

NOTAS PARA EL PROYECTO DE OBRAS PARA DEFENSA Y REGENERACION DE COSTAS. COMPROBACIONES EN EL LITORAL NE. DE LA PENINSULA

Por AURELIO GONZALEZ ISLA, Ingeniero de Caminos.

Presentamos el interesante trabajo de nuestro compañero Sr. González Isla, que por su extensión dividimos en dos artículos. En el presente se describe el estudio general del movimiento de las playas y de las obras correspondientes, dejando para el próximo la reseña de las ejecutadas por el autor en el litoral Levante-Norte de nuestra costa del Mediterráneo, que aparecerá bajo el epígrafe de "Otras obras".

Cuando por efecto de los embates de la mar se producen erosiones en una línea de costa, se plantea el problema de defender los terrenos colindantes, especialmente si se trata de predios agrícola-mente ricos, de poblaciones, o bien de instalaciones industriales o de carácter general, tales como vías de comunicación costeras.

La naturaleza de las costas erosionables es, generalmente, arenosa y, por lo tanto, los terrenos que se trata de defender se encuentran separados de la mar por una playa que, cuando tiene suficiente anchura, constituye en sí misma la defensa natural contra los temporales.

Entre los muchos casos particulares que presentan los problemas de esta índole, se puede considerar con carácter de cierta generalidad, pues se da frecuentemente el caso de la defensa de un tramo de costa sin accidentes notables, es decir, con una forma en planta de características generales bien definidas, cuyo caso teórico límite sería el de una costa absolutamente rectilínea y homogénea.

A defensa de una costa de este tipo nos referimos en lo sucesivo, puesto que los casos contrarios, tales como los movimientos de arena en el estuario de un río, por ejemplo, representan estudios particulares bien definidos en cada punto.

Estudio general del movimiento de las playas.

En general, en una costa abierta, las playas se alimentan de los acarreo de los ríos y rieras y, en menor cantidad, de los productos de meteorización de las partes rocosas de la misma costa.

Durante las tormentas y aguaceros terrestres se forman multitud de cauces torrenciales, y ellos, así como los permanentes, aportan arenas en gran cantidad. Los embates de la mar, durante los temporales y la acción combinada del agua y el sol, meteorizan los terrenos costeros viejos, que, disgregados, contribuyen también, aunque en mucho menor grado, a esta alimentación.

Por parte de la mar existe siempre un rumbo

bien determinado de temporal dominante y un sector de marejadas o pequeños temporales reinantes.

Durante un temporal dominante de gran intensidad, las olas abordan la costa según un ángulo determinado. En este momento se produce un retroceso general de todas las playas. Por una parte, un gran volumen de arena es socavado y arrastrado por la onda de resaca hasta depositarlo en una barra inestable paralela a tierra. Otra parte de la arena corre a lo largo de la costa, hacia sotavento del temporal. Desde luego, cuanto más normalmente ataque a la costa la ola de temporal, más importante es el primer efecto en relación al segundo. Pasado el período de máxima intensidad del temporal, parte de los productos depositados por la resaca en la barra, que es inestable, vuelven a la costa, y otra parte son arrastrados a los grandes fondos.

A su vez, los temporales y marejadas reinantes, generalmente de oblicuidad contraria respecto a la costa, dan lugar a corrientes y arrastres litorales que regularizan los ocasionados a lo largo de ésta por los temporales máximos.

En una costa abierta y en la que no se produzcan modificaciones en su forma en planta, las integrales de los arrastres, alimentaciones y pérdidas, se equilibran. Si todos los años fueran exactamente iguales, en cuanto a características meteorológicas, en tierra y mar, y por la mano del hombre no se alterase el libre juego descrito, por medio de obras marítimas o terrestres, las playas llegarían a un estado de equilibrio y únicamente en períodos geológicos fuera de la índole de lo que nos ocupa, se producirían alteraciones nada despreciables en las formas de las costas.

En la realidad, los años no son iguales. Se producen períodos de sequía o de lluvias, con lo que varían las aportaciones. Se dan años con más temporales que aumentan las pérdidas de las playas. Se construyen puertos que alteran la forma de la costa, o bien se introducen nuevos cultivos o ejecutan obras en tierra que más frecuentemente dificultan que fomentan la normal alimentación de las playas. Todos estos factores alteran el libre equilibrio de arena des-

crito y provocan la disminución de unas playas o el aumento de otras.

Pueden, por lo tanto, ejecutarse obras para provocar este desequilibrio en la forma que convenga, e incluso la faja de alimentación natural de arenas puede sustituirse por el relleno con productos de dragado.

Estudio de las obras.

Las obras de defensa pueden perseguir dos diferentes finalidades: o bien consolidar una línea de litoral impidiendo nuevos avances de la mar, o bien

EFECTO DE UN ESPIGÓN AISLADO

Supongamos en una costa rectilínea un espigón recto, normal a la costa. En un caso general, tanto los temporales dominantes como los reinantes, tendrán sus ondas de abordaje a la costa oblicuas respecto al espigón y con rumbo a uno y otro lado.

Tracemos el plano de oleaje para el temporal dominante (fig. 1.^a). Del examen de este plano se deduce lo siguiente:

La parte de oleaje que corresponde desde la línea de avance, $E A$, hacia sotavento (hacia la izquierda en este caso), no está afectada por la construcción del

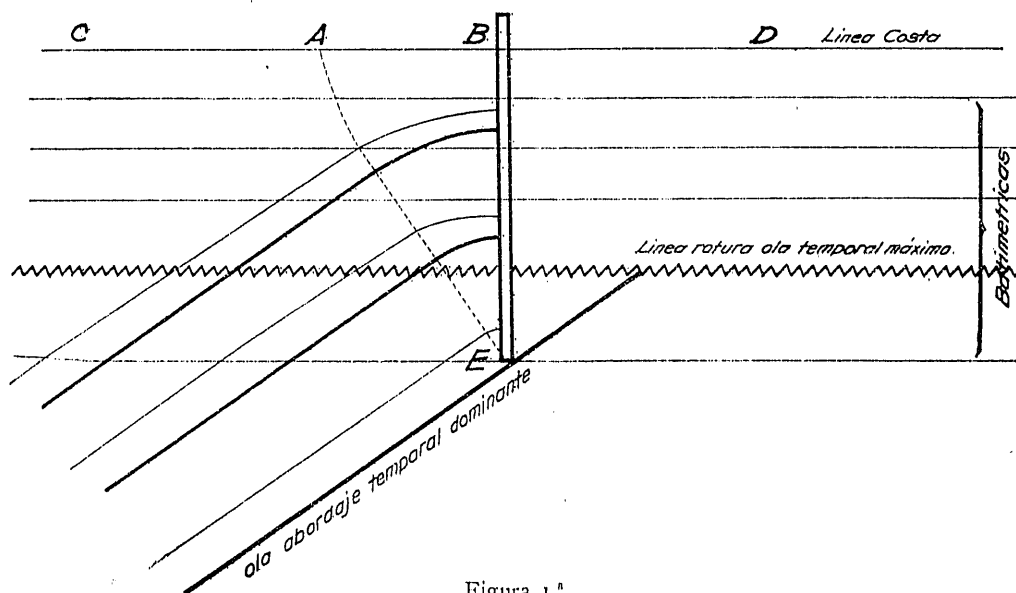


Figura 1.^a

provocar la regeneración de las playas desaparecidas o la formación de una nueva.

Desde luego, si se consigue la recuperación o formación de una playa, automáticamente quedan defendidos los terrenos situados tras ella, de manera que a primera vista parece que las obras del segundo grupo harían innecesarias las del primero. Veremos que no sólo cada una de estas clases de obras puede resultar indicada en cada caso, sino que están tan íntimamente ligadas que casi siempre es preciso llevarlas a cabo de un modo combinado.

Las obras de defensa de una línea, son esencialmente longitudinales. Las de recuperación o regeneración de playas, transversales, es decir, salientes en la mar para que puedan influir en el juego de arenas que antes hemos descrito de un modo general.

A continuación estudiamos su funcionamiento.

espigón más que por la influencia de la zona de alimentación de la expansión a la derecha de la línea $E A$, que tiene poca importancia. Por lo tanto, en el tramo $A C$ de costa existirá, por una parte, un transporte litoral de arenas desde A hacia C , y además, un retroceso muy notable de la playa durante el período de máxima intensidad del temporal. En el sector $A B E$, las alturas de ola a lo largo de $E A$ son mayores que a lo largo de $E B$, de suerte que se originará también un movimiento de arrastre desde A hacia B , a lo largo del litoral. Este efecto sólo será cierto cuando el oleaje actúe como está trazado en el plano; es decir, cuando el espigón sea lo suficientemente largo. Más adelante detallaremos este concepto.

En el tramo $B D$, la corriente litoral resultante

de barlovento hacia sotavento acumulará arenas contra el espigón. Si la alimentación de arenas a la playa no es muy potente, durante el temporal, este traslado se hará a costa de empobrecer la playa situada más a barlovento.

En definitiva, como resultado del estudio de este

En esta forma, la actuación de un espigón consiste esencialmente en su efecto de retenida por barlovento, y el punto de partida de la erosión a sotavento está mucho más alejado (fig. 3.^a).

* * *

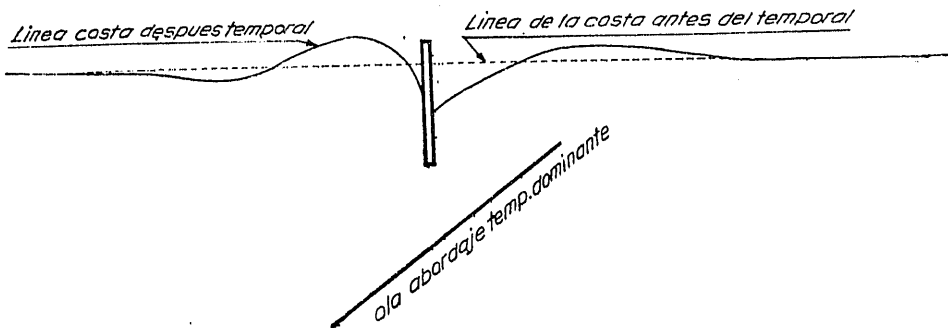


Figura 2.^a

portulano, podemos deducir que este espigón tipo producirá, bajo el temporal de Levante, el efecto (fig. 2.^a) de provocar una acumulación de arenas a barlovento y un punto de ataque a sotavento, cuya distancia al espigón se puede calcular trazando el plano de oleaje correspondiente.

El estudio anterior permite prever, mediante el trazado de los planos de oleaje, cuál será el comportamiento de un espigón aislado y determinar la dirección más adecuada para su trazado. Por ejemplo, en el caso a que se refieren las figuras 1.^a, 2.^a y 3.^a, es de prever la modificación de la playa en la forma

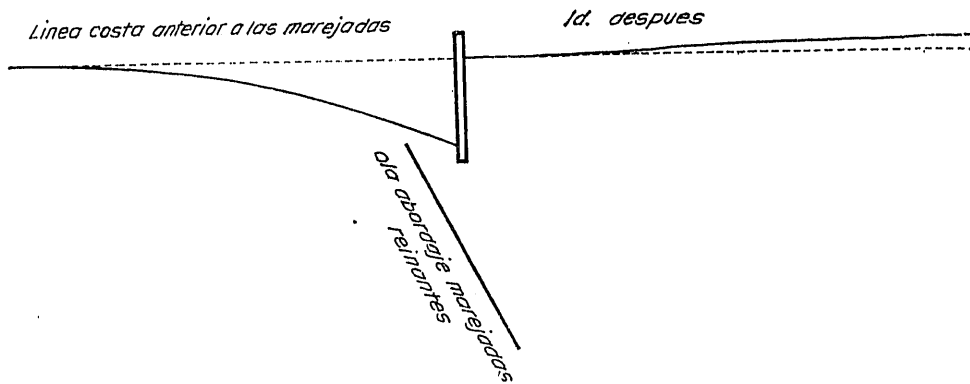


Figura 3.^a

La actuación de los temporales reinantes no será análoga a la anterior más que si estos temporales son también duros y cortos, como los dominantes, lo cual generalmente no sucede. En el caso corriente de que las mares reinantes sean marejadas y temporalillos de poca altura de ola, pero mucha duración, el resultado inmediato es la producción de una corriente litoral de características más semejantes a una corriente fluvial, es decir, que desaparece prácticamente el fenómeno de erosión frontal y arrastre a la barra que describimos para los temporales dominantes.

que indica la figura 4.^a. Si en este mismo caso de temporales la dirección del espigón fuera la que se representa en la figura 5.^a, se formaría más playa a sotavento y menos a barlovento de los dominantes, tal como señala la misma figura, y si fuera, por el contrario, la que indica la figura 6.^a, no se formarían playas a sotavento y sí a barlovento de los temporales dominantes.

En el caso de que el temporal dominante aborrase de frente la costa, un espigón normal a la misma no evitará en absoluto la erosión durante su pe-

crito y provocan la disminución de unas playas o el aumento de otras.

Pueden, por lo tanto, ejecutarse obras para provocar este desequilibrio en la forma que convenga, e incluso la falta de alimentación natural de arenas puede sustituirse por el relleno con productos de dragado.

Estudio de las obras.

Las obras de defensa pueden perseguir dos diferentes finalidades: o bien consolidar una línea de litoral impidiendo nuevos avances de la mar, o bien

EFFECTO DE UN ESPIGÓN AISLADO

Supongamos en una costa rectilínea un espigón recto, normal a la costa. En un caso general, tanto los temporales dominantes como los reinantes, tendrán sus ondas de abordaje a la costa oblicuas respecto al espigón y con rumbo a uno y otro lado.

Tracemos el plano de oleaje para el temporal dominante (fig. 1.^a). Del examen de este plano se deduce lo siguiente:

La parte de oleaje que corresponde desde la línea de avance, $E A$, hacia sotavento (hacia la izquierda en este caso), no está afectada por la construcción del

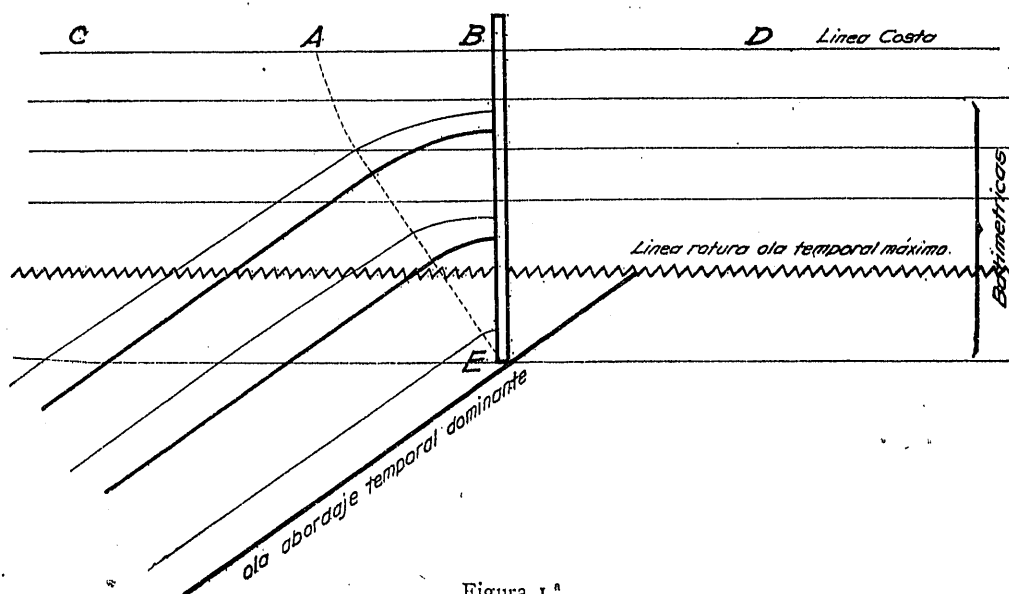


Figura 1.^a

provocar la regeneración de las playas desaparecidas o la formación de una nueva.

Desde luego, si se consigue la recuperación o formación de una playa, automáticamente quedan defendidos los terrenos situados tras ella, de manera que a primera vista parece que las obras del segundo grupo harían innecesarias las del primero. Veremos que no sólo cada una de estas clases de obras puede resultar indicada en cada caso, sino que están tan íntimamente ligadas que casi siempre es preciso llevarlas a cabo de un modo combinado.

Las obras de defensa de una línea, son esencialmente longitudinales. Las de recuperación o regeneración de playas, transversales, es decir, salientes en la mar para que puedan influir en el juego de arenas que antes hemos descrito de un modo general.

A continuación estudiamos su funcionamiento.

espigón más que por la influencia de la zona de alimentación de la expansión a la derecha de la línea $E A$, que tiene poca importancia. Por lo tanto, en el tramo $A C$ de costa existirá, por una parte, un transporte litoral de arenas desde A hacia C , y además, un retroceso muy notable de la playa durante el período de máxima intensidad del temporal. En el sector $A B E$, las alturas de ola a lo largo de $E A$ son mayores que a lo largo de $E B$, de suerte que se originará también un movimiento de arrastre desde A hacia B , a lo largo del litoral. Este efecto sólo será cierto cuando el oleaje actúe como está trazado en el plano; es decir, cuando el espigón sea lo suficientemente largo. Más adelante detallaremos este concepto.

En el tramo $B D$, la corriente litoral resultante

de barlovento hacia sotavento acumulará arenas contra el espigón. Si la alimentación de arenas a la playa no es muy potente, durante el temporal, este traslado se hará a costa de empobrecer la playa situada más a barlovento.

En definitiva, como resultado del estudio de este

En esta forma, la actuación de un espigón consiste esencialmente en su efecto de retenida por barlovento, y el punto de partida de la erosión a sotavento está mucho más alejado (fig. 3.^a).

* * *

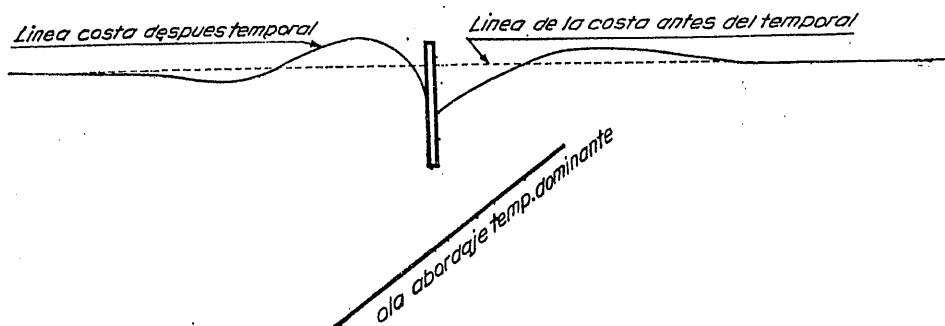


Figura 2.^a

portulano, podemos deducir que este espigón tipo producirá, bajo el temporal de Levante, el efecto (fig. 2.^a) de provocar una acumulación de arenas a barlovento y un punto de ataque a sotavento, cuya distancia al espigón se puede calcular trazando el plano de oleaje correspondiente.

El estudio anterior permite prever, mediante el trazado de los planos de oleaje, cuál será el comportamiento de un espigón aislado y determinar la dirección más adecuada para su trazado. Por ejemplo, en el caso a que se refieren las figuras 1.^a, 2.^a y 3.^a, es de prever la modificación de la playa en la forma

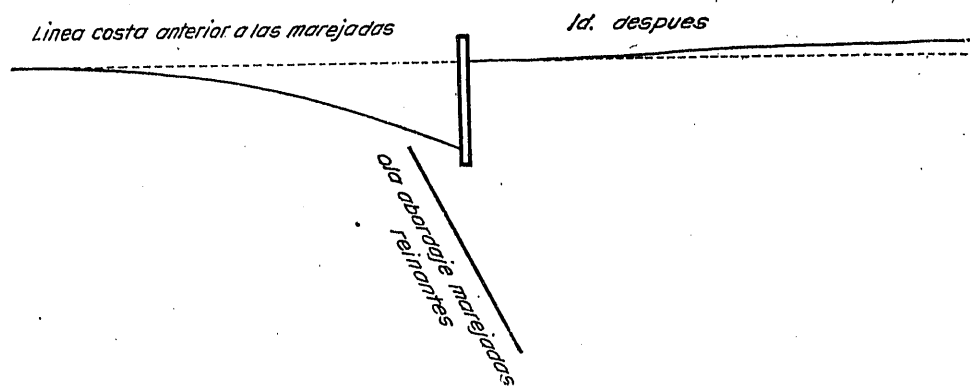


Figura 3.^a

La actuación de los temporales reinantes no será análoga a la anterior más que si estos temporales son también duros y cortos, como los dominantes, lo cual generalmente no sucede. En el caso corriente de que las mares reinantes sean marejadas y temporalillos de poca altura de ola, pero mucha duración, el resultado inmediato es la producción de una corriente litoral de características más semejantes a una corriente fluvial, es decir, que desaparece prácticamente el fenómeno de erosión frontal y arrastre a la barra que describimos para los temporales dominantes.

que indica la figura 4.^a. Si en este mismo caso de temporales la dirección del espigón fuera la que se representa en la figura 5.^a, se formaría más playa a sotavento y menos a barlovento de los dominantes, tal como señala la misma figura, y si fuera, por el contrario, la que indica la figura 6.^a, no se formarían playas a sotavento y sí a barlovento de los temporales dominantes.

En el caso de que el temporal dominante abordase de frente la costa, un espigón normal a la misma no evitará en absoluto la erosión durante su pe-

río de máxima intensidad, puesto que entonces el punto *A* coincidirá con el *B*. Esta es la razón del escaso éxito de algunos espigones. Refiriéndonos, en efecto, a la figura 7.^a, resultará que si los espigones

se formará en calado del orden de vez a vez y media la altura de ola, las arenas de la misma se perderán y los espigones no tendrán éxito.

Convendría, pues, en este caso, variar la direc-

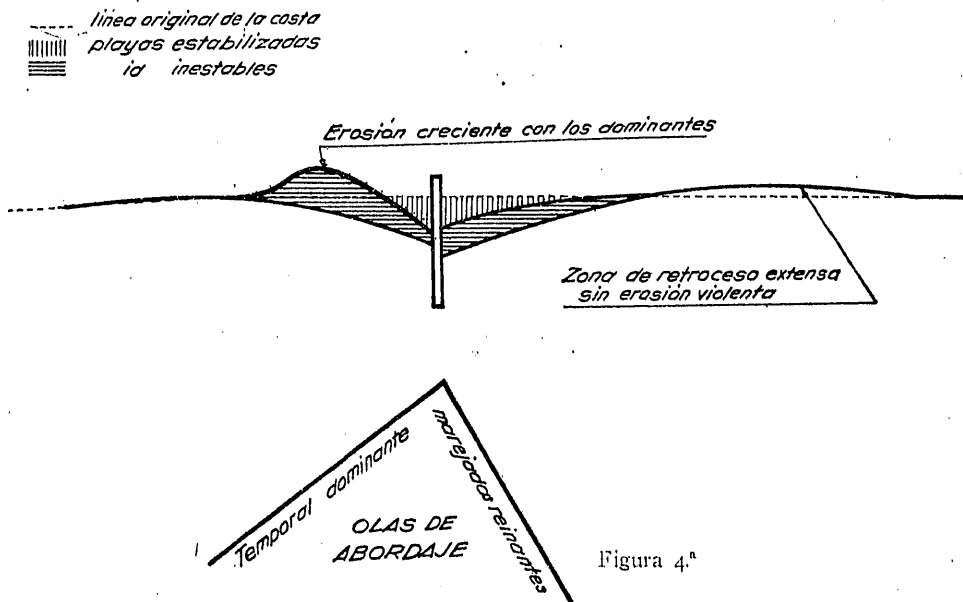


Figura 4.^a

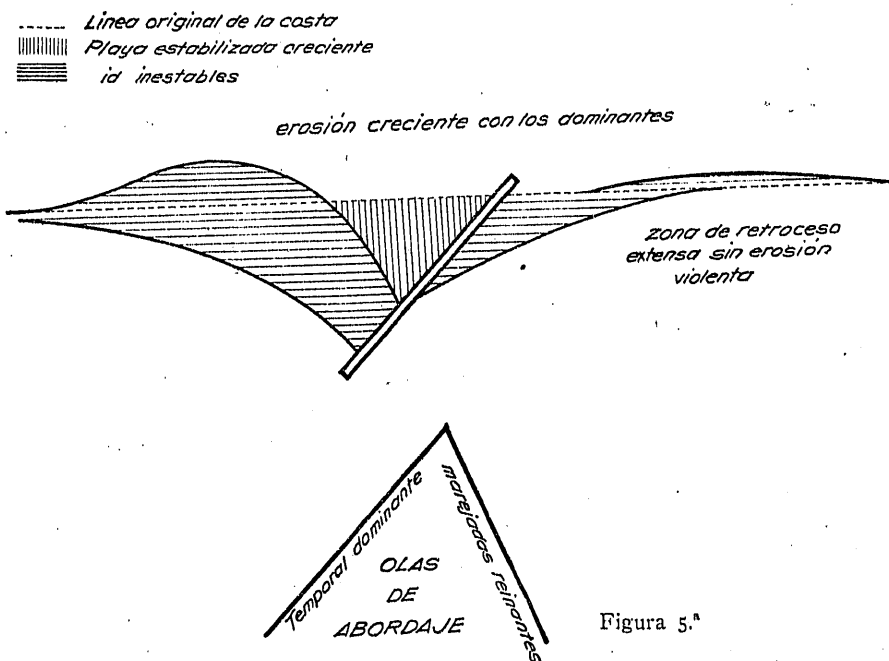


Figura 5.^a

se construyen en orden de derecha a izquierda de la figura durante una época de marejadas reinantes, evidentemente se formará una playa, pero al sobrevenir el temporal dominante, toda la playa conseguida retrocederá, y si los espigones no llegan a la barra que

ción de los espigones dirigiéndolos en dirección al rumbo de marejadas, si tenemos una fuente de alimentación a barlovento de éstas, o bien dejarlas normales, pero prolongándolas hasta sobrepasar francamente la ubicación de la barra, para que el mecanis-

mo litoral de arenas quedara englobado en nuestro dispositivo. Resulta, además, conveniente una defensa longitudinal según la línea de arranque de los es-

y se comprueba en la práctica, todo lo que hemos previsto sólo será cierto si el plano de oleaje es de aplicación, y ello será cuando las proporciones de la obra

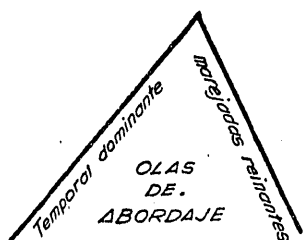
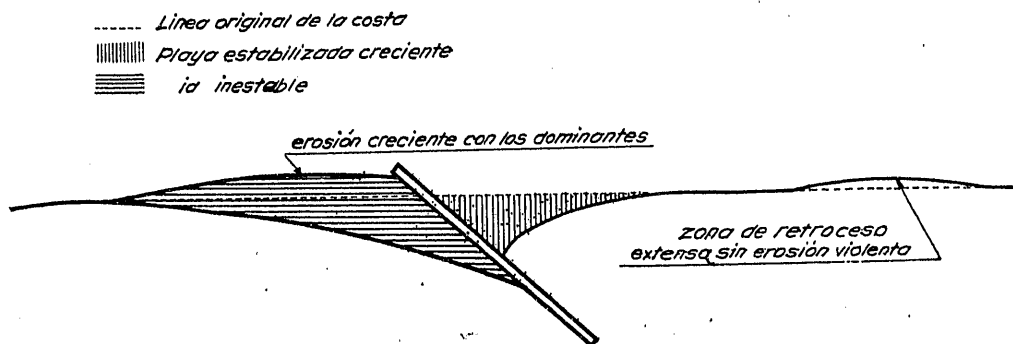


Figura 6.^a

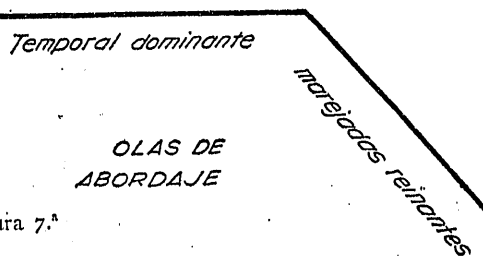
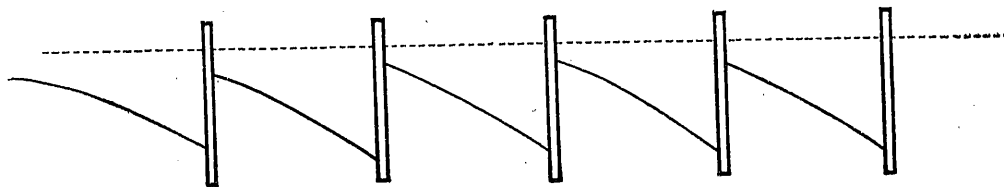


Figura 7.^a

Figones para prevenir los efectos de un temporal excepcionalmente violento.

Debemos hacer notar, y esto es muy importante, que, según se deduce de los mismos planos de oleaje

sean tales que el oleaje estudiado no haya roto antes de la obra. Es decir, para que el mecanismo descrito se verifique durante los temporales máximos, el espigón debe ser suficientemente largo para que su ex-

tremo llegue a la zona en que aun no rompe la ola de temporal por efecto de la plataforma costera. Si el espigón es más corto, el mecanismo calculado se efectuará sólo para olas de altura más pequeña, y en el caso de temporales máximos, como la ola llega rota a la obra, todo lo previsto no es cierto y los remolinos y fenómenos secundarios originados por el bucle de rotura, producen socavaciones a sotavento desde el mismo arranque de la obra, la que entonces contribuye a la formación de estos remolinos. Esta es la

esta forma, el proceso ideal de reconstrucción es el indicado en la figura 8.^a

A nuestro juicio, no se debe determinar de un modo rígido, *a priori*, la separación de los espigones, aunque es posible determinarla por el trazado del pla-

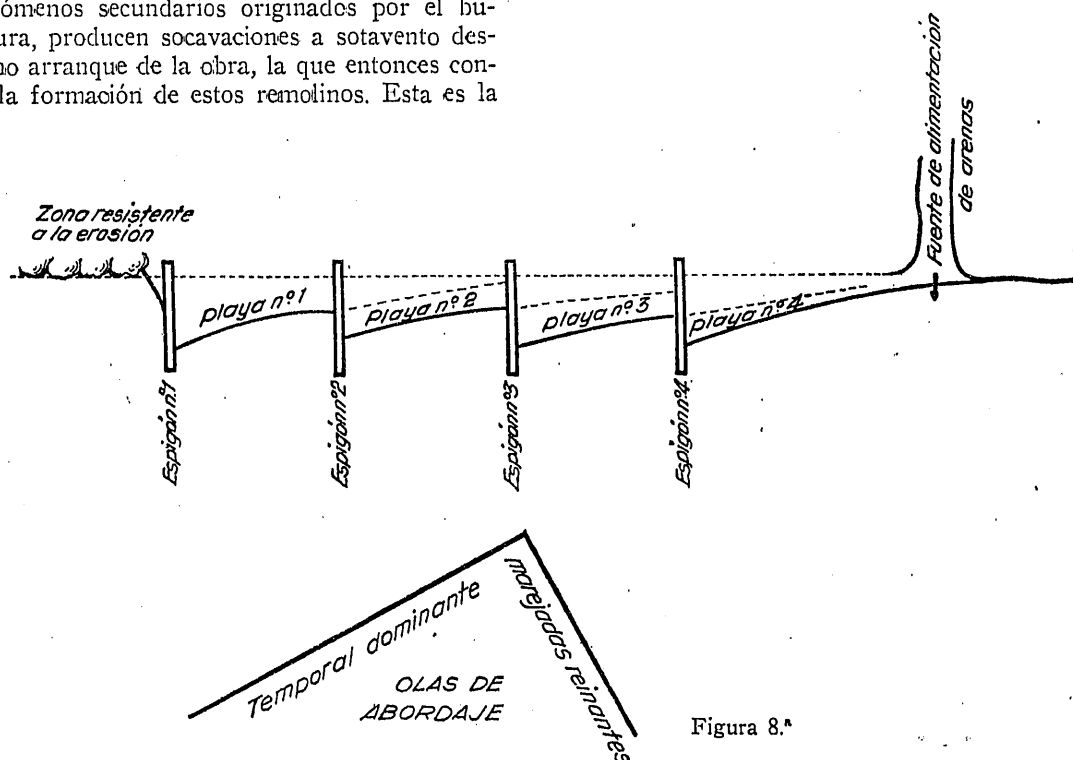


Figura 8.^a

razón del fracaso de algunas series de espigones demasiado cortos y cercanos.

SERIES DE ESPIGONES

Hasta aquí hemos visto el funcionamiento general de un espigón aislado. Cuando se trata de regenerar un tramo largo de playa, es preciso recurrir a una serie de ellos, y del mismo modo se pueden prever cuál será su efecto y cómo deben, aproximadamente, proyectarse.

De acuerdo con el estudio anterior, el modo ideal de abordar la reconstrucción consistirá, pues, en dividir el tramo en otros trozos, cada uno de los cuales tenga en su extremo de barlovento, respecto a los temporales dominantes, una buena fuente de alimentación de arenas y comenzar la construcción de espigones por el extremo de sotavento, con lo que los puntos de ataque que ocasionen los primeros espigones construídos se compensen con las aportaciones correspondientes al trozo inmediato de sotavento. De

no de oleaje, según hemos dicho antes, de modo que los puntos de erosión sucesivos recaigan sobre zonas enriquecidas a causa de la construcción del espigón anterior. Es, quizá, más conveniente no comenzar la construcción del segundo espigón hasta observar el comportamiento del primero y asegurar la estabilidad de las playas ocasionadas por éste, dándole la longitud que sea necesaria.

Según hemos visto, al estudiar el efecto de un espigón aislado, la ejecución de obras transversales acarreará fatalmente el aumento de la erosión en algunos puntos cuyo emplazamiento se puede prever con bastante exactitud mediante el trazado de los planos de oleaje. En el caso de un espigón único, este punto de ataque subsistirá, y en el caso de una serie de espigones, solamente tendrían efectos permanentes los situados en los extremos, especialmente en el de sotavento de los temporales dominantes, y los demás se irán produciendo y compensando durante la ejecución de las obras. El acertado orden de construcción de los espigones puede aminorar este efecto para estos puntos de erosión intermedios, y si la naturaleza

de los predios ribereños lo permiten, pueden no tener mucha importancia estas erosiones intermedias temporales, pero las de los extremos de las zonas de espigones es necesario preverlas y evitarlas.

Para ello, la mejor solución, no siempre posible, consiste en comenzar la serie de espigones a continuación de un punto naturalmente resistente, por ejemplo, una zona rocosa o la desembocadura de un gran río, que constituye una fuente importante de aportaciones.

Como esto no es siempre posible, resulta que, en general, es necesario completar los sistemas de espigones con obras de defensas longitudinales, cuyo emplazamiento se deduce inmediatamente del modo que ya hemos descrito, y que, para el caso frecuente de que no se pueda tolerar un retroceso parcial de la costa, siquiera sea pequeño y transitorio, es preciso que se extiendan a toda la zona afectada, previamente a la construcción de espigones.

A su vez, aun para el caso de que no se pretenda la formación de playas por la función de éstas en sí (como ocurre, por ejemplo, en centros turísticos), es decir, cuando la finalidad de la obra sea exclusivamente conservar una línea definida de la costa, frecuentemente la regeneración de las playas resulta necesaria, o cuando menos conveniente, para proteger a su vez a las defensas longitudinales previamente ejecutadas, si éstas por sí mismas no tienen consistencia suficiente para mantenerse indefinidamente ante los embates de la mar.

Vemos, así, que las obras longitudinales y las transversales no son independientes, y que para una solución general del problema de regeneración de una playa es preciso el empleo de unas y otras.

Refiriéndonos al caso del último párrafo del apartado anterior, es decir, cuando por alguna circunstancia (generalmente de índole presupuestaria) no es posible dar a los espigones suficiente longitud, es conveniente separarlos bastante unos de otros, para que la zona de remolinos a sotavento de uno no afecte la acumulación que el transporte litoral origina a barlovento del siguiente. En este caso de espigones cortos, el efecto de cada uno se circunscribirá a provocar una erosión desde su mismo arranque hacia sotavento y una acumulación en su parte de barlovento de los dominantes. Será preciso completar estos espigones cortos muy separados, con trozos de defensa longitudinal desde su mismo arranque hacia sotavento, hasta el punto de permanencia de la playa a barlovento del espigón siguiente.

Proyecto de las obras.

El proyecto de las obras de defensa o regeneración comprende dos partes: el trazado en planta de las mismas y el de sus dimensiones, secciones, clase de fábrica y demás detalles.

Respecto al primer punto, ya hemos visto la marcha que se puede seguir para el trazado de las obras transversales de regeneración. En cuanto a las longitudinales, si son derivadas de las anteriores, ya vimos también cómo se puede determinar su zona de aplicación, y si son de defensa primaria, es decir, estricta de una línea, vienen impuestas por las condiciones del terreno.

Tratemos, pues, ahora, del detalle de su proyecto en cuanto a secciones, dimensionado, etc.

ESPIGONES

Conociendo la misión que se pretende cumplan los espigones, se deducen inmediatamente las características que determinan su proyecto, en cuanto a dimensionado.

Así, como hemos visto, un espigón para retención debe tener suficiente longitud para influir en los movimientos costeros de arena y para no ser envuelto por el oleaje en período de rotura, es decir, que tanto para que produzca eficaz efecto de recuperación de los productos depositados en la barra por los temporales máximos como para localizar los puntos de erosión, debe tener, por una parte, longitud suficiente para llegar hasta esta barra o sus proximidades, y por otra, para rebasar el punto de rotura del oleaje del temporal máximo, o sea, llegar hasta un calado del orden de vez a vez y media la altura de la ola de abordaje.

Por lo que se refiere a su dirección, hemos visto, al hacer el estudio a que se refieren las figuras 1.^a a 8.^a, cómo se puede determinar ésta para lograr el efecto deseado.

La altura de los espigones sobre la mar se determina también con el trazado del plano de oleaje. Para que el espigón cumpla su misión en la forma estudiada, debe tener suficiente altura para que no quede sumergido a causa de la sobreelevación del nivel medio y la altura de ola durante el temporal. Por lo tanto, cuando la plataforma costera es muy escarpada, el espigón deberá ser más alto que cuando es tendida, pues las olas que lo abordan son más altas en el primer caso que en el segundo, aun para un mismo temporal. Como indicación, creemos pueda ser aceptable una rasante sobre la mar del orden de la semialtura de la ola de temporal en el emplazamiento de la obra.

Por lo que se refiere a la clase de fábrica de los espigones, éstos deben ser proyectados de forma que cumplan las dos condiciones de impermeabilidad al paso de arena y resistencia a los esfuerzos de los temporales.

Los espigones rígidos de hormigón son difíciles

de construir y dan mal resultado, pues se rompen con facilidad al producirse movimientos en la arena. Si para evitar esta rotura se apoyan en pilotajes, resultan muy caros y, además, si el espigón resiste y hay socavaciones accidentales, la arena pasa por debajo entre los pilotes.

Son los sistemas más indicados las tablestacas metálicas y la escollera. Los espigones de tablestacas son sencillos y rápidos de construir, pero menos re-

los menudos en otras obras simultáneas, es buena solución, para el mejor aprovechamiento de los productos de cantera, el espigón mixto a que antes aludimos, con su parte más cercana a tierra formada por un tablestacado, el cual tiene, además, la ventaja de que si se logra el éxito, se pueden recuperar más tarde estas tablestacas, pues esta primera parte del espigón queda embebida en la playa formada.

En el extranjero, especialmente en los Estados

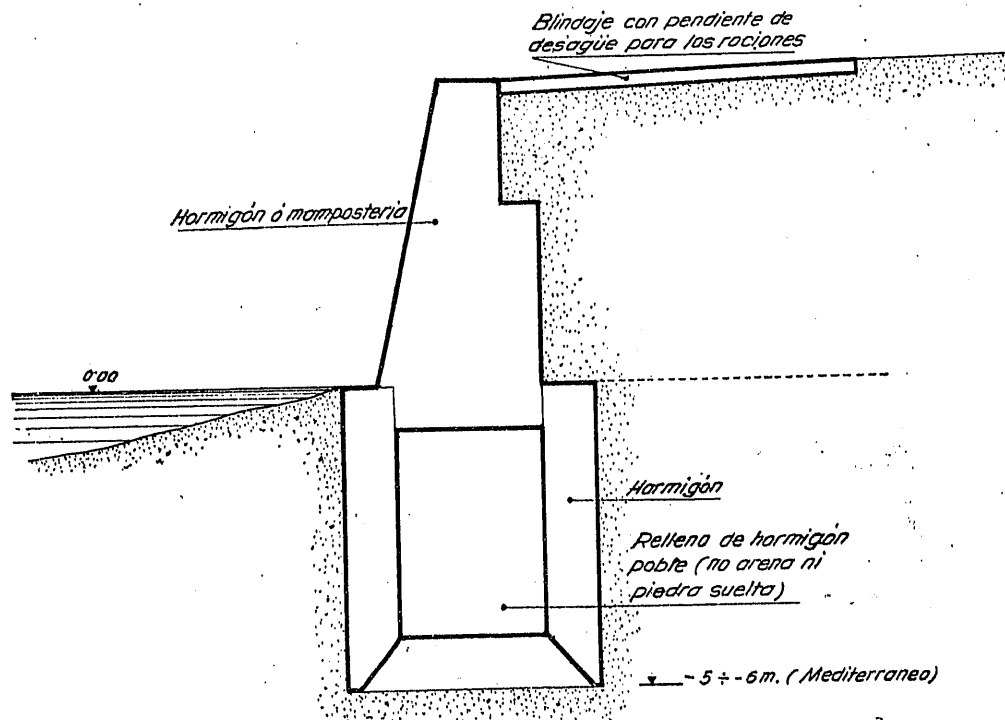


Figura 9.^a

sistentes que los de escollera, y por lo tanto, sólo son aconsejables para alturas de ola pequeñas, es decir, en escaso calado. Como consecuencia, su empleo será indicado en casos de plataformas costeras muy tendidas o para la primera parte de espigones mixtos en que la parte final se construya de escollera.

La escollera es la clase de obra más indicada en general para los espigones grandes, y su cálculo se hace entonces como el de un dique. A nuestro juicio, basta para el espigón una sencilla sección trapecial y los taludes deben calcularse teniendo en cuenta que, generalmente, el vertido se hará sin grúa. La anchura en coronación puede ser del orden de la altura de la ola.

Estos espigones de escollera, si son en poco calado, tienen el inconveniente de que la clasificación de escolleras es muy mala para el aprovechamiento de los productos de cantera. Si no se pueden emplear

Unidos, construyen frecuentemente espigones con pilotes y tablestacas de madera. Esta modalidad, indicada para olas de abordaje de poca altura, sólo resulta posible económicamente en países en que la madera es muy barata, y por ello no es de aplicación entre nosotros:

Defensas longitudinales.

(Defensa de una línea de costa.)

Los tipos usuales de estas defensas son los siguientes:

- Muros rígidos de hormigón.
- Tablestacados.
- Revestimientos con escollera.

a) *Muros rígidos de hormigón.* — Este elemento de defensa está, a nuestro juicio, únicamente indicado para una defensa muy localizada tal como, por ejemplo, una instalación industrial y cuando el terre-

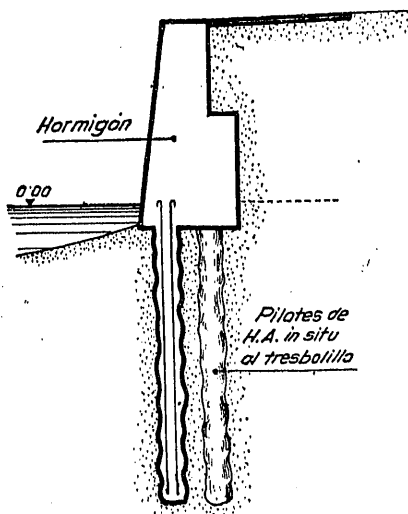


Figura 10.

no a defender está bastante elevado sobre el nivel de la mar.

Dado que el terreno posterior que se defiende suele ser de índole arenosa, es fundamental que la socavación que originan los temporales no pueda llegar, normalmente, bajo el nivel de cimentación del muro, pues en ese caso los productos de relleno pasarán bajo él y no se logrará la defensa. Adicionalmente, el muro quedará en pésimas condiciones de estabilidad.

A nuestro juicio, el único tipo admisible de de-

bable. El modo más usual de conseguir esto, es por medio de cajones indios o de aire comprimido.

Representamos un tipo de muro de defensa de esta clase en la figura 9.^a

Una obra de este tipo es la de defensa de la factoría de la Campsa, en el Morrot, cerca del puerto de Barcelona, y aunque en general ha dado buen resultado, ha demostrado ser obra delicada y con frecuentes averías que requieren constantes cuidados de conservación.

Resulta conveniente rellenar los cajones con hormigón pobre y no con elementos sueltos, sean arenas

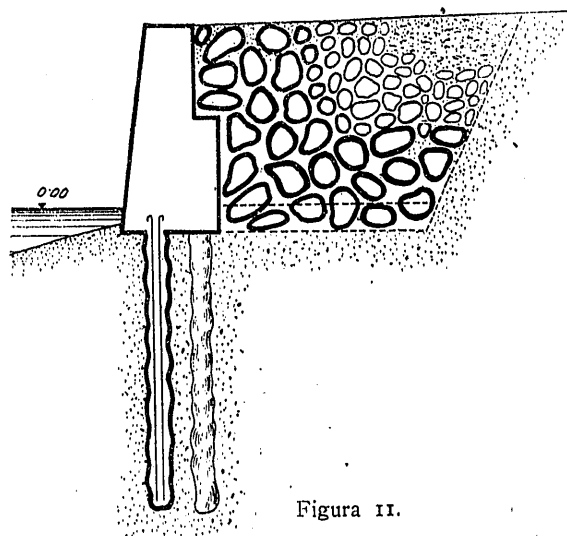


Figura 11.

o gravas, pues los rellenos de esta clase se salen por cualquier pequeña rotura.

El tipo de muro de defensa de hormigón en masa o armado, apoyado sobre pilotes, resulta, a nuestro entender, de muy poca garantía, pues al llegar, por

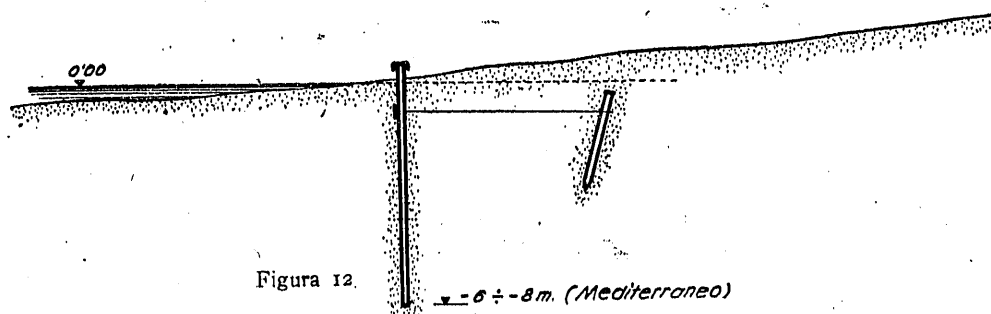


Figura 12.

fensa de esta clase, aparte de la posibilidad de cimentar sobre terreno no erosionable, roca, por ejemplo, situada bajo la arena, consiste en bajar un muro continuo hasta por debajo del nivel de erosión pro-

exigencias de construcción, el nivel del muro solamente a unos 50 cm. bajo aguas medias (véase figura núm. 10), no se impide que el relleno posterior pase a través del pilotaje, con lo que, aunque el muro

resulte incólume, no se logra la defensa deseada. Únicamente creemos pueda ser admisible este tipo de muro proveyéndole de un escollero posterior, como indica la figura 11, con sus elementos de primera ca-

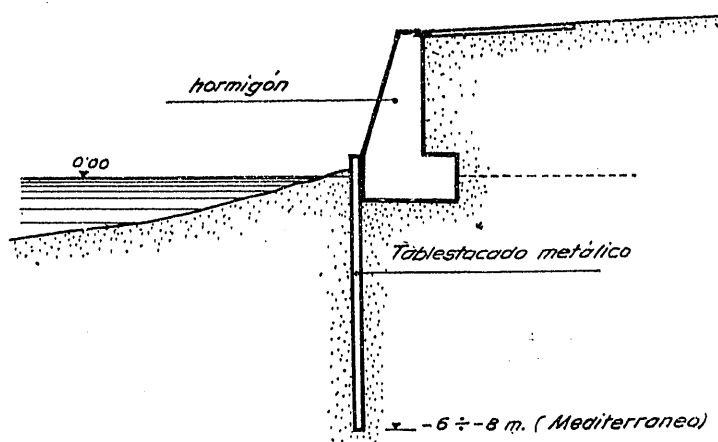


Figura 13.

resultado siempre problemático, pues al comenzar la socavación al pie del muro y provocarse la reflexión de la ola, el único límite de profundidad de cimentación que ofrecería absoluta garantía sería el correspondiente al cálculo de un dique vertical, y como esto no se alcanza, en la práctica, por dificultades económicas, siempre es posible que se llegue a una socavación tan importante que provoque la ruina o, al menos, ineficacia de la obra.

b) *Tablestacados*.—Este sistema de defensa longitudinal es sumamente interesante, pues en condiciones normales en que se disponga de tablestacas metálicas, puede constituir una obra rápida mucho más económica que el muro de hormigón y, además, las tablestacas se pueden recuperar si, más adelante, por haberse regenerado la playa de un modo permanente, merced a las obras adecuadas, resultan innecesarias.

Presenta, naturalmente, este sistema los mismos inconvenientes, en cuanto a profundidad de hinca necesaria, que el muro de hormigón, y por ello resulta

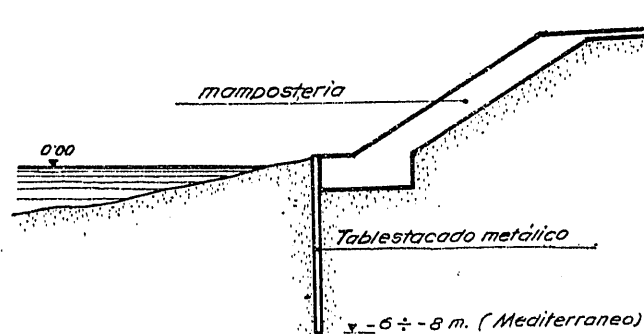


Figura 14.

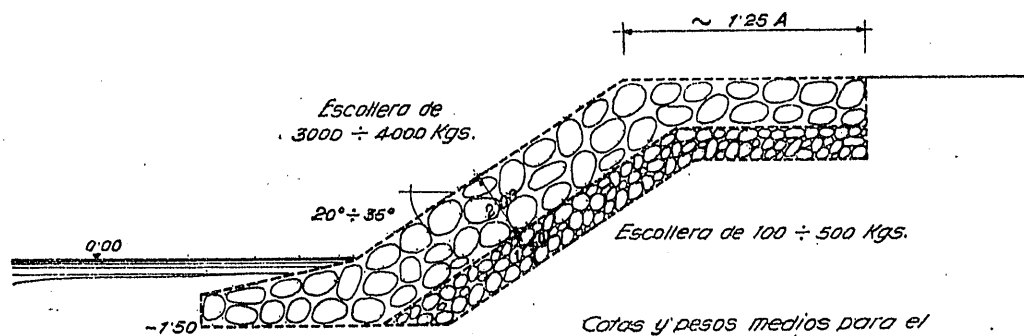


Figura 15.

Cotas y pesos medios para el Mediterráneo

tegoría, de tal tamaño que no puedan pasar entre el pilotaje.

Para terminar con el estudio de este tipo de sección, diremos que, en general, para terreno arenoso indefinido en sentido vertical, resulta muy caro y de

únicamente aconsejable en la práctica, de un modo absoluto, cuando no es de temer una socavación importante por ser la plataforma costera muy tendida o haber rompientes rocosas antes de la playa, o bien cuando se vayan a ejecutar seguidamente obras de

regeneración de la playa. Está indicado este sistema en los casos en que prácticamente no hay escalón costero, es decir, que los terrenos ribereños no quedan más altos que la playa, en cuyo caso los muros y escolleros son de escasa aplicación (fig. 12). Puede también, en el caso contrario, hacerse un sistema mixto de muro rígido, con pantalla suplementaria de tablestacado (figs. 13 y 14).

c) *Revestimientos longitudinales de escollera.*— Este revestimiento constituye el elemento tipo, a nuestro juicio, más adecuado y de fácil construcción para defender líneas de costa de alguna extensión y en las que el terreno a defender tenga una altura apreciable sobre la playa, formando un escalón alto.

La sección tipo de este revestimiento puede ser la indicada en la figura 15, y el peso de sus cantos y talud se puede calcular por la fórmula de Iribarren para diques de escollera. Respecto al modo de abordar este cálculo, creemos puede seguirse el criterio siguiente:

Si el pie del escollero queda, al ejecutarse la obra, apoyado en la playa existente, es de esperar que las socavaciones originadas por los temporales harán descender esta escollera hasta alcanzar una posición de estabilidad.

La práctica de las obras que hemos realizado nos induce a tomar, para el Mediterráneo al menos, como calado de estabilidad al pie de la escollera, como máximo, el de 1,50 m, y esto aun con la plataforma costera muy escarpada, dato que, naturalmente, tiene mucha importancia.

Teóricamente en este caso, la máxima altura de la ola que puede romper contra la escollera, será este calado al pie, más la sobreelevación del nivel medio en el momento del temporal, o sea:

$$\frac{A}{4} + 1,50 \text{ m.},$$

en cuya expresión, A es la altura de la ola de abordaje. A nuestro juicio conviene, sobre la cifra así obtenida, tomar un margen de seguridad del orden de 1,00 m. más para la altura de la ola para la que se calcula la escollera. Es preciso también tener en cuenta que los mantos de ésta se ejecutarán probablemente por vertido directo, de suerte que se debe dejar una hilada de piedra por encima del nivel del terreno para tener prevenidos los corrimientos hacia abajo que se producirán al presentar la obra al temporal.

(Continuará.)