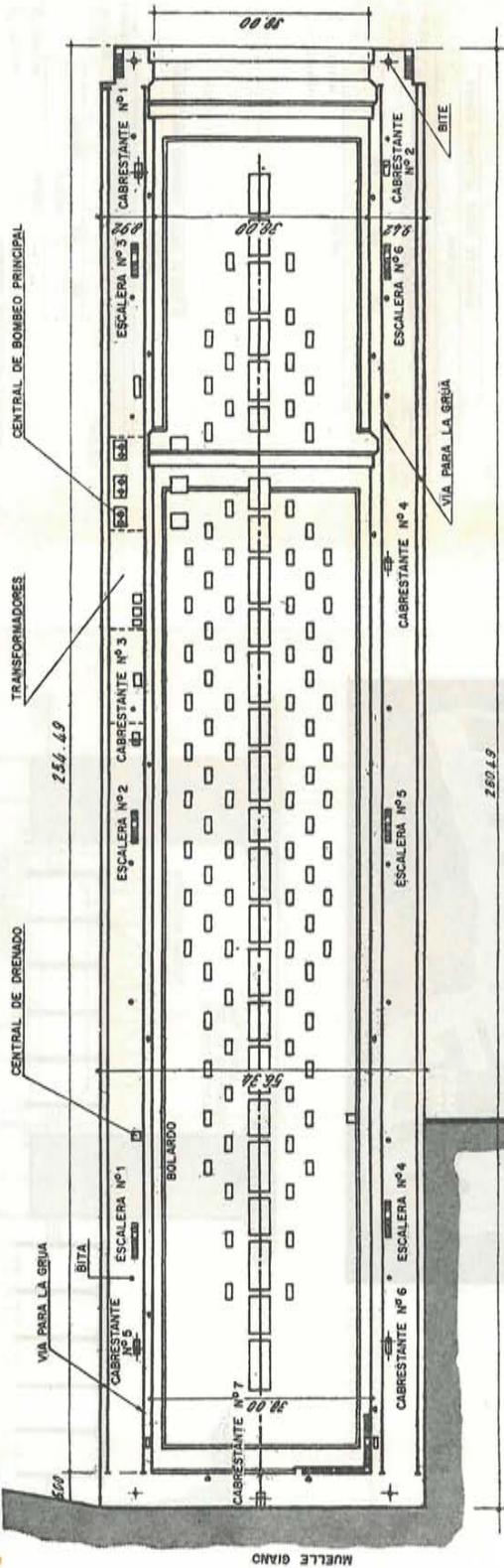
El citado dique tiene 250 m de longitud útil y 38 m de anchura también utilizable. La cota del umbral de entrada es de  $-10,20$  m; la del murete central de apoyo de quillas,  $-9$  m; la del fondo medio del dique,  $-10,50$  m; y la de la plataforma exterior lateral de coronación, 3 m. El cuenco se ha subdividido en otros dos: uno de 180 m de longitud y otro, secundario, de 62,50 metros.

Para mejor comprender las características de esta obra daremos, como dimensiones exteriores: la longitud de 260,5 m; anchura total, 52 m; altura del monolito, 21,50 m; y espesor de muros laterales, 7 m. La cota del asiento flexible preparado es de  $-18,50$  m y la solera de fondo tiene un espesor de 7,70 metros.

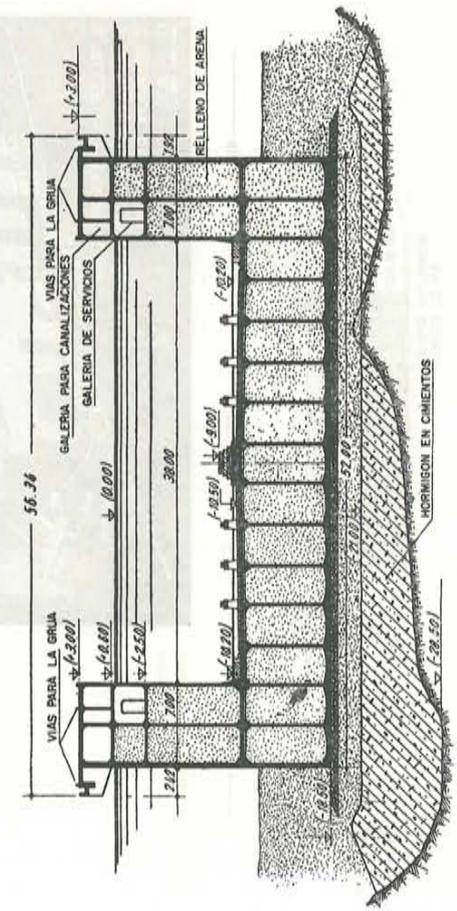
**sección longitudinal**



**planta**

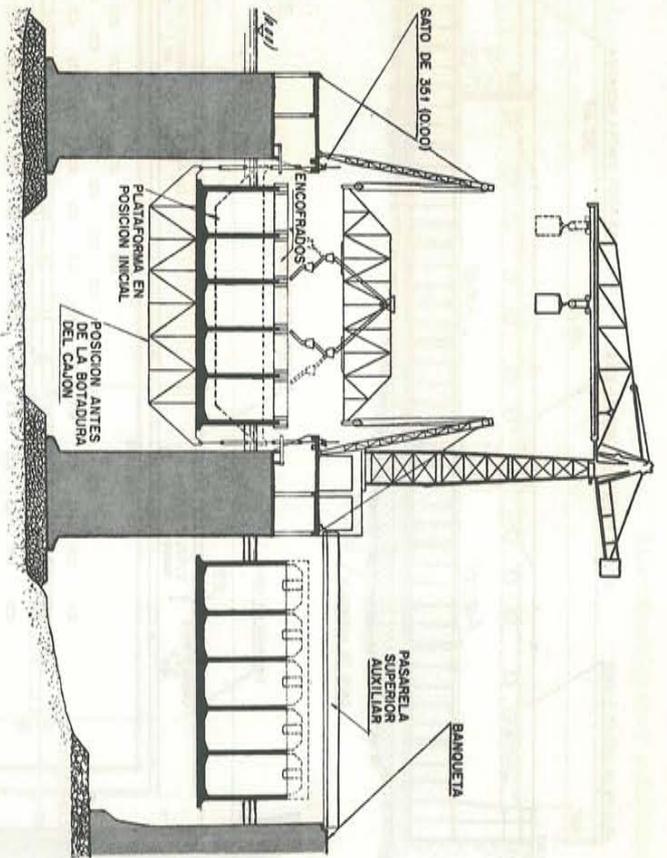
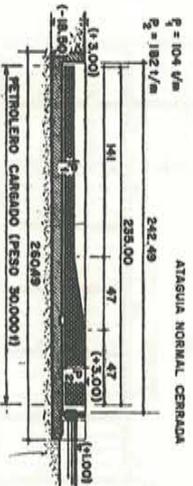
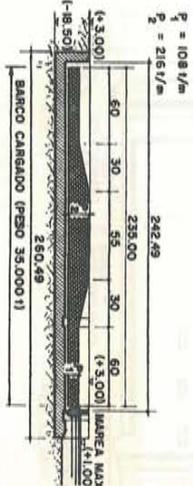
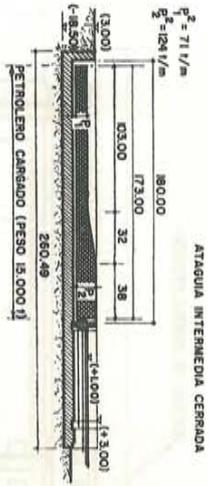
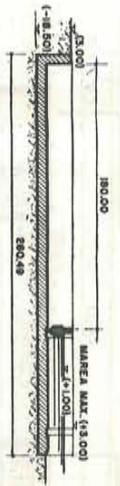


**detalles**

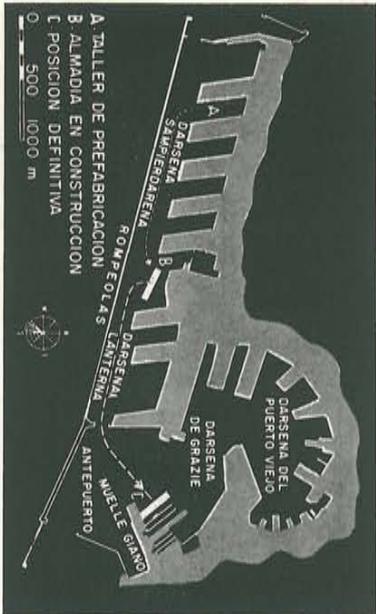


**sección transversal**

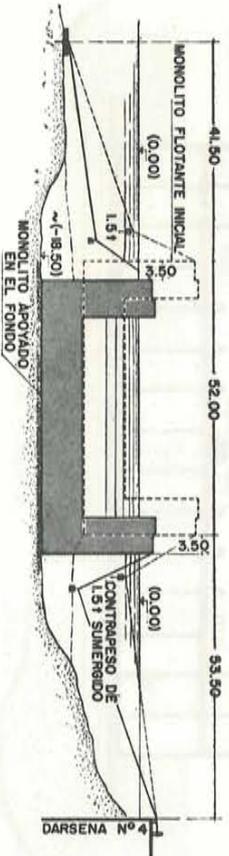
**condiciones de carga**

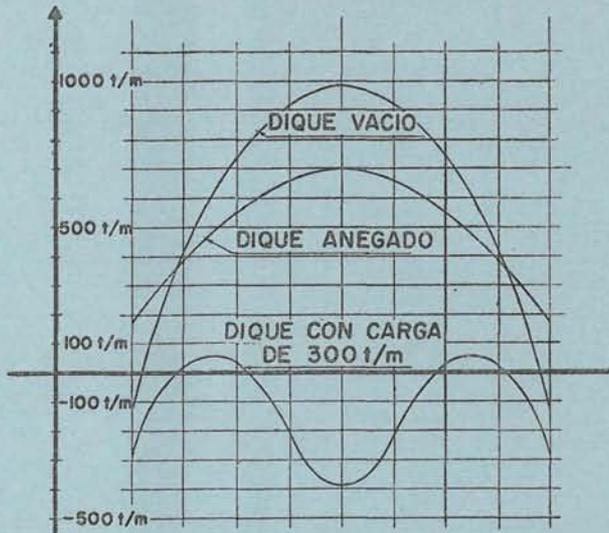
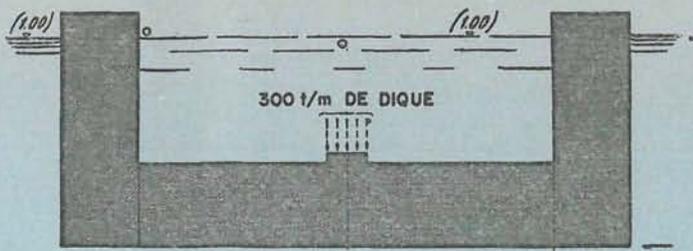


**plataforma de prefabricación**



**aparejo para hundimiento**





transversales

El desagüe del cuenco se realiza por medio de tres grupos moto-bombas de 800 HP. de potencia cada uno, capaces, en su conjunto, de desaguar el dique, de 100.000 m<sup>3</sup> de capacidad, en 2 hr. 30 min. Del drenaje permanente se encargan cuatro moto-bombas de 28 HP. de potencia cada una.

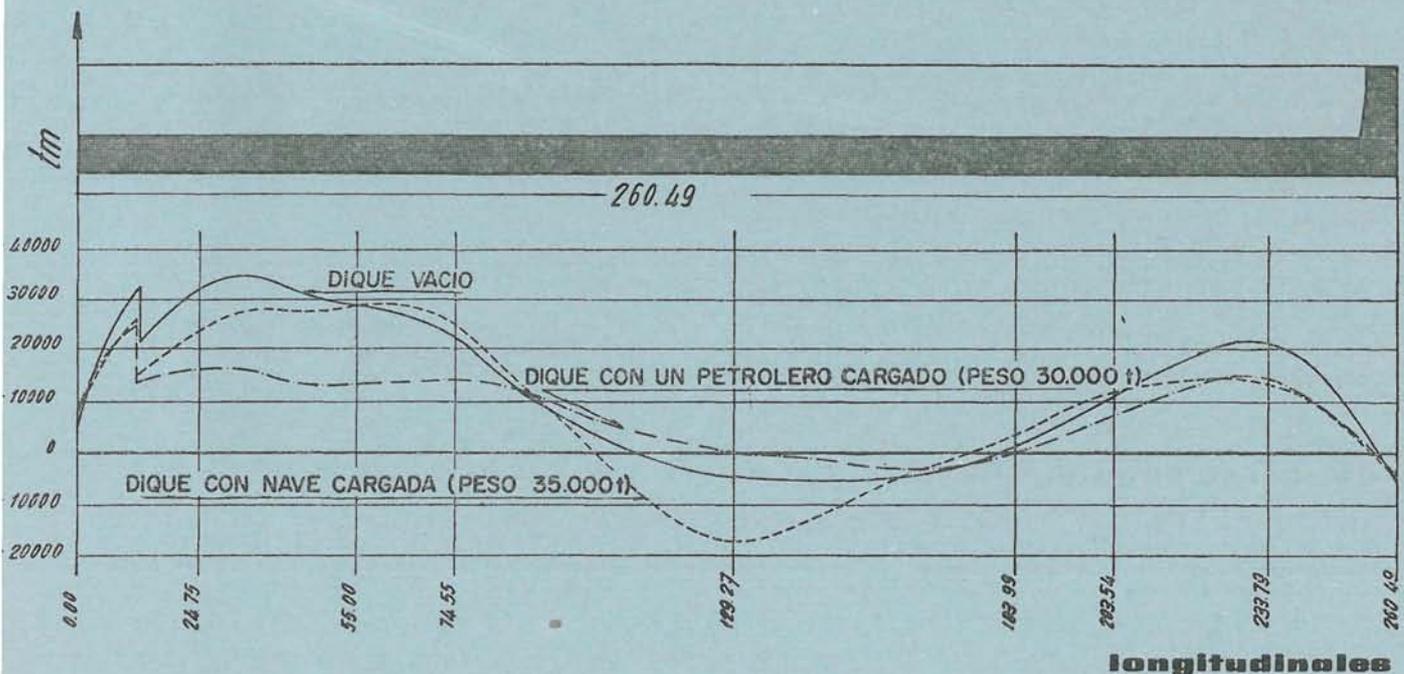
Sobre cada una de las dos banquetas laterales se han instalado grúas de 30 y de 7 t de capacidad. Para facilitar las maniobras se han montado, en dichas banquetas, seis tornos de 5 t de capacidad y uno de 10 t. Los márgenes de las banquetas cuentan con una serie de bitas para la fijación de las naves en carena.

En la parte superior de los muros laterales se ha habilitado una galería para las canalizaciones de agua, aire y eléctricas. A la cota -2,50 metros se construyó otra galería, cuyo objeto es el dar cabida a los elementos auxiliares para la reparación de las naves.

El acceso al dique se efectúa por seis escaleras interiores en los muros exteriores, una exterior en el muro de cabeza y seis escalerillas a la marinera. En el fondo del dique se han construido, además del murete central de quilla o fila de dados, otras tres filas laterales a cada lado de la central. El portalón de entrada ha sido realizado por la Sociedad Cantieri del Tirreno, de Génova.

### Criterio general del proyecto

Como consecuencia de un concurso público sugerido por las autoridades del Consorcio Autónomo del Puerto de Génova, en el que se precisaban las dimensiones esenciales y las funciones que debía desempeñar el dique seco, la Sociedad Fincosit presentó un proyecto, redactado por el director de la empresa en colaboración con los ingenieros autores de este trabajo, con dos soluciones: una tradicional con cajones de recámara de aire comprimido, apoyados sobre la roca, y otra, más económica, constituida por una estructura celular, prefabricada, flotante, que se hundiría sobre un lecho preparado que serviría de apoyo elástico.



diagramas de momentos

El punto fundamental de estudio era la elección del terreno en que se debía apoyar la obra; superficialmente era fangoso, mezclado con arenas finas y, en profundidad, con bolsas de arena granulosa. Los apuntamientos de la roca presentaban bruscas variaciones de nivel, de hasta unos 5 m, dentro de contornos de pequeño radio. Todo esto se hizo notar en el proyecto presentado, que estaba lleno de dificultades si se adoptaba la solución tradicional, ya que exigiría se descendiese a unos 30 m bajo el nivel del agua. En consecuencia se adoptó la solución celular.

Con objeto de asegurar la solidarización monolítica del dique se recurrió al pretensado de armaduras, tanto vertical como horizontal, con la que se libera la estructura de hormigón de toda tracción y, por tanto, mejorar el efecto de monolitismo.

La solera del dique se compone de quince cajones de  $52 \times 17,4$  m en planta, con un desplazamiento de unas 5.000 t cada uno. La unión entre dos de estos cajones se realiza formando una celdilla de unos 86 cm de luz, 52 m de longitud y unos 7,7 m de altura, mediante unas aletas de hormigón armado que se extienden por todo el perímetro de la celdilla formada, tanto en el fondo como verticalmente. La unión justa entre elementos de 5.000 t de peso y en estado de flotación se ha podido conseguir gracias a la pericia del personal encargado de su ejecución.

La celdilla de unión se pudo agotar gracias a una guarnición de goma dispuesta a lo largo del perímetro de la unión entre aletas, lo que permitió hormigonar a cielo abierto la estructura resistente de la propia célula, y abrir paso y permitir el sellado de los cables longitudinales de unión entre cajones.

La gran almadía, con un peso de unas 85.000 t, se mantuvo flotando con perfecta impermeabilización durante unos nueve meses, es decir, hasta completar la estructura celular de la cabecera del dique y de los muros laterales construidos por tongadas de hormigón con juntas de construcción al tresbolillo. El desplazamiento final, antes del hundimiento, fue de unas 140.000 toneladas.

Es evidente la ventaja estática de una solución que ha permitido la ejecución a cielo abierto en condiciones casi normales de trabajo de todo elemento resistente, incluso de las juntas entre cajones.

Terminadas todas sus partes, el dique se hundió, sirviéndose del agua como lastre, hasta su posición definitiva sobre un lecho rocoso elástico previamente preparado. En otras ocasiones se fija el dique al fondo por medio de tirantes o pilotes, pero en este caso, y teniendo en cuenta la irregularidad del terreno natural, se procedió a lastrar los cajones con arena, consiguiendo con ellos suficiente seguridad de estabilidad, fijación y peso contra la subpresión hidrostática.

## **Cimientos**

El apoyo elástico del dique consiste en una capa de arena de 2 m de espesor. Para llegar a este apoyo elástico se necesitó:

- a) De una explanación en la roca firme a la mayor cota posible con objeto de disminuir el espesor.
- b) Un tipo de arena apto, económico y seguro aprovisionamiento.
- c) De un estudio detallado para la formación de la plataforma de apoyo, lo que exigió de sondeos y tomas de muestras no perturbadas del terreno para conocer la capacidad de sustentación del suelo.
- d) Definir las características elásticas del lecho proyectado para poder comprobar la estabilidad de la estructura.

Ayudados con la colaboración de los profesores L. Croce y G. Ferro se realizaron una serie de estudios y experiencias que condujeron a la solución definitiva que se puede resumir, en su contenido general, en la necesidad de un dragado de las bolsas fangosas situadas en los fondos irregulares de los afloramientos rocosos y rellenar estas partes con hormigón, colocado bajo el agua, para formar una plataforma rígida, extendida uniformemente a la cota  $-21$  m en la zona de roca más profunda, y a la  $-20,50$  donde la roca estaba más alta, con una zona de transición de niveles y, finalmente, colocar una capa de arena dragada del fondo del mar para formar el lecho elástico.

Con el fin de asegurar lo mejor posible la explanación y evitar probables errores, se colocó, a la cota  $-18,50$  m, en la parte superior del lecho elástico, una capa, de piedra, de 0,5 m de espesor.

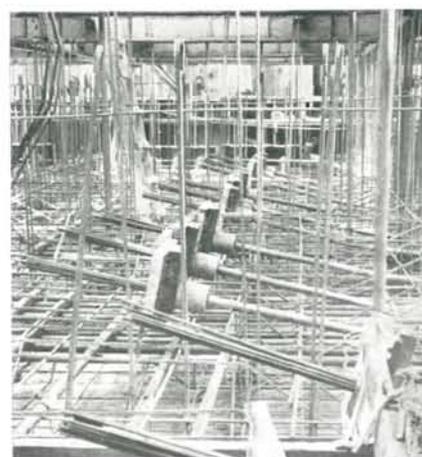
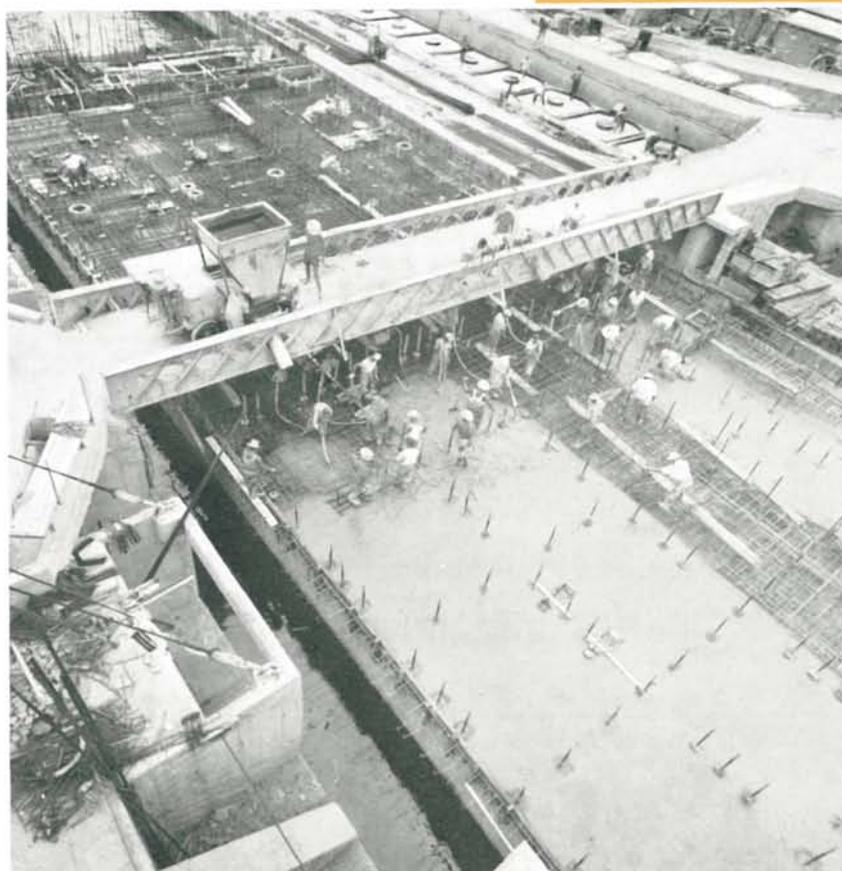
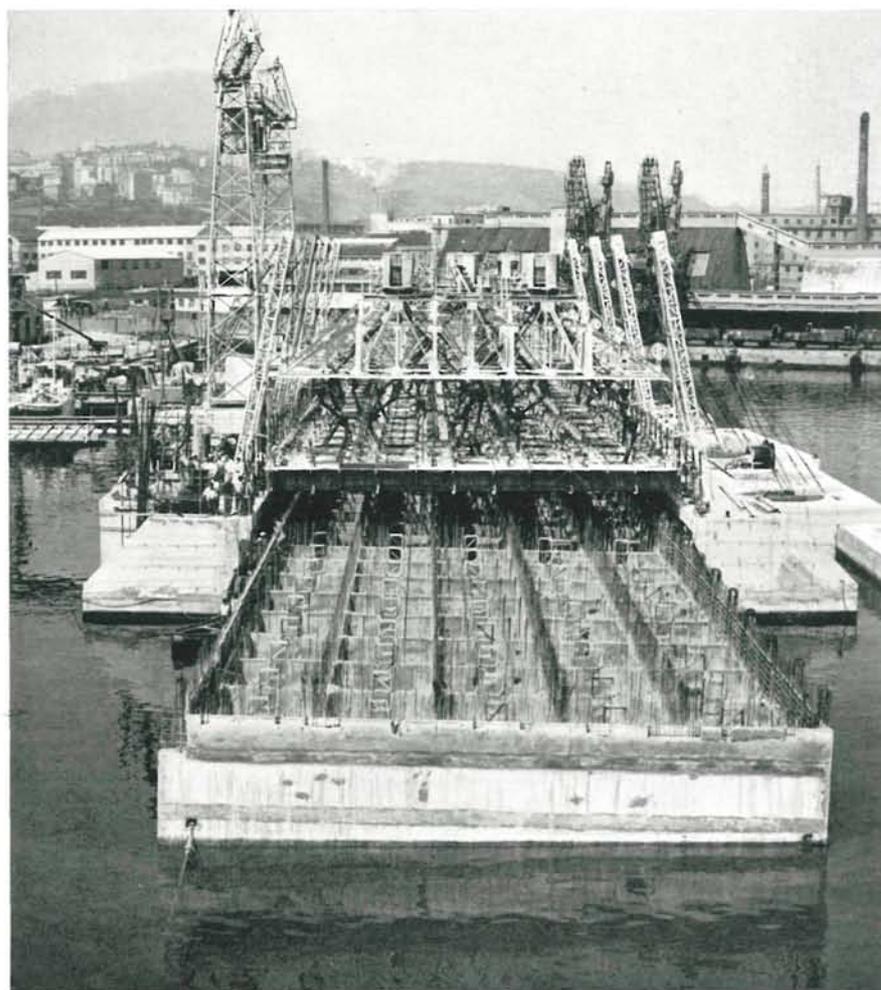
Las experiencias geotécnicas adquiridas han permitido el estudio del comportamiento elástico con el tiempo y aconsejaron se lastrase el dique con arena después del hundimiento del mismo, procediendo progresivamente para lograr una buena solidarización del suelo antes de entrar el dique en servicio.

## **Criterios constructivos**

Los espesores de varios elementos se han mantenido más bien excesivos, y se ha previsto un recubrimiento mínimo en las armaduras de 5 cm y de 10 a 15 cm en los cables pretensados. Las armaduras, corrugadas, aseguran suficiente adherencia para absorber los esfuerzos de tracción sin ayuda del efecto del pretensado.

Todas estas medidas han dado como resultado una obra más rústica, pero sustancialmente más segura, particularmente en alguna de las fases constructivas. Las cargas máximas de trabajo en el hormigón son de 20 a 40 kg/cm<sup>2</sup>. Las operaciones de tesado se realizaron con un hormigón de una media de dos meses de vejez para la solera, pero mantenido en un estado favorable higrométrico, reduciendo así las pérdidas por fluencia y retracción, teniendo en cuenta la elevada cuantía de las armaduras metálicas de muchos elementos estructurales.

No obstante estas circunstancias favorables, se ha podido apreciar una caída de tensión debida al rozamiento total de un 16 por 100, que corresponden: el 4,5 por 100 a la fluencia, 1,5 por 100 a la retracción y 10 por 100 a la fluencia del acero.



**Botadura de un cajón.**

**Cables y armaduras de la losa inferior de un cajón.**

**Hormigonado de un cajón.**

La tensión final prevista para el acero fue de 85 kg/cm<sup>2</sup> y hasta 88 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que la tensión inicial, teniendo en cuenta las pérdidas por rozamiento, fue de 120 kg/cm<sup>2</sup> como máxima.

Considerando los tabiques verticales de los cajones de la solera y los transversales de los muros, se hacía necesario el empleo de cables cortos de pretensado para mejor distribuir el esfuerzo total de tesado, y, deseando llegar a una uniformidad en la modalidad ejecutiva, se adoptó un tipo único de cable de doce alambres de 7 mm de diámetro.

Los anclajes se realizaron con el sistema Stup, se tesaron con gatos del mismo sistema, trabajando hasta seis simultáneamente. Los cables cortos verticales de la solera y los transversales de los muros tienen una longitud de 6,9 a 7,60, y su número total es de 5.760, mientras que la longitud de los cables transversales o longitudinales de la solera de cajones es de 45 a 60 m. En total se han tesado 9.800 cables con una longitud total de 182.700 m. En los anclajes se han empleado 12.150 conos tipo Stup.

Todos los cables se han colocado dentro de sus vainas de acero, de 1 mm de espesor, solución que ha permitido reducir considerablemente las pérdidas por rozamiento. El empleo de estas vainas tubulares, de unos 7 m de longitud media, ha favorecido mucho el trabajo. Las uniones entre tubos se ejecutaron con manguitos de plástico. Se prefirieron los tubos metálicos a los de plástico por ser más económicos y resistentes.

## Materiales

El hormigón utilizado fue el de 350 kg de cemento puzolánico tipo 550 por m<sup>3</sup>, y su resistencia, con probetas cúbicas de 7 cm de arista, de 30 a 38 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 y 28 días, respectivamente, a tracción, y de 426 a 599 kg/cm<sup>2</sup> a 7 y 28 días, respectivamente, a compresión. La mezcla en volumen para conseguir 1 m<sup>3</sup> de hormigón vibrado fue la siguiente:

Arena del Po ... ..	0,400 m <sup>3</sup>
Almadrilla de 0,5/1 cm ... ..	0,130 m <sup>3</sup>
Gravilla de ½ cm ... ..	0,340 m <sup>3</sup>
Grava de 2/3,5 ... ..	0,470 m <sup>3</sup>
Total ... ..	1,340 m <sup>3</sup>

La granulometría elegida ha sido conservada, salvo algunas correcciones, cuyo origen provenía de la irregularidad de la arena extraída del río. La cantidad de agua más favorable fue de 150 l por m<sup>3</sup> de mezcla con áridos secos, prácticamente, según el grado de humedad del árido de 130 a 135 en invierno y de 155 en verano. Las resistencias medias con probetas cúbicas, de 20 × 20 × 20, y en invierno, a compresión, fueron de 262 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y de 330 kg/cm<sup>2</sup> a los 90 días, mientras que en verano fueron de 274 kg/cm<sup>2</sup> y de 340 kg/cm<sup>2</sup>.

Para las partes que urgía desencofrar se utilizó el acelerador Pozzalith. En las pruebas de impermeabilización a que se han sometido probetas de hormigón a los 7 y 28 días con presión continua durante 24 hr se ha observado el paso de agua con 5 y 7 atmósferas, respectivamente. El volumen total de hormigón empleado fue de 51.200 metros cúbicos.

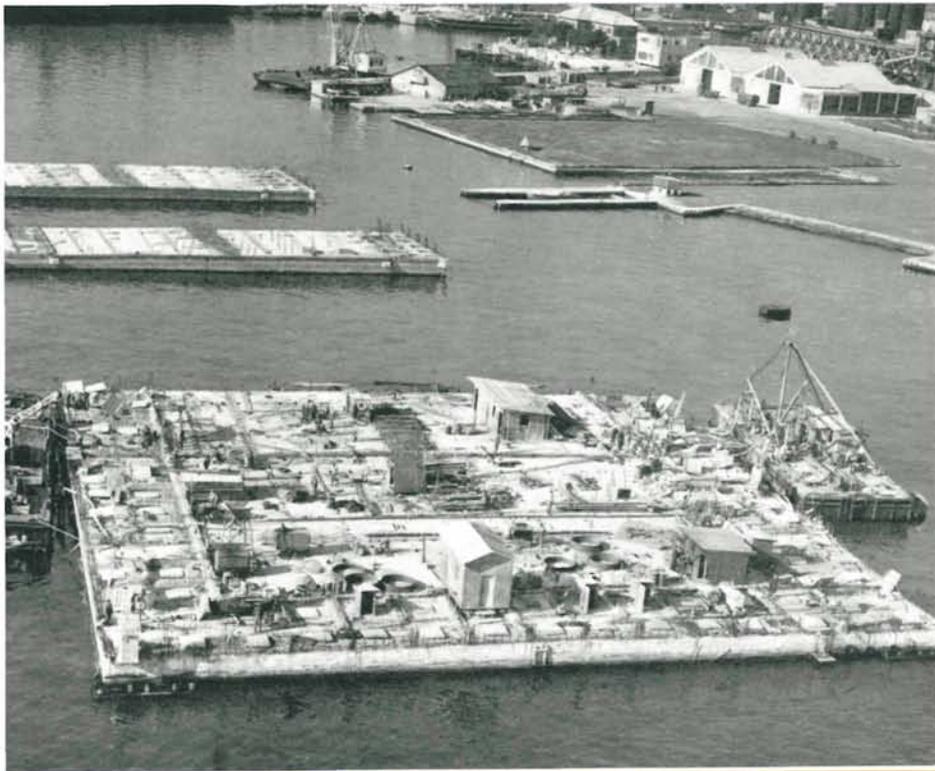
En el diagrama esfuerzo-deformación se observa la lineabilidad hasta 130 kg/mm<sup>2</sup>. El límite de elasticidad medio se fijó en 157 kg/mm<sup>2</sup>; la carga de ruptura, en 172 kg/mm<sup>2</sup>; el alargamiento a la rotura, tomando como base diez veces el diámetro, en 7 por 100; y la relajación a las 120 hr, y con una tensión de 120 kg/mm<sup>2</sup>, en 4,5 a 5 por 100 como media.

Las pruebas de fatiga se efectuaron con una tensión media de 90 kg/mm<sup>2</sup> e incrementos de ± 13 kg/mm<sup>2</sup>, llegándose a 1.200.000 ciclos sin rotura. En los análisis micrográficos con 350 aumentos no se encontró nunca ni escorias ni sopladuras apreciables. Asimismo se hicieron análisis químicos y pruebas de corrosión en varios materiales.

## Ejecución

Se empezó dragando el fondo de fangos para descubrir la roca en sus apuntamientos, que aparecían entre las cotas -17 y -20,5, para colocar después la capa elástica de arena. Al no poder emplear los explosivos, y con el fin de evitar daños en edificaciones e instalaciones próximas, se recurrió a la acción de un martillo neumático, pesado, de 8 t, que demolía los apuntamientos rocosos, de los que se extrajeron, laboriosamente, unos diez mil metros cúbicos.

Para nivelar la zona rocosa, de cota -20,50 m a -21 m, se colocaron unos 22.000 m<sup>3</sup> de hormigón preparado en una central con capacidad de 200 m<sup>3</sup> en diez horas de trabajo. La colocación se hizo con canaletas y un torno, que mantenía y llevaba el hormigón a la posición requerida.



La colocación y nivelación de la arena sobre la capa de hormigón presentó sus dificultades, ya que esta arena fue dragada del fondo del mar y colocada con bastante dispersión debido a la gran profundidad en que se debía dejar. La colocación de la piedra que va en la parte superior de la capa elástica de arena presentó también dificultades, puesto que debía asentarse en la capa de arena y sin disturbarla. La plataforma obtenida con gran escrúpulo en las operaciones de colocación y nivelación de materiales constituye un plano con diferencias máximas de nivel del orden de 5 centímetros.

Los quince cajones se construyeron sobre una plataforma metálica móvil de  $60 \times 18$  m en planta, sostenida por cuarenta y ocho cables y otros tantos gatos de 35 t de capacidad cada uno, dispuestos en dos filas. Los veinticuatro gatos de una fila se unen a un árbol con articulaciones de tipo cardan y juego telescópico en correspondencia con cada uno de los gatos. Esta plataforma tiene una capacidad de 1.500 toneladas.

Como la plataforma constituye el taller de prefabricación, en su alrededor se montaron las instalaciones auxiliares para el hormigonado de los quince cajones.

El hormigonado de las losas, tanto superior como inferior del conjunto de cajones que constituye parte de la solera del dique, se realizó en forma continua para obtener el debido monolitismo y una perfecta impermeabilización. Al hormigonar los tabiques verticales se intercalaron tongadas de hormigón expansivo con el mismo objeto.

Se exigió una precisión máxima en la colocación de los cables, ya que en cada fila de ca-

Agrupación de cajones.

Unión de un cajón a la almadía en formación.

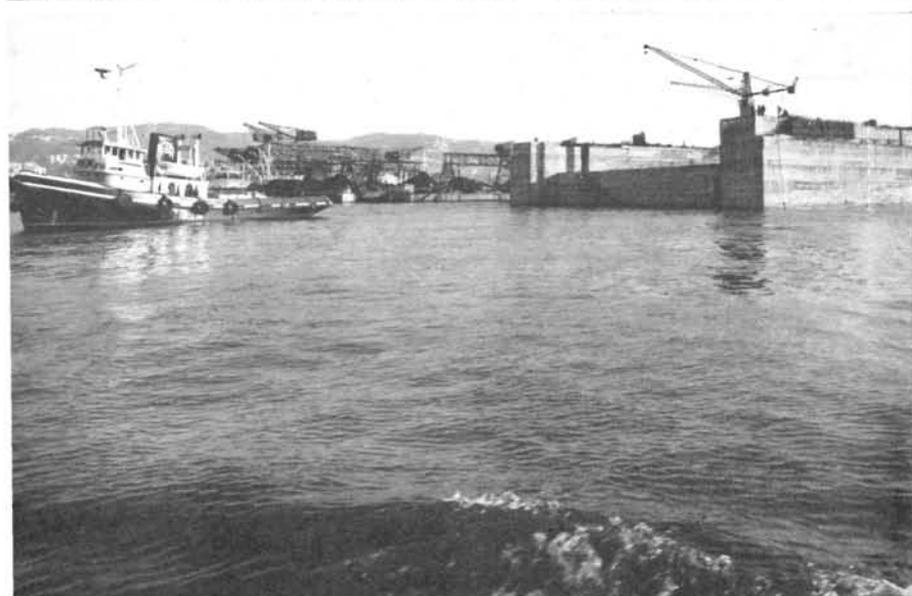
La gran almadía formada.

59



jones, y, en la parte correspondiente al trozo central del dique, el número de cables que la atraviesan es de 237, cifra en la cual están incluidos los cables que corresponden al recubrimiento.

El hormigonado de los muros laterales y la cabecera o cierre de la extremidad opuesta al portalón de entrada retardó los trabajos de ejecución más de lo previsto, a causa de las seis escaleras interiores en ellos alojadas, a las galerías, a las centrales de bombeo y a otros departamentos necesarios para instalaciones en un dique de carena, lo que hizo perder a estos muros el carácter de una estructura uniforme de sección rectangular.



La gran almadía flotante iba perdiendo su estabilidad a medida que se construían nuevas partes de la misma, estabilidad recobrada al finalizar los trabajos de las partes más pesadas. Durante estos últimos trabajos se sometió la distribución de cargas a riguroso control. La almadía inicial desplazaba 85.000 t, mientras que la final se elevó a 140.000 t. Fue preciso recurrir a lastres provisionales de compensación para no rebasar la resistencia de la estructura en sus distintas fases constructivas.

Todas estas complicaciones han dado motivo para poner a prueba la resistencia de la estructura prefabricada.

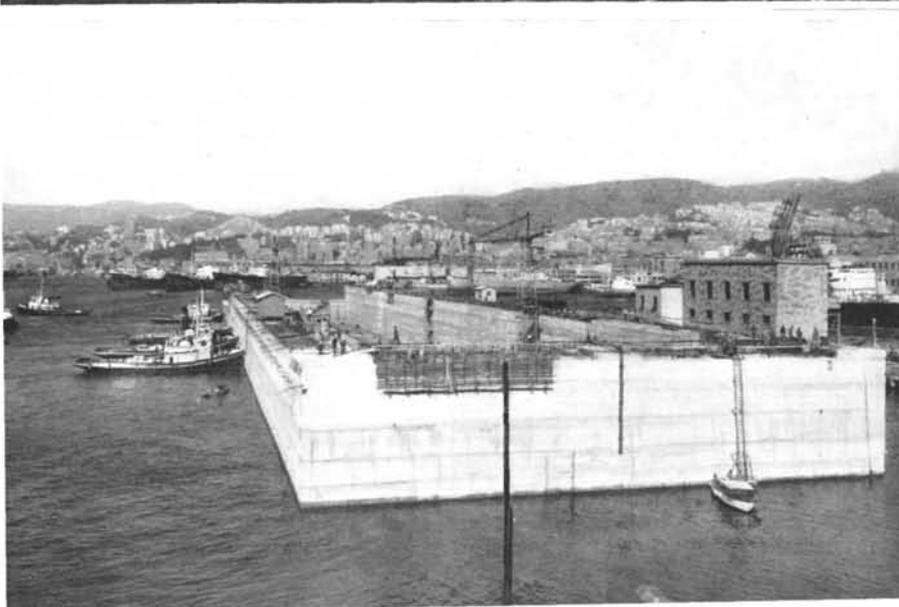
### **Desamarre, remolque y hundimiento**

Estas operaciones se estudiaron muy detalladamente, ya que debían ser dominadas para obtener las máximas rapidez, seguridad y precisión en el hundimiento. Cada una de ellas entraña maniobras marineras en las que se necesitaba conocer el estado del tiempo, pues de la bonanza de éste dependía el éxito de las mismas.

Elevación de muros después de terminada la almadía.

Remolque del monolito.

Llegada del dique a su posición definitiva antes de sumergirle.





Se inicia el hundimiento.

Fotos: E. BINELLI y YAGHI - Parma

Ofrecían particular interés los cables-amarres que debían guiar al dique durante su hundimiento, los cuales se tesaban y regulaban mediante gatos anclados en puntos firmes de superficie.

Otro tipo de amarre consistía en cables, anclados al fondo, de los que pendían contrapesos.

Durante la maniobra de hundimiento, con lastre de 80.000 m<sup>3</sup> de agua del mar, se tuvo especial cuidado en no rebasar los momentos máximos previstos para la estructura. Para el bombeo del lastre se dispuso de un grupo de bombas, de 1.750 m<sup>3</sup>/hr, provisto de un contador para poder controlar el agua bombeada. A este grupo se le unió una draga con una capacidad de 9.500 m<sup>3</sup>/hora.

El monolito se apoyó en su lecho, preparado 42 hr después de haber empezado el hundimiento, llegando a su posición definitiva con un error de sólo 40 cm. El desplazamiento máximo durante el hundimiento fue de 220.000 toneladas.

Las operaciones de lastrar con arena constituyen una especialidad de la empresa constructora y plantean un serio y complejo problema. Después de descender el dique y colocado el portalón se procedió a las operaciones de agotamiento y control de las partes lastradas con arena.

Las instalaciones auxiliares de transporte, hormigones, silos para áridos y cemento, así como la colocación del hormigón con canaletas móviles para el fondo del mar, pontones-grúa y demás, puestos en obra por la empresa Fincosit han sido del tipo más moderno y han permitido una mecanización completa de todas las operaciones.

## **Bassin de radoub, à Gênes**

Luigi Gai, P. Vian et G. Borzani, ingénieurs.

Après de profondes études, on été récemment terminés la construction, remorquage et immersion du bassin de radoub du port de Gênes, dont les dimensions sont les suivantes: 260×52×21,5 mètres. Sa structure, cellulaire, est en béton armé et précontraint.

La particularité de cet ouvrage consiste en ce que la plate-forme s'appuie sur une couche souple de sable dragué de la mer. Ceci a été réalisé à l'aide des opérations suivantes: drainage de la vase, découverte des appuis rocheux, leur nivellement, remplissage des concavités avec du béton transporté par goulottes, mise en place de la couche de sable et d'une autre, finale, de grosses pierres.

La système de fixation au fond de la mer, pour assurer sa stabilité, n'est pas de moindre intérêt. Après plusieurs études on arrive à la conclusion qu'une fois le monolithe descendu, lesté et ses parties cellulaires remplies de sable, son propre poids serait suffisant pour assurer la stabilité recherchée.

Les manoeuvres d'immersion et de permanence en surface ont été également importantes, compte tenu à tout moment de l'état du temps, le moindre bourrasque pouvant nuire gravement à sa structure cellulaire.

La préfabrication des caissons, leur assemblage formant un grand radeau, la construction de murs et la disposition de galeries, dépendances et escaliers à l'intérieur, ainsi que le remorquage, immersion et lestage avec du sable, constituent un ensemble d'opérations et de manoeuvres maritimes qui ont mis à l'épreuve l'habileté et l'expérience de l'entreprise Fincosit spécialisée dans des travaux hydrauliques.

---

## **Dry dock at Genoa**

Luigi Gai, P. Vian and G. Borzani, engineers.

After elaborate planning, the building, towing and sinking of the ship repairing dry dock at Genoa has now been completed. The dock is 260×52×21.5 m in size. Its structure is cellular and it is made of reinforced and prestressed concrete.

A special feature of this dock is that it rests on a flexible bed of sand, dredged from the sea bed. To prepare this, the following operations were carried out: mud was first dredged away, the stony outcrops were levelled off, the spaces in between the rocks were filled with concrete, then the layer of sand was placed, and finally a surface of larger aggregate was prepared on top.

The method of attaching the dock to the sea bed to ensure its stability is also noteworthy. After much thought, it was decided that once the dock was sunk at its final emplacement, if its cellular compartments were filled with sand ballast, its own weight would ensure its permanent stability in the face of rough seas.

The manoeuvres for floating the dock, and sinking it, were also complex, since it was essential to take carefully into account the state of the weather. Any storm might have severely damaged the dock's cellular structure.

The prefabrication of the caissons, the jointing of them into a large structure, the construction of enclosing walls, the provision of galleries, companionways, and housing facilities inside the dock, and the towing, sinking and ballasting of this large and heavy structure, constitute a series of building and navigational operations of great complexity, which have tested the ability of the firm Fincosit, who specialise in hydraulic projects.

---

## **Trockendock von Carena in Venedig**

Luigi Gai, P. Vian und G. Borzani, Ingenieure.

Nach eingehenden Studien hat man jüngst den Bau des Trockendocks, sein Abschleppen und Versenken im Hafen von Venedig fertiggestellt. Seine Abmessungen betragen 260×52×21,5 m. Die Konstruktion besteht aus Spann- und Stahlbetonzellen.

Die Eigenart des Docks besteht darin, dass seine Plattform auf einem flexiblen, vom Meer angebaggerten Sandbett ruht, für dessen Herstellung folgende Arbeitsgänge notwendig waren: Ausbaggerung der Schlammschicht, Aufdeckung und Beseitigung von spitzen Felsen, Ausfüllen von Löchern mit Beton, der durch Kanäle zugeleitet wurde, Auftragung der Sandschicht und der Endsicht aus dicken Gesteinsbrocken.

Nicht weniger interessant ist auch das Verfahren der Verankerung auf dem Meeresgrunde, um seine Stabilität zu gewährleisten. Nach eingehenden Studien kam man zu dem Schluss, dass das Eigengewicht nach Herabsenken des Docks und des Ballastes durch Füllen der einzelnen Zellen mit Sand, für die Stabilität ausreichen würde.

Gleichfalls wichtig waren auch die Senkungsmanöver und das Halten an der Oberfläche, wobei immer die Wetterverhältnisse in Betracht gezogen werden mussten, denn jeder Sturm konnte schwere Schäden an der Konstruktion verursachen.

Die Vorfabrikation der Betonkassetten, ihre Aneinanderreihung zu einem Floss, der Bau der Mauern und die Herstellung von Galerien, mit Räumen und Treppen im Innern, das Abschleppen und Versenken und die Einfüllung von Sandballast stellten eine Vielfalt von Arbeitsgängen dar, die die Erfahrung der Firma Fincosit, die auf hydraulische Bauprojekte spezialisiert ist, auf eine harte Probe stellte.