

Construcción de Rompeolas

B. ROMPEOLAS DE MURO

La idea fundamental de este tipo de obras es, como hemos indicado más atrás, construir un muro de paramentos sensiblemente verticales, y fundado a una profundidad suficiente para que las más grandes olas lleguen a él sin romper, y se reflejen.

La primera obra de esta clase que se construyó, se encuentra en Dover, y, a pesar de que en esa región la marea tiene una amplitud considerable, 5,70 m., es interesante describirla desde luego. La figura 18 indica su corte transversal: el

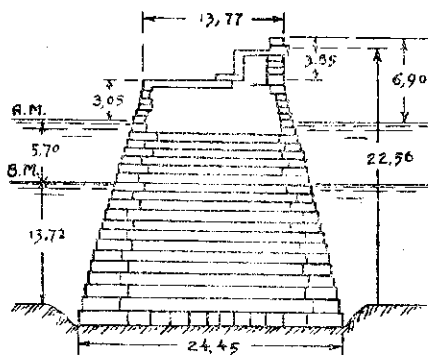


Fig. 18

muro fué fundado sobre un terreno duro, caliza y guijarros, en el cual se dragó una zanja de 1,20 m. a 1,80 m. de profundidad, que se emparejó con campana de

bucear; el espesor del muro en su base es de 24,45 m. y sus paramentos tienen una inclinación de 1/3; la altura del muro es de 22,47 m. y su espesor a la altura de su coronamiento, a 3,05 m. sobre la alta marea es de 13,72 m.; la profundidad del mar al pie del muro es de 12,20 m. en baja marea, como promedio, y de 17,90 m. en alta marea. Este muro se construyó con paramentos de grandes piedras graníticas o calcáreas, y cuerpo de bloques artificiales, formando mampostería ciclópea, colocada con ayuda de buzos, en seco, hasta el nivel de bajas mareas ordinarias; desde ese nivel hacia arriba se colocaron con baño de mortero. En la parte situada encima del nivel de alta marea, el cuerpo del muro se hizo de concreto en sitio.

Esta obra ha dado muy buenos resultados, pero su precio fué muy elevado: más del triple que una obra del tipo de Marsella, por ejemplo.

En las demás obras de abrigo del mismo puerto se modificó el tipo de obra, haciendo más parados sus taludes, lo que disminuyó el espesor del muro en su base, y los paramentos se hicieron con bloques artificiales en reemplazo de las piedras naturales.

Los ingleses imitaron esta obra, adoptando disposiciones muy variadas en cuanto a construcción, de las que nos ocuparemos al estudiar las aplicaciones a

los mares con marea, y con resultados muy diversos. En muchas ocasiones hubo socavaciones de gran importancia, que fueron causa de la ruina parcial o total de las obras, lo que acarrió cierto descrédito para ellas. En esas aplicaciones el muro se hizo con concreto sumergido, con concreto en bloques, arrimados por capas horizontales y con bloques arrimados por capas inclinadas.

mar, y la parte en que se podía trabajar en seco era hecha con un macizo de concreto en sitio.

En los muros en que los bloques se arrimaron en capas inclinadas (fig. 20), en el sentido longitudinal de la obra, se adoptaron diversas disposiciones para que los bloques de una capa cualquiera no pudieran deslizarse transversalmente al muro, como ranuras y lengüetas, o aca-

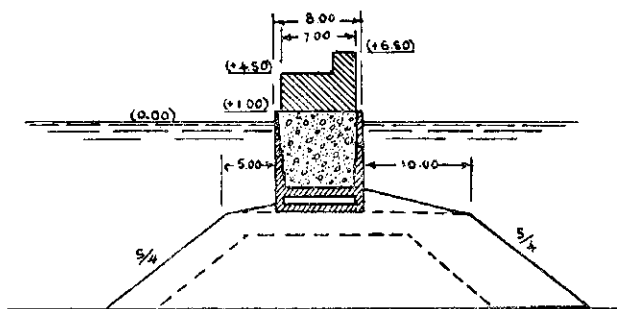


Fig. 19

En general, el concreto sumergido ha merecido críticas, porque no ofrece garantías de homogeneidad y porque las interrupciones del trabajo dan origen a planos de clivaje, que son un peligro para el futuro. Además, exige la construcción de andamiajes importantes, ya sean fijos o móviles, que no son aplicables sino en mares tranquilos.

En los muros hechos con bloques artificiales arrimados por capas horizontales, (fig. 19), se alternaron las juntas, tanto en el sentido longitudinal como en el trasversal del muro, como se hace en una mampostería de piedra sillar, y todos los bloques que componían las capas superiores se hicieron solidarios por medio de barras de fierro dobladas, que formaban especies de grampas, con lo cual los asentamientos de la obra no podían destruir el arrimo de los bloques. El muro de bloques sobresalía algo del nivel del

mar, y la parte en que se podía trabajar en seco era hecha con un macizo de concreto en sitio. Las figuras esquemáticas 19 y 20, no se

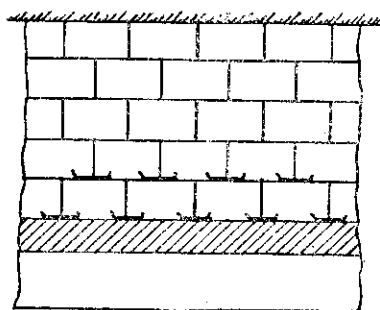


Fig. 20

refieren a ninguna obra especial; tienen únicamente por objeto mostrar las diferentes disposiciones de los bloques en elevación longitudinal.

Una aplicación interesante de los muros verticales se hizo en Bizerta, a fines de 1903, construyendo el muro, figura 21,

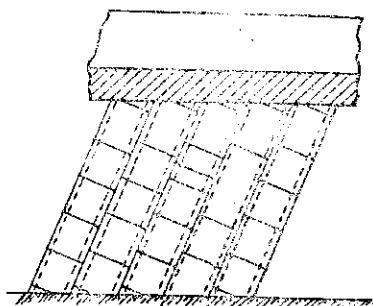


Fig. 21

con cajones de mampostería, que se llevaron flotando y se asentaron sobre una infraestructura de enrocados, limitada a la cota (-8 m.); estos cajones tenían 8 m.

rellenar y, por consiguiente, con menos peso. La defensa del pie de estos muros se hizo con enrocados naturales. Las dimensiones generales de estos muros eran sin duda reducidas; su base de asiento se encontraba a poca profundidad y la defensa de enrocados no era suficiente, además de que la calidad de ellos dejaba que desear, todo lo cual dió como resultado la destrucción de las obras, que fueron reemplazadas por un tipo hecho con defensa de bloques pêle-mêle.

En Nápoles, en el *antemurale*, se adoptó un tipo de muro hecho con bloques artificiales colocados por capas horizontales (fig. 22), en el cual se adoptaron muchas precauciones para disminuir el efecto de los asentamientos de la infraestructura de enrocados, que llegaba a tener 20 m. de altura. El muro está fundado sobre la plataforma de coronamiento de esta in-

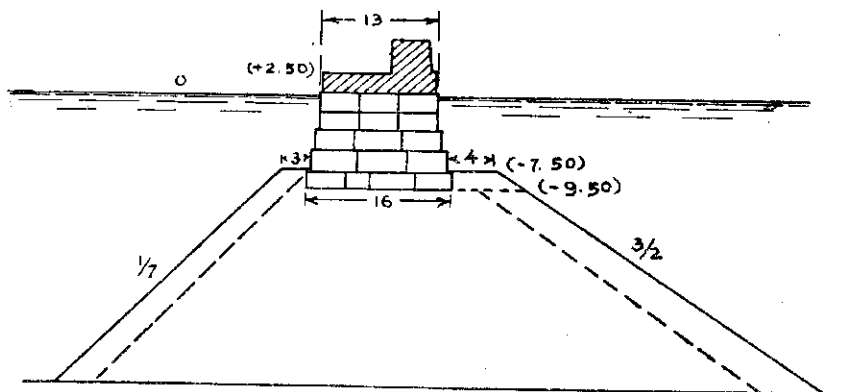


Fig. 22

de espesor, 10 m. de altura y 31 m. de largo, y se les había hecho de manera que flotaran, dejando una revancha suficiente; cada uno tenía cuatro pozos circulares con un volumen tal que pudieran ser rellenos de concreto en un día, para no exponerse a que una tempestad repentina pudiera sorprenderlos a medio

fraestructura, limitada a la cota ($-9,50$) con un ancho de 22 m., de manera que queda una berma exterior de 6 m. y una interna de 3 m., ambas cubiertas con grandes piedras naturales. El muro, formado con bloques artificiales con juntas trabadas en todos sentidos, sobresale de 0,50 m. encima del nivel del mar

y se le completó con un coronamiento de concreto en sitio, limitado a la cota (+2,50 m.) y un parapeto del mismo material, que alcanza la cota (+6 m.). Esta obra, que no recibe de frente el golpe de las grandes tempestades, ha resistido desde hace unos 25 años en perfectas condiciones y ha sido sin duda una

rácter especial del fenómeno, probablemente de origen sísmico, que provocó el accidente.

En el mismo puerto de Nápoles, en el dique *dei granili*, mucho más expuesto que el anterior, se adoptó un tipo de construcción muy robusto, fig. 23, que consiste en la superposición de bloques

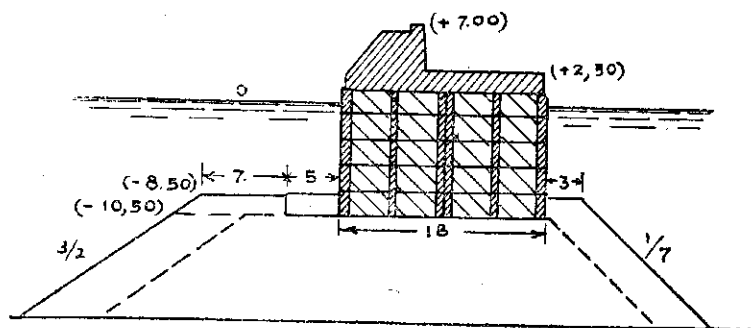


Fig. 23

aplicación muy acertada de este tipo de obra. Imitado de este antemurale fué el molo de Antofagasta, cuyas disposiciones de detalle fueron modificadas después por necesidades de la construcción; los

huecos, celulares, que dejaban pozos verticales, que se rellenaron de concreto; a fin de que este concreto no fuera lavado por el agua de mar, cada bloque descansaba sobre el inferior, con interposi-

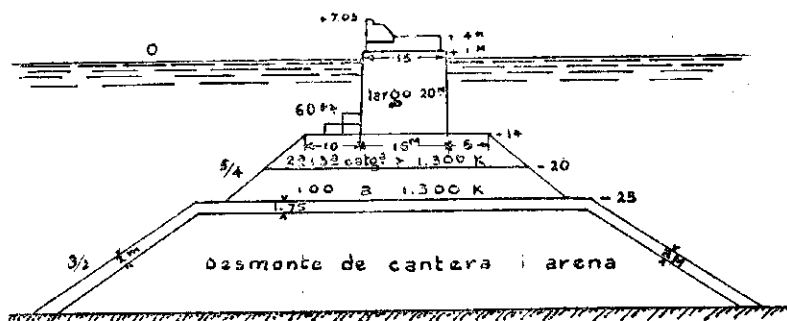


Fig. 24

resultados de esta última obra no correspondieron a las esperanzas, en parte porque las bases que se tuvieron en vista al elaborar su proyecto no correspondieron a la realidad y en parte por el ca-

ción de una juntura hecha con un tubo de plomo. El muro se completaba con un macizo de concreto en sitio, limitado a la cota (+2,50 m.) y un parapeto, que alcanza hasta la cota (+7,0 m.). La pla-

taforma de asiento de este muro fué limitada a la cota ($-10,50$ m.) con una berma exterior de $15,60$ m., sobre la cual descansa una fila de bloques de defensa del pie del muro y que se encuentra cubierta en la parte restante con bloques naturales; la berma interior también se cubrió con grandes piedras. Las disposiciones de esta obra obedecieron al deseo de formar especies de monolitos, forma-

do de Valparaíso corresponde al nivel medio del mar y la mayor amplitud de marea es de 2 m., con una plataforma de 32 m. de ancho. Esta infraestructura fué hecha en dos partes: primero una base formada por un núcleo de desmante de cantera y arena, cubierto por una capa de bolones de 2 m. de espesor y con taludes de $3/2$; en seguida dos capas superpuestas de enrocados de 100 a $1,300$

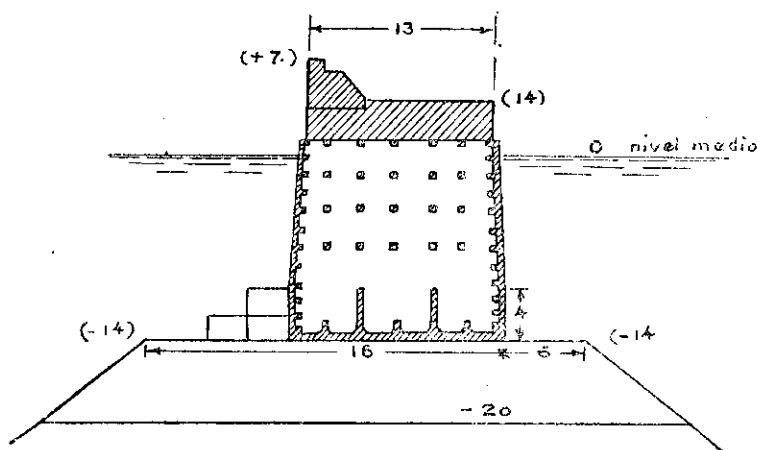


Fig. 25

dos por cuatro bloques superpuestos y el concreto que los rellenaba, y a acelerar la construcción de la obra, empleando los mismos elementos que en el antemural. El resultado ha sido en general satisfactorio; sólo ha experimentado algunas averías el parapeto.

Inspirada en la construcción de muros con cajones monolíticos hecha en Bizerta y en Seebruges, pero con elementos mucho mayores, se construyó la parte principal del primer trozo del rompeolas de Valparaíso, obra muy expuesta a las tempestades de N. O., y fundada en profundidades que llegan a 45 m. La fig. 24 representa el esquema de esta obra, que comprende una infraestructura de enrocados limitada a la cota (-14 m.), el

kilos y de $1,300$ a $4,000$ kilos, respectivamente. Sobre la plataforma que limita exteriormente esta última capa, previamente emparejada con piedras de menor tamaño a la cota conveniente, tomando en cuenta los asentamientos probables, se encallaron los cajones de concreto armado que forman la parte principal del muro vertical.

Estos cajones tienen la forma que indica en corte la fig. 25, con 20 m. de largo, 16 m. de ancho en la base y 15 m. de altura; fueron hechos de concreto armado y están constituidos por lozas reforzadas con nervios horizontales de tamaño creciente hacia el fondo del cajón; estos nervios se apoyan en nervios verticales unidos entre sí por tabiques

en el sentido transversal y por piezas horizontales en el sentido longitudinal, de manera que el interior ha quedado dividido en rebanadas transversalmente, que se rellenaron de concreto rico, en el cual quedaron englobadas las piezas ho-

de concreto en sitio, que alcanza hasta la cota (+7,00).

El segundo trozo del molo de Valparaíso, que se encuentra un poco menos expuesto que el primero, pues las olas lo azotan bajo un ángulo agudo, fué cons-

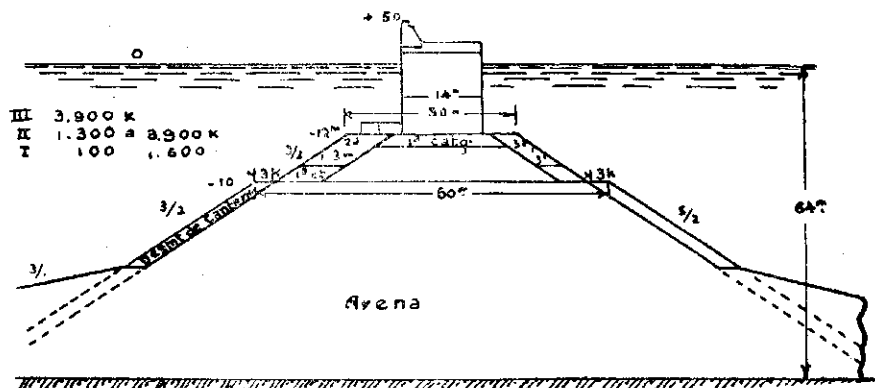


Fig. 26

rizontales de refuerzo. En la berma que queda por el lado exterior de la plataforma de asiento del muro, que tiene 10 m. de ancho, se colocaron dos hileras de bloques que tienen 60 tns. de peso, destinados a defender esa plataforma; por el lado in-

terio, dispuestos por capas inclinadas y trabados, como se indica en la fig. 27. Los bloques que formaban los paramentos se elevaban hasta más arriba que los del núcleo del muro y por ellos circulaba el derriq que sirvió para la colocación de los bloques; una vez que el muro así

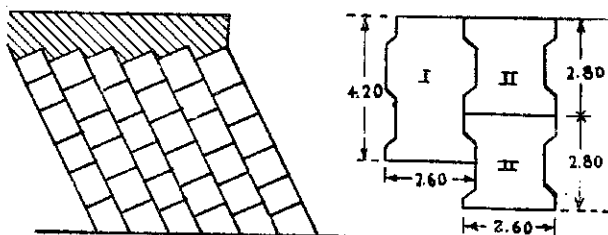


Fig. 27

terior de la plataforma se dejó una berma de 6 m. de ancho. Después que los cajones rellenos de concreto asentaron durante un año, se construyó encima de ellos un macizo de concreto en sitio, limitado a la cota (-4): se completó la obra con un muro parapeto, igualmente

rio, dispuestos por capas inclinadas y trabados, como se indica en la fig. 27. Los bloques que formaban los paramentos se elevaban hasta más arriba que los del núcleo del muro y por ellos circulaba el derriq que sirvió para la colocación de los bloques; una vez que el muro así

hecho hubo asentado durante un año, plazo que fué reducido a ocho meses en la parte extrema de la obra, se construyó la coronación de concreto en sitio y el muro-parapeto, que alcanza a la cota (+7,50). El pie del muro fué defendido con una capa de bloques artificiales, que ocupan parte de la berma exterior de 10 metros de ancho. La berma interior fué cubierta con enrocados en parte de la longitud de esta obra.

rior de los cajones se rellena de concreto colocado en sitio, de manera que cada pila pesa alrededor de 1,700 tons., unidades capaces de resistir aisladamente el esfuerzo ejercido por las olas. El muro así formado descansa sobre una infraestructura de enrocados, limitados a la cota (-10,50 m.) con una plataforma de 32 metros de ancho, que deja una berma exterior de 12 m. y una interior de 8 m.; en la exterior se ha colocado una pila

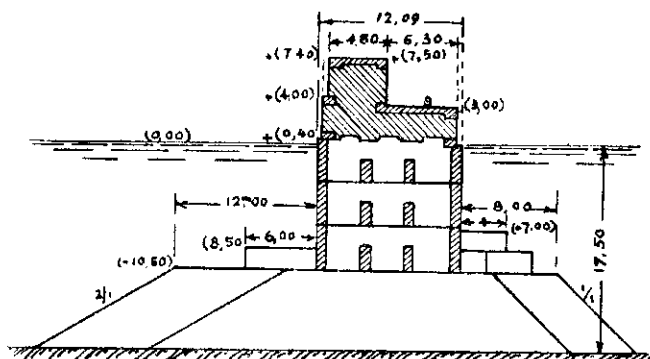


Fig. 28

Los dos trozos del molo de Valparaíso han dado entera satisfacción hasta ahora, y el primero de ellos, por lo menos terminado hace ya más de doce años, ha soportado temporales de extraordinaria violencia.

En Génova, en la construcción del molo Víctor Manuel III, se adoptó una idea derivada de la que se había aplicado en el molo *dei granili* de Nápoles, pero perfeccionada. La fig. 28 indica la disposición a que me refiero. El muro se hizo con la superposición de grandes cajones celulares, cuyo largo era igual al espesor del muro y cuyo peso unitario alcanzaba a 220 tons. El ancho de estos cajones es de 6 m. y están colocados de manera que tres de ellos forman una pila vertical de 10,80 m. de altura; la parte inte-

de bloques de defensa de 6 m. de largo, en la interior se han puesto dos filas de bloques. Después de dejar asentar el muro formado por los bloques celulares rellenos, se completó la obra con un macizo de concreto en sitio, limitado a la cota (+3 m.) y un muro parapeto, que alcanza a la cota (+7,50). Es interesante notar que la construcción del muro de bloques celulares se hacía en dos tiempos: primero se colocaba una serie de bloques de la capa inferior, que se rellenaba parcialmente de concreto, y después de dejarlos asentar se colocaban en cada pila los dos que la completaban, rellenándolos de concreto inmediatamente, con el objeto de no exponerse a que una pila pudiera quedar expuesta a ser sorprendida inconclusa. Esta obra, eje-

cutada en muy buenas condiciones, ha soportado tempestades violentísimas en perfectas condiciones, y puede ser citada como un modelo.

En Valencia se construyeron los rompeolas según un tipo derivado del que acabamos de ver; pero una tempestad extraordinaria destruyó el más expuesto de ellos, según tuve ocasión de dar cuenta en un artículo anterior, por efecto de la socavación del fondo, producida por las olas, lo que indicó que el tipo de obra era inadecuado a las circunstancias y aconsejó modificarlo en la reconstrucción de la parte destruída.

En Catania, la prolongación del molo principal de abrigo fué construída empleando el tipo de muro vertical, de acuerdo con lo que indica la fig. 29.

llenarse de concreto; al llevar a cabo la obra, pensando sin duda que ese concreto, colocado bajo agua, no ofrecía suficientes garantías, se redujeron esos huecos de los bloques a lo estrictamente necesario para que pudieran afirmarse en ellos los fierros necesarios para su suspensión, suprimiendo los pozos verticales, y, por consiguiente, la trabazón que había para resistir los esfuerzos de deslizamiento. Encima del muro de bloques se construyó un macizo de coronamiento, que llega a la cota (+3 m.) y un muro-parapeto, limitado a la cota (+7,40 m.). En la berma exterior de 12 m. de ancho se colocó una fila de bloques que ocupan 6 m.; la berma interior de 7,50 m. de ancho fué cubierta con enrocados naturales. Esta obra sufrió en febrero de

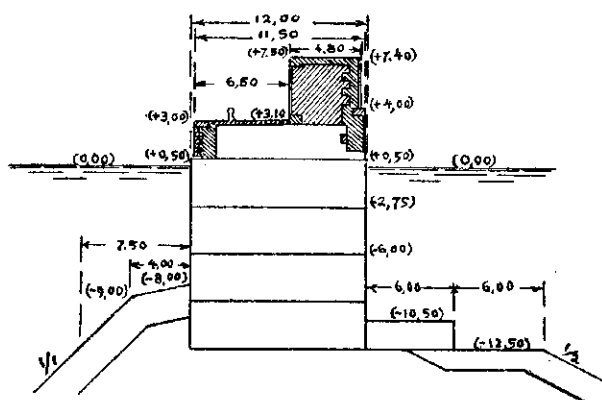


Fig. 29

Sobre una infraestructura de enrocados limitada a la cota $(-12,50\text{ m.})$ se construyó un muro de bloques artificiales superpuestos, formando pilas verticales, como en Génova; estos bloques tienen como largo 12 m., o sea, el espesor total de muro, 4,25 m. de ancho y 3,25 m. de alto, y alcanzan un peso unitario de 320 toneladas. En el proyecto, estos bloques tenían huecos, que al superponerse formaban pozos verticales que debían re-

1930 un grave accidente, del que me ocupé con detalle en el artículo a que he hecho referencia; posteriormente, en marzo de 1932, una marejada de violencia nunca vista, procedente de una tempestad lejana, destruyó completamente la obra, que fué reconstruída después según un tipo diferente.

En los nuevos molos de Argel, se adoptó una solución del tipo que nos ocupa, fig. 30. El muro vertical en este caso

fué formado por grandes bloques artificiales, cuyo peso unitario es de 450 ton.; estos bloques tienen 11 m. de largo, 4 m. de ancho y 4 m. de altura; tienen hue-

en la planta de la fig. 30. Esta obra ha soportado tempestades extraordinariamente violentas, mucho más de las que se tuvieron en vista al calcularlas, cuyos

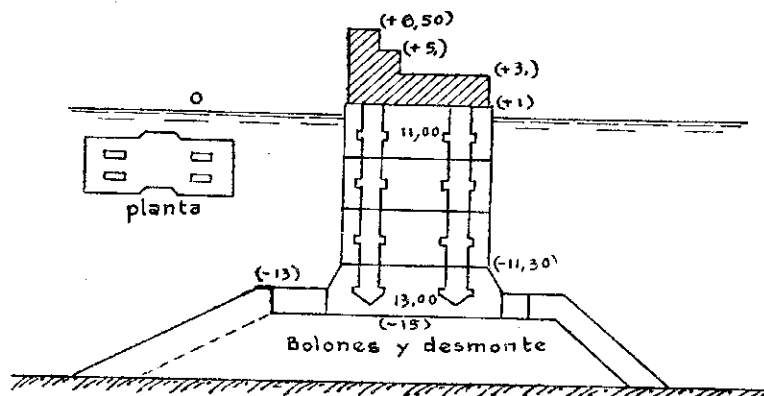


Fig. 30

cos de 1,50 m. $\times$ 0,70 m. para el paso de los órganos de suspensión, cuya superposición dejaba cuatro pozos verticales, en los que se colocaron rieles y barras

efectos han sido muy perjudiciales; se han producido asentamientos de consideración, desplomes del muro, principalmente hacia el exterior, y deformaciones

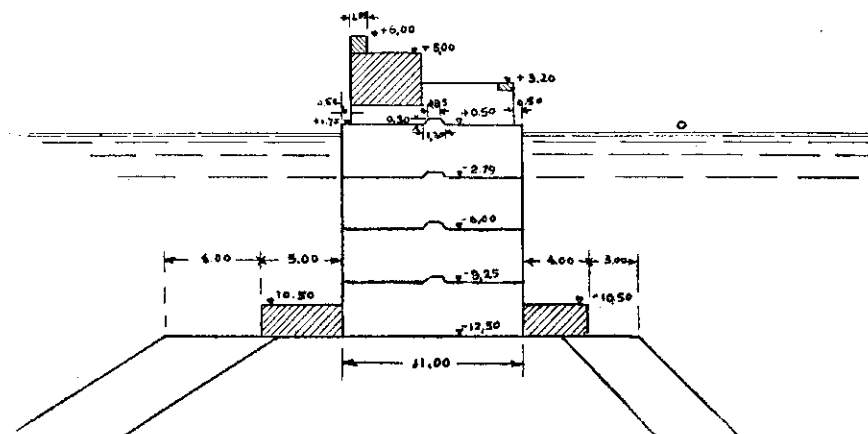


Fig. 31

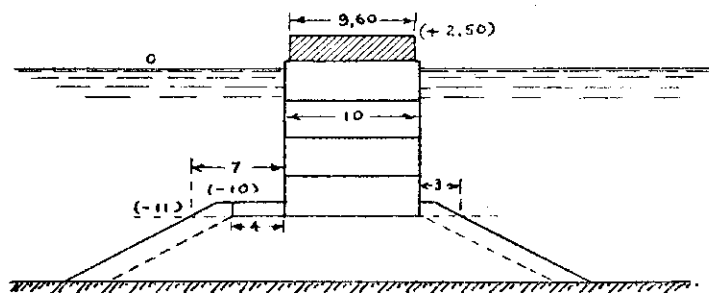
redondas de acero englobadas en concreto; para establecer cierta solidaridad entre las pilas de bloques, éstos tenían ranuras laterales y salientes, indicadas

horizontales del eje de la obra que demuestran que el muro es débil para las tempestades a que en realidad está sometido, y que los enrocados que forman

la base son pequeños, además de ser de mala clase. Un último accidente, de consecuencias mucho más graves que los anteriores, se produjo este año, pero no he tenido aún detalles de él.

Finalmente, en la actualidad se construye en Marsella el molo llamado de El Faro, en el cual se ha adoptado el perfil de la fig. 31. En este caso, aplicado a un mar no muy violento, el muro, fundado a la cota ($-12,75$ m.), está compuesto por pilas de tres bloques superpuestos, provistos de salientes en su

En Bengasi (Tripolitania) se ha construido últimamente un molo de paramentos verticales, hecho con bloques de concreto, colocados por capas inclinadas; pero esta obra, indicada en líneas generales en la fig. 32, difiere de las aplicaciones anteriores de este tipo, en que los bloques son de peso mucho mayor, pues sus dimensiones son $10 \times 3 \times 2$ m., de modo que su largo es igual al espesor del muro; su peso unitario es de 120 ton. No se ha adoptado ninguna disposición especial para impedir el deslizamiento



Fsg. 32

cara superior, destinados a oponerse al deslizamiento transversal; en planta los bloques son rectangulares y tienen huecos de 2 m. de largo y 0,60 m. de ancho para la colocación de los órganos de suspensión, que no atraviesan los bloques. La berma exterior, que tiene 10 m. de ancho, está protegida por una corrida de bloques; la interior, de 7 m. también, está defendida por bloques, pero de menor altura. En esta obra, los enrocados de la infraestructura son de peso muy superior al que vimos en el caso de Argel.

transversal de las diferentes capas de bloques. El muro está fundado sobre una infraestructura de enrocados, limitada a la cota (-11 m.); la berma exterior de la plataforma de asiento es de 7 m. de ancho y está cubierta por una fila de bloques de 4 m. y en el resto con enrocados; la berma interior está protegida por enrocados. Encima de la cota ($+0,40$ m.) se ha construido un macizo de concreto en sitio, que se eleva hasta la cota ($+2,50$ m.). La obra se completará con un muro-parapeto.

(Continuará).