

CIMENTACION DE GRANDES TORRES METALICAS ALIGERADAS EN LA PLAYA

Por MANUEL SANCHEZ DEL CORRAL Y DEL RIO
Ingeniero de Caminos.

El presente artículo se refiere a la solución general de un curioso problema de cimentación, planteado por la condición expresa de que las torres, ubicadas en una playa abierta e inestable, deben quedar siempre a una distancia del mar inferior a una determinada.

I. Premisas.

I-1. Establecer con carácter fijo en la playa de Pals (Gerona), una serie de torres metálicas, en número indeterminado, aunque posiblemente superior a diez, de 100 a 120 metros de altura aproximada y distanciadas entre sí unos 200 metros.

I-2. La posición en planta de dichas torres debe ser la de los vértices de una poligonal abierta, de orientación sensiblemente paralela a la de la costa.

I-3. Se considera condición precisa a cumplir por los puntos básicos de ubicación de las torres, que la máxima distancia entre los vértices de la poligonal aludida, o pies de las torres, y el agua, sea de orden de los 20 metros, aunque tal apreciación puede ser considerada como estimativa. Debe preverse en todo caso la posibilidad de que esta distancia mínima pueda ser aumentada al doble o más.

I-4. En el extremo superior de cada torre, y dentro de los planos verticales definidos por los lados de la poligonal, es de prever un esfuerzo horizontal de unas cuatro toneladas.

I-5. La estabilidad de cada torre puede conseguirse mediante cables de arriostamiento (vientos) anclados a diversas alturas de la misma y en el terreno. En tal caso, las torres van sustentadas sobre pivotes articulados.

Se apunta también la posibilidad, en el caso de encontrar gran dificultad para realizar el anclaje de los vientos en el terreno, de ejecutar un tipo de torre autoestable, o sea, rígidamente unida al cimiento mediante cuatro patas como base de sustentación.

I-6. El orden de magnitud del esfuerzo de tracción transmitido por el cable más solicitado al anclaje correspondiente es de unas 10 toneladas, formando un ángulo de 60° con el plano horizontal. En tal caso las componentes horizontal y vertical del referido esfuerzo resultan de unas 5 y 9 toneladas, respectivamente.

I-7. Es necesario garantizar el libre acceso al pie de las torres.

II. Características de la playa de Pals.

En el apartado anterior, que define las características generales del problema planteado, hay una cuestión de concepto que merece ser aclarada en primer término: *la condición expresa de que las fundaciones de las torres han de quedar situadas a una distancia máxima determinada del agua.*

Tal particularidad puede influir de forma tan decisiva en la elección de los tipos de fundación, dimensiones, e incluso en el presupuesto total de la obra misma, que exige dedicar algunas líneas al estudio de las características propias de la playa.

La playa de Pals forma parte de una banda costera de dirección Norte-Sur, ligeramente desviada al NO., comprendida entre los cabos Estartit y Negre (figura 1.^ª). Está limitada al Norte por la desembocadura del río Ter y al Sur por las rocas denominadas del Rincón, inmediatas a la Punta y Cala de la Riereta; tiene una extensión aproximada de 5 kilómetros, que corresponden a la mitad Sur de la citada banda.

El litoral de la provincia de Gerona se halla sometido a la acción de dos tipos de temporales fundamentales: los Dominantes de dirección E. (Levantes) y los Reinantes de dirección S.-SE. (Ponientes).

Tenemos conocimiento de la importancia de los mencionados temporales en las inmediaciones de la playa de Pals, concretamente en Estartit, punto situado unos 6 kilómetros al Norte de la zona elegida para ubicación de las torres (fig. 1.^ª). Estos datos, de tipo general, tienen completa validez para la playa de Pals y nos permiten conocer las direcciones pésimas de los máximos temporales y el orden de magnitud de las alturas de la ola de avance en alta mar.

Para los temporales dominantes, la dirección pésima es N. 75° E., con 5,80 m. de altura de ola en alta mar.

Para los temporales reinantes puede considerarse la dirección pésima S., con unos 2 m. de altura de ola.

Interesa subrayar que estos datos se refieren a la

ola de avance antes de llegar a la plataforma costera, y, por consiguiente, sólo pueden servir como base para estudiar la ola de abordaje sobre la playa, teniendo en cuenta el efecto de la citada plataforma costera y la expansión lateral de la ola, provocada por el cabo Negre en lo que respecta a los temporales reinantes. Todo ello podría ser objeto de un trabajo posterior para determinar por medio de los "planos de oleaje" los avances y retrocesos teóricos de la playa como consecuencia de la acción normal y paralela a la costa de los temporales; el grado de estabilidad en el tiempo de la misma, y, una vez elegido el tipo adecuado de obra marítima, las posibles consecuencias de la inestabilidad artificialmente creada, cuestiones todas ellas interesantes, aunque, a nuestro modo de ver, pueden muy bien estimarse con suficiente validez para este caso concreto, sin necesidad de estudio tan minucioso.

De acuerdo, pues, con este criterio, hacemos algunas consideraciones sobre el probable comportamiento de la playa de Pals en la actualidad, dentro de la aproximación que nos permiten los datos de que disponemos.

La prudencia aconseja tenerlas bien presentes antes de lanzarse a construir las cimentaciones de unas instalaciones costosas que pudieran quedar arruinadas o inservibles en corto plazo si no se toman las precauciones debidas.

Exponemos seguidamente las conclusiones a que hemos llegado sobre la playa en cuestión:

II-1. La playa de Pals se halla en una rada abierta totalmente a los temporales de Levante, y expuesta, asimismo, a los de Poniente.

II-2. La importancia de los temporales de Levante es muy superior a la de los de Poniente.

II-3. A efectos de movimientos acumulativos de avance o retroceso, observables solamente a largo plazo (cinco a diez años), la playa de Pals puede considerarse como estabilizada.

II-4. A efectos de movimientos observables a lo largo de un año o de un corto número de ellos, la playa debe considerarse como muy inestable, quedando afectada por movimientos de avance y retroceso, posiblemente mayores de ± 30 metros, en algunas de sus zonas (*).

(*) Como es sabido, el talud de una playa es función de una serie de variables fundamentalmente de la altura de la ola que llega y de la densidad de la arena, por lo cual aumenta

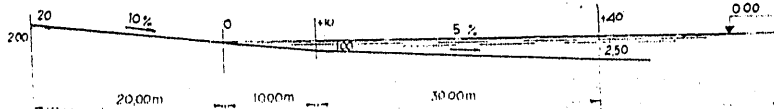


Figura 2.

o disminuye a medida que lo hace la altura de la ola incidente.

En el caso de un talud de escollera, la expresión que lo determina aproximadamente, para un peso de los bloques P , es la siguiente:

$$P = \frac{K \times A^2 d}{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha (d - 1)^2}$$

en la cual:

En la figura 3.^a se representan los probables movimientos de la playa bajo los efectos de los temporales reinantes y dominantes. Su orden de magnitud es difícil de precisar al no disponer de medición sistemática alguna. Según los naturales del país, excede de los ± 50 metros, pero este dato no puede admitirse más que como una apreciación subjetiva.

Los temporales reinantes, aunque de poca importancia, es de suponer que produzcan movimientos de retroceso a espaldas del macizo rocoso del cabo Negre, es decir, hacia el lugar que corresponde a la "línea límite de expansión" de las ondas, con probable acumulación de arenas detrás del macizo y posiblemente también al Norte de la playa (*).

Los temporales reinantes en su fase intensa, atacan frontalmente la playa y han de provocar un movimiento general de retroceso, seguido de un paulatino avance, una vez restablecida la calma, hasta llegar al estado normal o de equilibrio. Este avance es posible, al existir aportaciones de arena que lo permitan; en nuestro caso, la proximidad de la desembocadura del río Ter lo garantiza.

II-5. El talud de la plataforma costera de la playa de Pals puede considerarse del 1 por 100, aproximadamente (**).

II-6. La playa está formada por arenas calizas

A = altura de la ola.

α = talud.

P = peso del canto o bloque unitario.

d = densidad del canto o bloque.

k = coeficiente, que puede ser 15, para escollera natural, y 17, para escollera artificial.

En ella puede verse, al ser P y d fijos, que el ángulo α varía con la altura de la ola.

(*) Es interesante dar alguna noticia sobre los temporales que llegan a las costas de Gerona.

Los máximos temporales dominantes o Levantes se producen, indefectiblemente, en fechas fijas, hasta tal punto, que las gentes de mar los llaman con nombres relacionados con determinados días del año. Su duración es de tres a cinco días, durante los cuales la dirección del temporal va virando en sentido de las agujas del reloj, decreciendo al final su intensidad rápidamente, hasta terminar con "mares del Sur".

El 10 de octubre tiene lugar un temporal poco importante, el llamado "Cordonazo de San Francisco".

El día 8 de diciembre se produce el primer temporal de Levante fuerte; después vienen calmas ("Bimbas de Enero"), con nieblas y mar aceitoso. Desde mediados de febrero hasta mediados de marzo, o sea, en el equinoccio de primavera, se presentan los mayores temporales dominantes ("temporales de las habas"); más adelante, hacia mediados de abril, vuelve a producirse otro temporal fuerte ("Rentabotas"). Después, durante el verano, no hay nada de importancia. Se producen los virazones de verano (garbis o lebeches), debidos a vientos diurnos que cesan al caer el sol.

Los temporales reinantes o Ponientes (del segundo y tercer cuadrante), son debidos a "colladas sucias" del Atlántico, que penetran por el Estrecho de Gibraltar y se extienden por el Mediterráneo. Cada cuatro o cinco años, e incluso más, se produce un temporal fuerte de Poniente, peligroso no por su intensidad, sino por su gran duración, que puede ser de ocho a diez días, y suelen hacer daño porque no se piensa en ellos. Son temporales de invierno y se presentan hacia finales de año.

(**) Tomado de las batimétricas de las cartas marinas correspondientes.

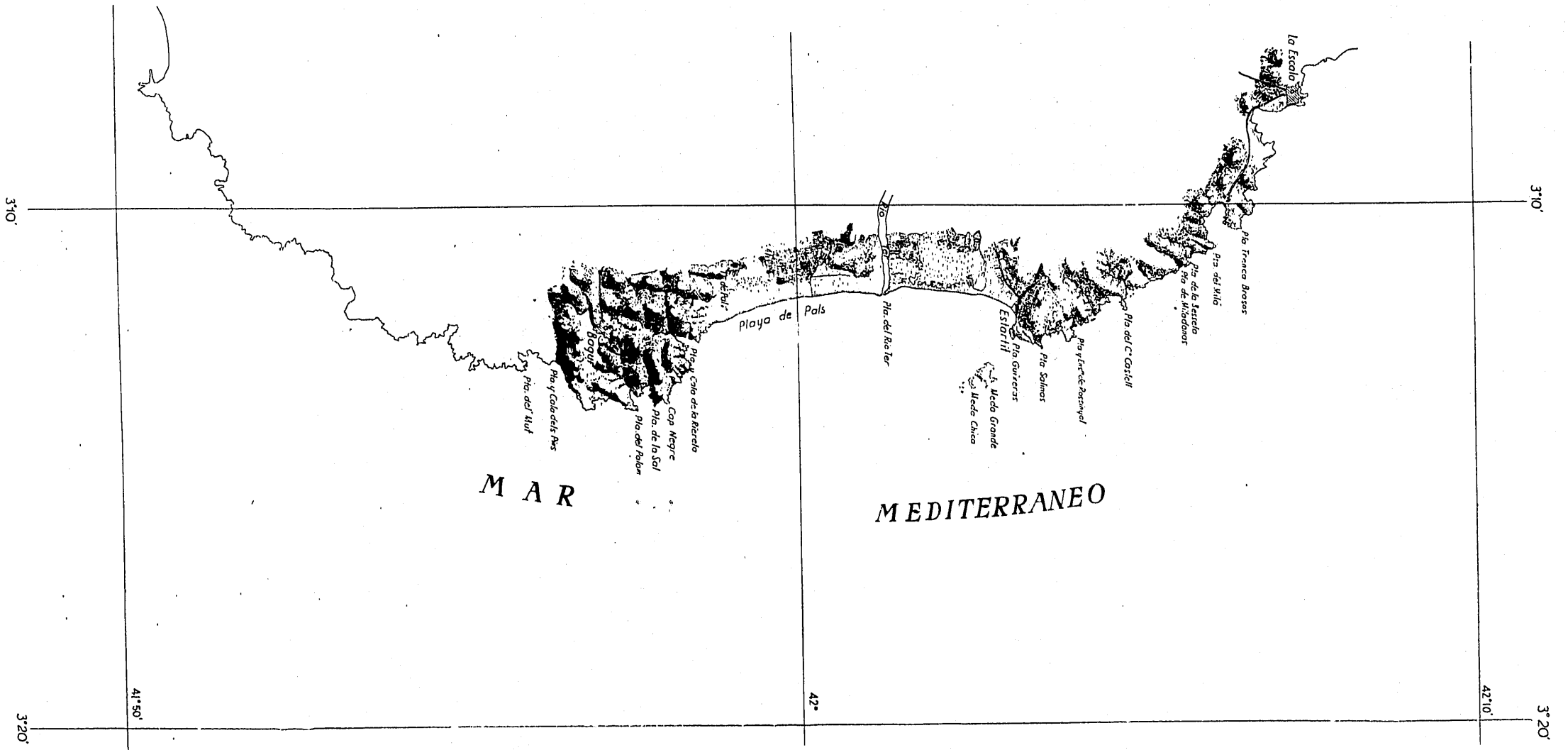


Fig. 1.^a — Zona costera que corresponde a la playa. (Tomada de la Carta Marítima núm. 876.)

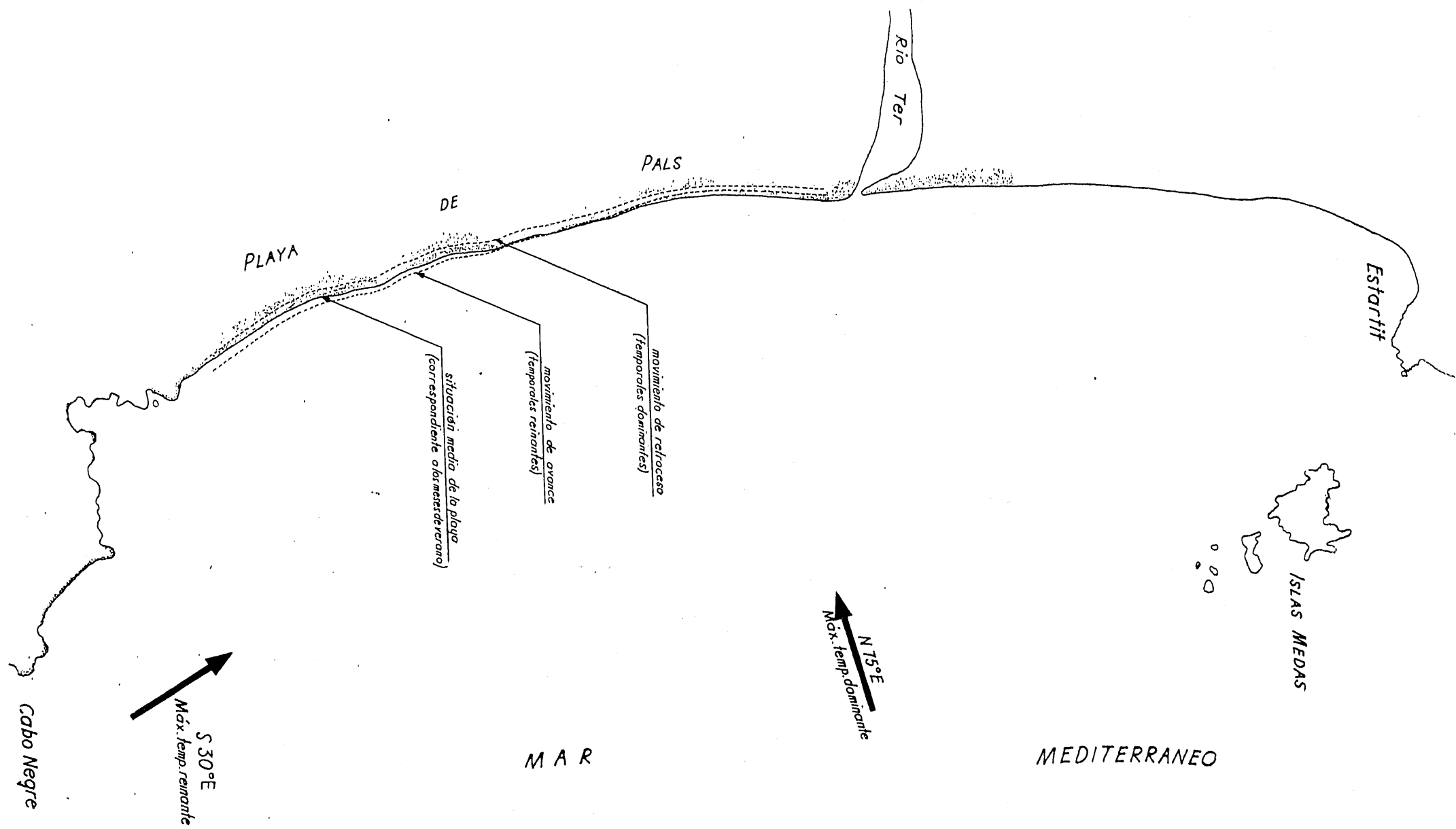


Fig. 3. --- Movimientos probables de la playa debidos a los temporales dominantes y reinantes.

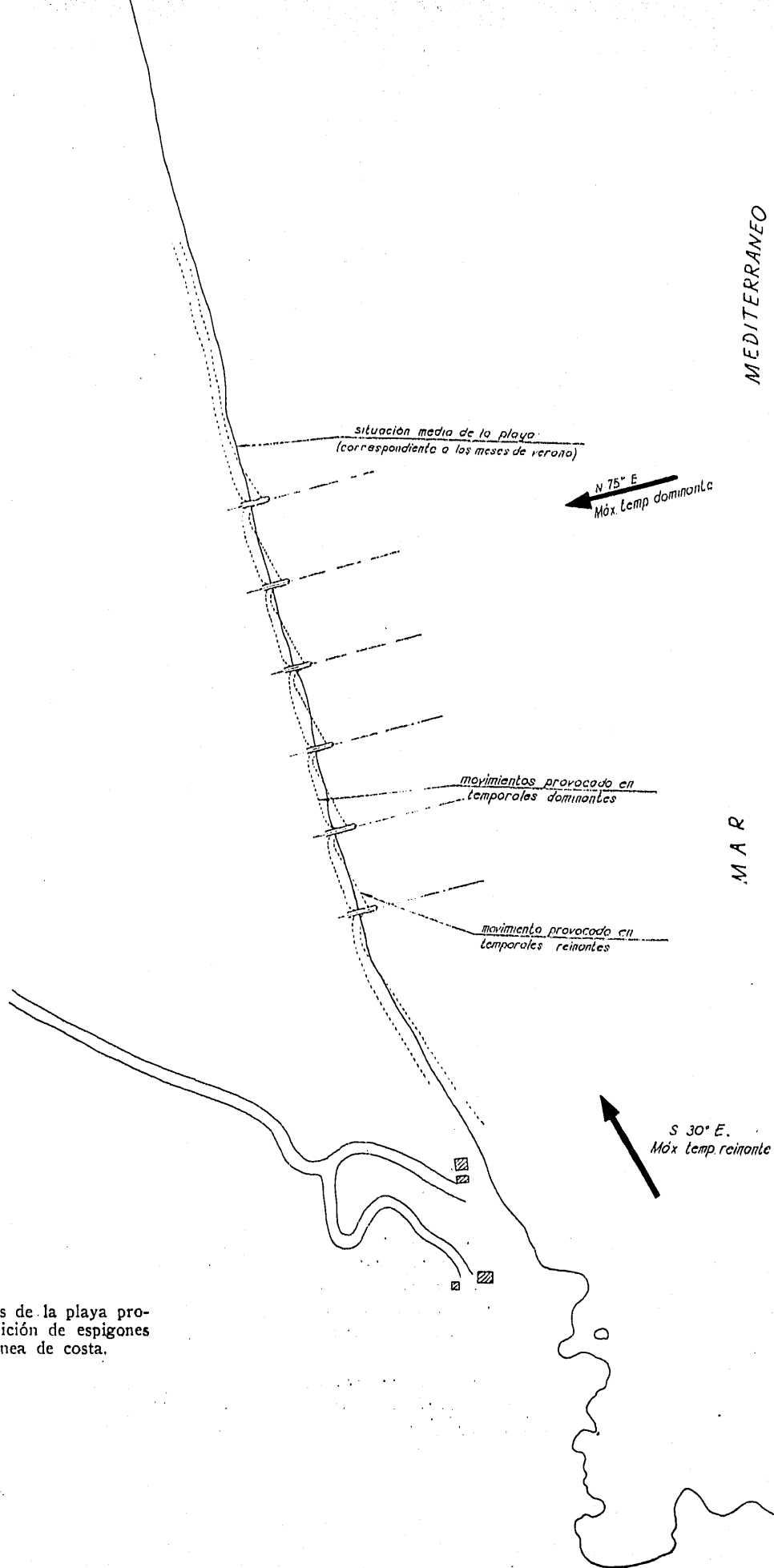


Fig. 4.^a— Movimientos de la playa provocados por la disposición de espigones normales a la línea de costa.

muy uniformes, de tamaño aproximadamente comprendido entre 0,1 y 2 mm.

El manto de arenas es de espesor indefinido y no es de temer que aparezcan fangos o limos en la zona de ubicación de las obras.

III. Influencia de las características de la playa en la disposición y la clase de las cimentaciones.

De cuanto hemos indicado en el apartado anterior, se deduce la verdadera importancia de la condición a que aludíamos, de que los pies de las torres debían encontrarse siempre a una distancia del agua inferior a una determinada.

Para sentar ideas, es conveniente referirnos en lo sucesivo a una situación media de la playa, que puede ser muy bien la que corresponde a los meses de verano.

Si, como parece prudente, valoramos los máximos movimientos de avance y retroceso de la playa con respecto a esta situación media, en unos ± 30 metros, sólo podremos adoptar cimentaciones terrestres, aunque protegidas, en el caso de que se admita como distancia máxima del agua al pie de las torres, del orden de 70 u 80 metros.

Si, en cambio, la máxima distancia admisible es inferior a unos 50 ó 60 metros, no queda otro remedio que realizar la obra marítima adecuada para garantizar la estabilidad de la obra y la seguridad de que tal distancia no va a ser rebasada con el tiempo.

Por supuesto, las cimentaciones de un cierto número de anclajes de los tirantes de las torres tendrán que ser necesariamente marítimas; pero este problema es de otra índole y no presenta gran dificultad, como ya veremos más adelante (Apartado VI).

En el primer caso, la cimentación de las torres es sencilla, sobre todo tratándose de cargas pequeñas como éstas. Puede resolverse fácilmente con unas zapatas profundas (a unos 3 ó 4 metros de la superficie), admitiendo una carga sobre el terreno de 1,5 kilogramos/cm.², con la precaución de hincar algunos pilotes de hormigón armado de 30 X 30 y apoyar la torre sobre la zapata encepada. Aproximadamente bastarán 8 ó 10 pilotes por torre, con una profundidad de hinca de unos seis metros. La solución es de sobra conocida y no precisa aclaración alguna. Interesa, sin embargo, recordar que, para facilitar la penetración de los pilotes en la arena, es muy conveniente inyectarles agua a presión al tiempo de la hinca.

En el caso de que la distancia máxima del agua al pie de las torres sea claramente inferior a los 60 metros, lo cual parece ser lo más probable, nuestro criterio es que las obras deben cumplir los requisitos siguientes:

III-1. Tener, a ser posible, carácter de fijación de la costa, en el sentido de garantizar que los movimientos de avance de la playa no van a rebasarlas.

III-2. Resistir a los máximos temporales de Levante.

III-3. Cualquier otro tipo de obra que no cumpliera la primera condición, tampoco debe crear una perturbación dudosa en el estado de equilibrio existente.

Las primeras condiciones conducen inevitablemente a soluciones a base de espigones en cuyos extremos puedan cimentarse los apoyos de las torres.

La tercera condición permite, en cambio, ir a la solución de cimentar las torres sobre "duques de alba" unidos a la playa por pantalanés sobre pilotaje, o bien cimentarlas en islotes suficientemente apartados de la orilla y establecer el acceso como antes, mediante pantalanés.

De todo ello nos ocupamos en el siguiente apartado.

IV. Soluciones aconsejables.

Dentro de los dos tipos de soluciones a que nos referíamos antes, que para mayor claridad llamaremos soluciones E (espigones) y soluciones P (pantalanés), en relación con la característica fundamental que los distingue, vamos ahora a determinar su situación, dirección y dimensiones generales en ambos casos:

IV-1. Soluciones E (espigones).

Admitidas unas variaciones de la playa de ± 30 metros con respecto a una situación media supuesta, es obligado llevar el extremo de los espigones fuera del límite de posible aterramiento para poder garantizar como seguro que, independientemente de los movimientos que el establecimiento de los espigones provoqué, su extremo siempre quedará en agua. No es posible dar una demostración teórica de ello, pero el hecho está absolutamente comprobado siempre y cuando no concurren circunstancias especiales de la costa o de otras obras que modifiquen el fenómeno. Es decir, si, como en este caso, se trata de una playa abierta, uniforme y estabilizada, y se disponen una serie de espigones de longitud semejante cada 200 metros aproximadamente, con sus extremos fuera de las perturbaciones periódicas que sufre dicha playa (figura 4.^a), es seguro que dichos extremos no se han de aterrar nunca.

Esta circunstancia exige, pues, que el extremo de los espigones avance unos 40 metros en el mar respecto a la situación media de la playa en los meses de verano.

En la misma figura 4.^a indicamos los probables movimientos que sufrirá la playa después de la construcción de los espigones, supuesto que su dirección se estableciera perpendicularmente a la línea de

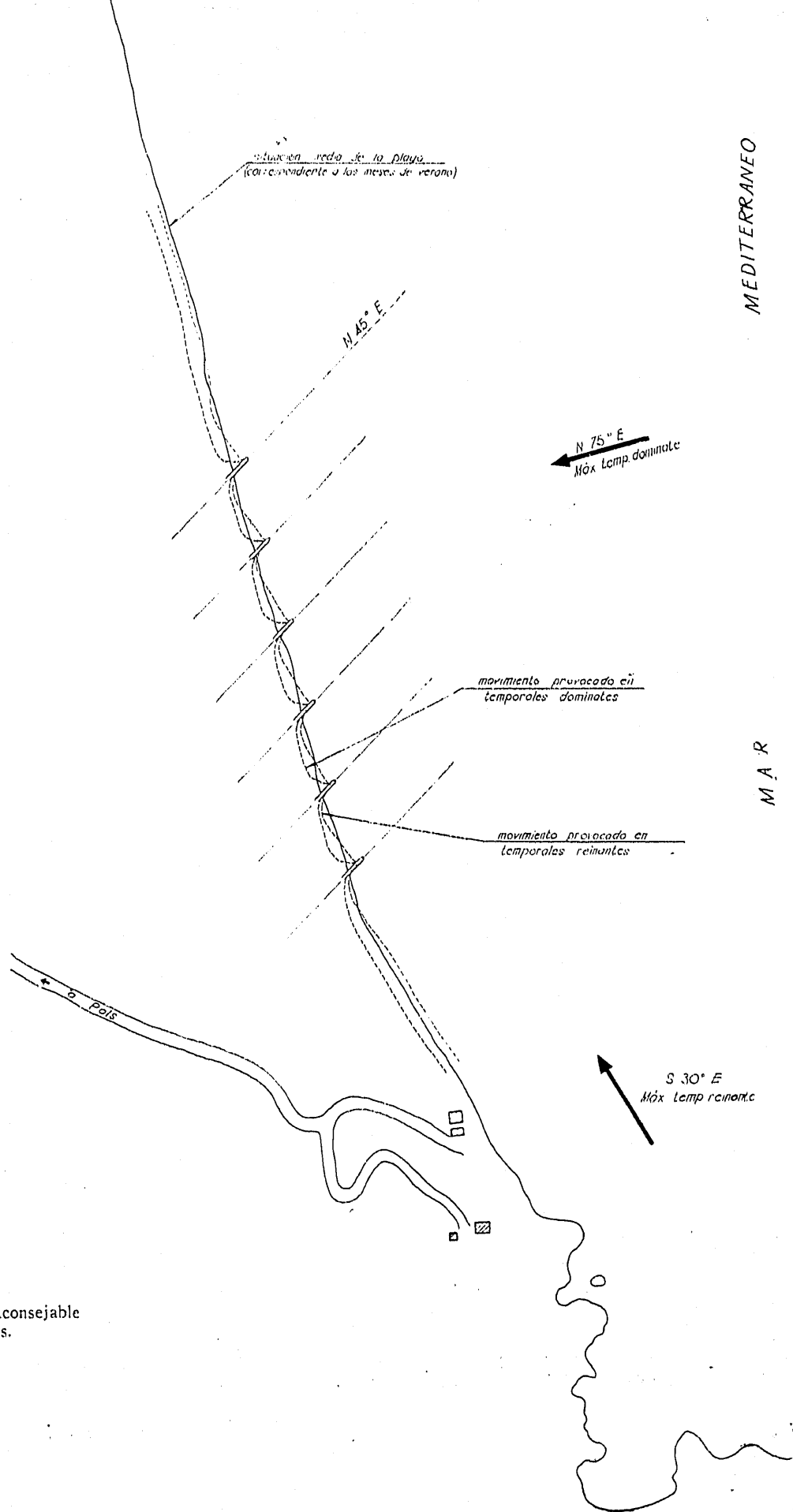


Fig. 5.^a — Orientación aconsejable de los espigones.

costa, que coincide casi exactamente con la dirección proa al temporal pésimo de Levante. Su longitud en sentido negativo, es decir, hacia tierra y a partir de la situación media de la orilla, puede ser entonces del orden de los 20 ó 25 metros.

Los movimientos provocados en tal caso, al no hacer trabajar a los espigones para los temporales dominantes, suponen un retroceso general de la costa algo menos profundo que en la actualidad, aunque, a pesar de ello, dejan cierto temor a que los espigones queden alguna vez rodeados.

En previsión de ello, nos parece una medida prudente el proteger este posible ataque por detrás, orientando los espigones unos 30° al Norte de la dirección pésima de los temporales de Levante (*). De esta forma, entendemos que la garantía de estabilidad y fijación de la playa es completa (fig. 5.^a), ya que así se garantiza que la cara Norte quede abrigada siempre.

La consideración de los temporales de Poniente en nada modifica cuanto llevamos dicho.

Por necesidades constructivas, y para facilitar el acceso de camiones al pie de las torres, estimamos necesaria una anchura mínima de la parte superior de los espigones de 5 metros aproximadamente.

Dentro de las características expuestas, tenemos dos buenas soluciones de espigones, sobre cuya elección debe prevalecer más bien un criterio económico:

Solución E₁ = a base de escollera natural.

Solución E₂ = a base de tablestacas.

Con vistas a realizar la oportuna comparación de precios, definimos ambas en el apartado V.

IV-2. Soluciones P (pantalanes).

El problema, en este caso, es muy simple; se trata de respetar el equilibrio existente en la playa y no perturbar, por consiguiente, sus movimientos de avance y retroceso periódicos.

Entre las distintas soluciones posibles hay dos que conviene distinguir especialmente, porque su presupuesto puede ser muy distinto, ya que la longitud de la primera depende sólo de la máxima distancia admisible entre los pies de las torres y el agua, y la longitud de la segunda viene, en cambio, fijada por el

(*) Las direcciones consideradas para las olas de abordaje a la playa de Pals, debidas a los máximos temporales de Levante y de Poniente, son, respectivamente, N. 75° E. y S. 30° E.

La primera corresponde a la estudiada mediante planos de oleaje para el cabo Estartit, con plena validez para Pals.

La segunda se ha estimado suponiendo una desviación de 30° al Este, debido a la influencia de la plataforma costera y al macizo rocoso del cabo Negre. No consideramos necesario mayor aproximación para la dirección de los Ponientes a causa de su menor importancia en la playa de Pals, comparados con los Levantes. De todas formas, puede estudiarse el caso con toda la precisión deseable, mediante los correspondientes "planos de oleaje" de esta zona, como ya dijimos.

máximo movimiento de avance de las arenas establecido, para eliminar toda posible perturbación en el estado actual de la playa.

La primera solución, cuya longitud queda, pues, pendiente de determinar, se compone de una serie de pilotes de hormigón armado o metálicos, enlazados por un encepado de hormigón de forma en planta, análoga a la de los espigones, y en cuyo extremo se dispone el pie de la torre.

La segunda solución se compone de un macizo fijado con pilotaje, situado a unos 40 m. de la orilla, unido a ésta mediante el correspondiente pantalán de pilotes de hormigón armado o metálicos y encepado de hormigón como antes, para el acceso al macizo.

El nivel superior de la tortada para las dos soluciones, es fundamental que no sobresalga demasiado del agua para oponer la menor resistencia posible a los temporales (*). Por lo demás, en este caso, no hay motivo alguno para fijar una orientación determinada a la obra. Todo ello puede dejarse a las conveniencias de la propia instalación de las torres.

Ambas soluciones, que denominamos P₁ y P₂, se detallan más adelante.

V. Descripción de las distintas soluciones.

V-1. Solución E₁. - Espigones de escollera natural.

En la figura 6.^a damos las dimensiones y características aproximadas de los espigones de escollera que se precisan.

La sección adoptada corresponde a obras similares construidas en la costa de Gerona, con resultado satisfactorio hasta la fecha. Se compone de un núcleo central de ripio de 0 a 300 Kg., una primera capa de escollera de 3 500 Kg. de 2,50 a 3,00 m. de espesor (**).

La altura sobre el nivel medio del mar resulta del orden de 3,50 m., con lo cual para la superficie queda una anchura de 10 a 11 m., en el supuesto de un núcleo de ripio de 3,00 m. de cara superior, mínimo necesario por necesidades constructivas.

(*) La importancia de no sobresalir demasiado con la obra (más de 1,50 metros) sobre el nivel medio del agua, es grande debido a que la concentración de energía y, por consiguiente, la acción destructora intensa, se produce a partir del nivel de sobreelevación del mar por el temporal, hasta los 5/4 de la altura de la ola. En este tipo de obra se trata, pues, de eludir esta zona peligrosa, más destructiva cuanto más fuerte es el obstáculo que se le opone.

(**) Como es sabido, la fortaleza del espigón en este caso tiene que ser determinada para la más desfavorable de las dos hipótesis siguientes:

1.^a Para altura de ola igual al calado en la punta del espigón.

2.^a Para altura de ola mayor que el calado, es decir, para ola rota, lo cual exige considerar que el espigón forma parte, con el talud correspondiente del propio fondo, de un conjunto unido a efectos de resistencia y cuya estabilidad es preciso estudiar.

PLANTA

~ 1:1000 ~

Movimientos de retroceso
provocados (Levante)

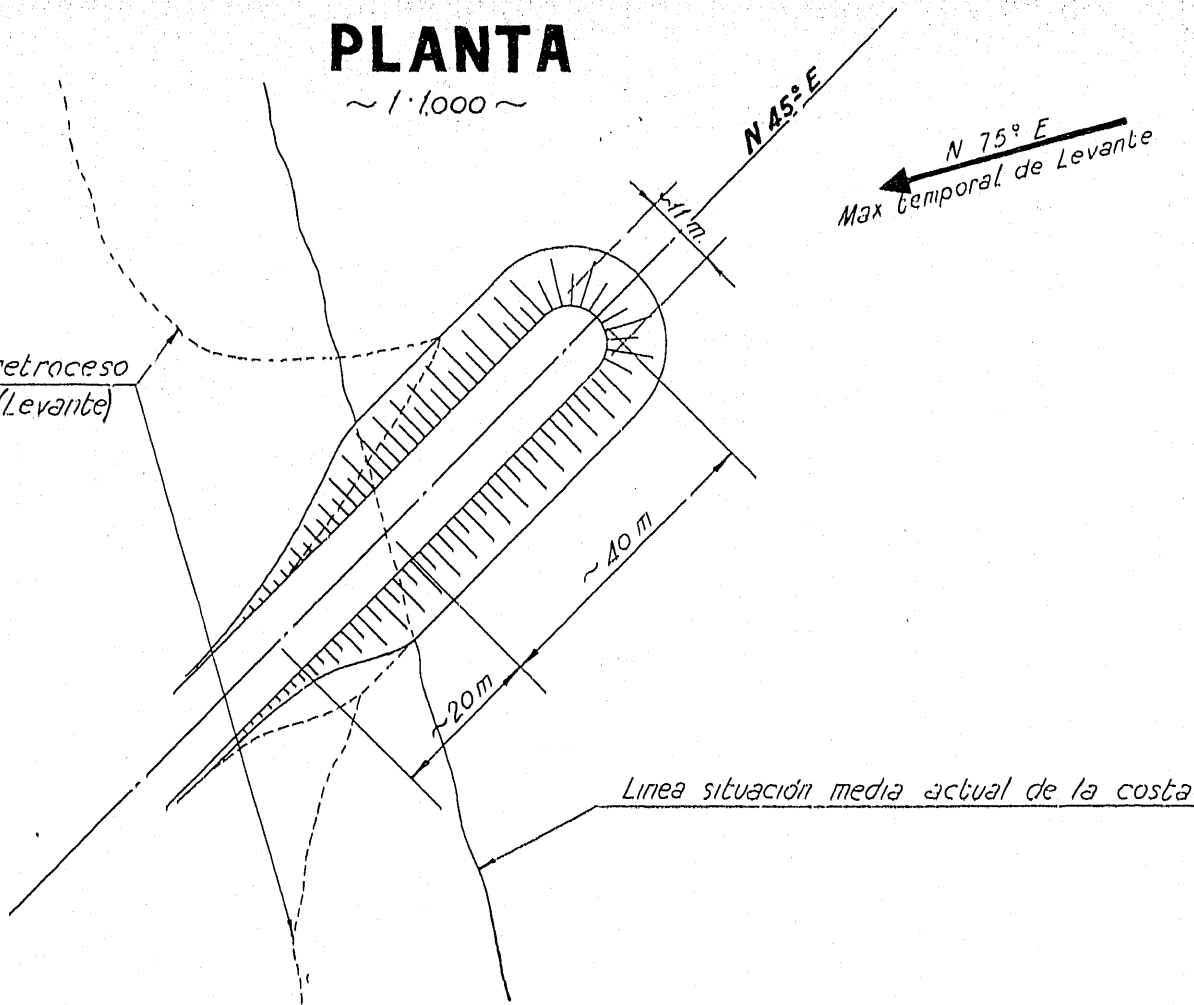
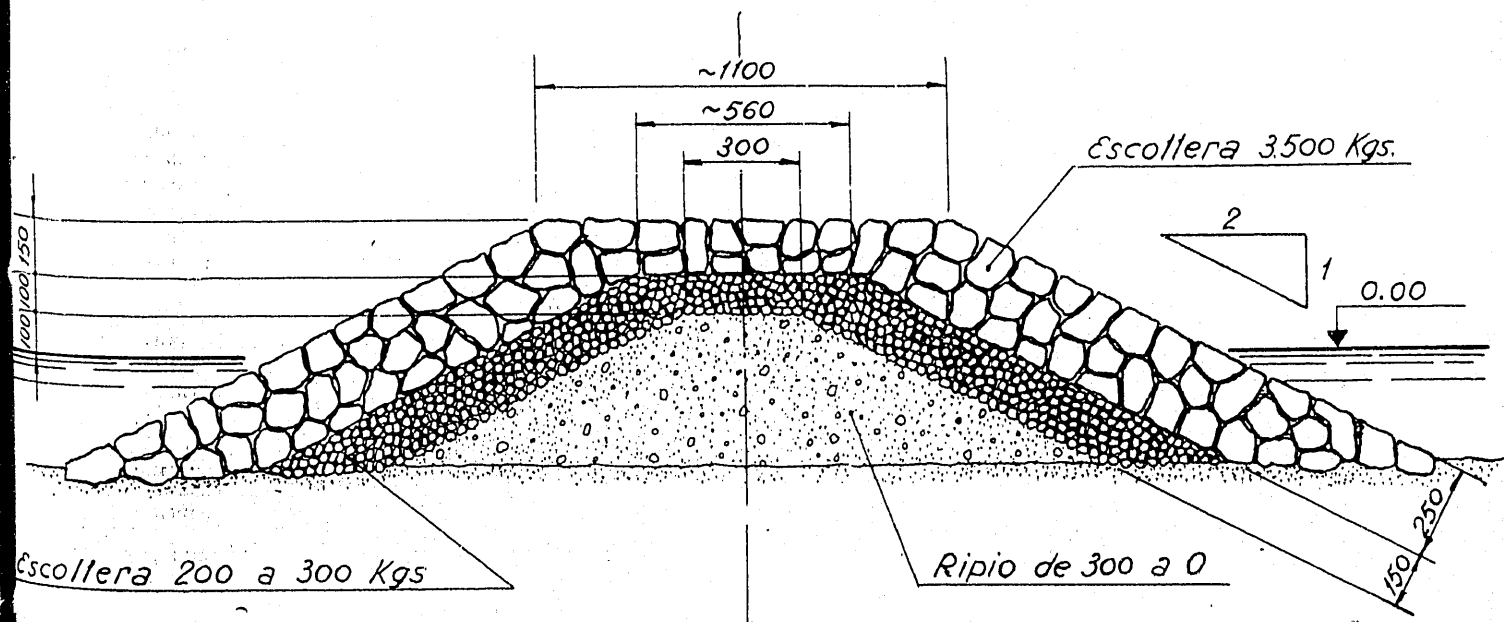


Fig. 6.ª — Espigones de escollera natural. Solución B.

SECCION TRANSVERSAL

~ 1:200 ~



En el extremo de los espigones se han dispuesto las tortadas sobre pilotes que soportan las torres. En total se prevén seis pilotes de 30×30 , hincados 5 metros en la arena y un encepado de 80 cm., armado con redondos de diámetro 20 mm.

Se consideran convenientes los pilotes, porque interesa evitar con ellos que los asientos naturales del propio espigón pongan en peligro la estabilidad de las torres. De todas formas, en caso de que los tirantes de las torres vayan provistos de contrapesos reguladores de tensión, no hay inconveniente en suprimir los pilotes y cimentar las torres directamente sobre los espigones, previa la construcción de un pequeño macizo de hormigón para anclaje de los dispositivos de apoyo.

Según las batimétricas aproximadas de la playa de Pals, las profundidades a que se llega en los extremos de los espigones son del orden de los 2,5 m., que corresponden al descenso rápido inicial de las arenas en la orilla solamente, ya que, como dijimos antes, el talud de la plataforma costera resulta del orden del 1 por 100.

La longitud total de cada espigón es de unos 60 metros, correspondiendo 40 a la parte marítima y 20 a la de la playa, respecto a la situación media de verano tomada como origen.

V-2. Solución E₂. - Espigones de tablestacas.

Esta solución corresponde a la disposición que aparece en la figura 7.^a.

La obra se compone de una doble hilera de tablestacas, similares a las LARSEN II nuevo o COLUMETA BZ II R, hincadas hasta unos 4 metros de profundidad en la arena y separadas 5 metros entre ejes. En la parte superior van atirantadas por redondo de ϕ 25 mm., dispuestos cada 3 metros. Estos tirantes, unidos a su vez por [de 20 longitudinalmente, van embebidos en una tortada de hormigón de 80 a 100 cm. de espesor, cuya cara, superior a 1,5 m. sobre el nivel del mar, constituye el paso o acceso al pie de las torres. Por supuesto, el espacio interior entre paredes de tablestacas va relleno de arena.

El extremo de los espigones se ha resuelto a base de un ensanchamiento circular de unos 8 m. de diámetro, en el cual se ha previsto la cimentación de las torres, y que se compone de la misma losa de encepado sustentada sobre seis pilotes de hormigón armado de 30×30 , o bien metálicas. Dado que la arena es prácticamente incompresible, aquí, como en el caso de espigones de escollera, pueden suprimirse los pilotes si se dotan los cables de contrapesos reguladores de tensión y no son de temer los asientos naturales de la obra.

La longitud y la dirección de los espigones son análogos a las de la solución E₁.

V-3. Solución P₁. - Pantalanes.

Esta solución (fig. 8.^a) es quizá la más sencilla de las propuestas, ya que se compone solamente de dos hileras de pilotes de hormigón armado o tubo de acero, separadas entre ejes 4,00 m. y unidas entre sí por la losa de encepado correspondiente, de hormigón armado.

Los pilotes pueden ser de 30×30 y van distanciados 3 m., siendo su longitud aproximada de hincada unos 5 m. y su longitud total del orden de los 8,00 m., en el supuesto de que la superficie de la losa no se encuentre a más de 1,00 m. sobre el agua.

La losa va armada con emparrillado de ϕ 20 y sirve de cimienta a la torre en el extremo del pantalán, para lo cual va reforzada con algunos pilotes más, siendo también su espesor del orden de 1,00 m.

La longitud de la obra y la dirección dependen, como ya dijimos, de las características de la propia instalación, por lo cual se dejan indeterminadas en el plano correspondiente (*).

V-4. Solución P₂. - Macizo extremo y pantalán de acceso.

Como variante a la solución anterior, incluimos la denominada P₂, en la cual se maciza con hormigón en masa la zona correspondiente a la cimentación de cada torre, formando el conjunto un islote circular de 6 m. de diámetro exterior, que por las razones de seguridad ya expuestas se sitúa fuera de los movimientos de avance de la playa, o sea a unos 40 m. de la orilla.

En la figura 9.^a aparecen los detalles correspondientes a esta posible solución.

VI. Cimentaciones para anclajes de los tirantes o riostras.

En el apartado I, en donde se exponían las condiciones generales de la obra a efectos de la elección de cimentaciones, se indicaba que las torres podrían hacerse autoestables, o sea, rígidamente unidas al cimienta y desprovistas en tal caso de los tirantes de arriostramiento, siempre que la solución a base de anclajes no resultara factible.

Como se habrá observado, tal tipo de torre autoestable no se ha tenido en consideración porque resulta difícilmente justificable. El problema de cimentación en arena de una torre de tales características

(*) Interesa tener en cuenta que la hincada de los pilotes debe ser realizada con "machina" adecuada, inyectando agua a presión por el interior para facilitar la penetración. Por ello, cada pilote debe llevar el correspondiente orificio interior hasta el azuche de la punta.

En obras similares se han utilizado con éxito postes de hormigón armado centrifugado, que ya suelen ir provistos de agujero central.

PLANTA

~ 1:1000 ~

N 75° E
Máx temporal de Levante

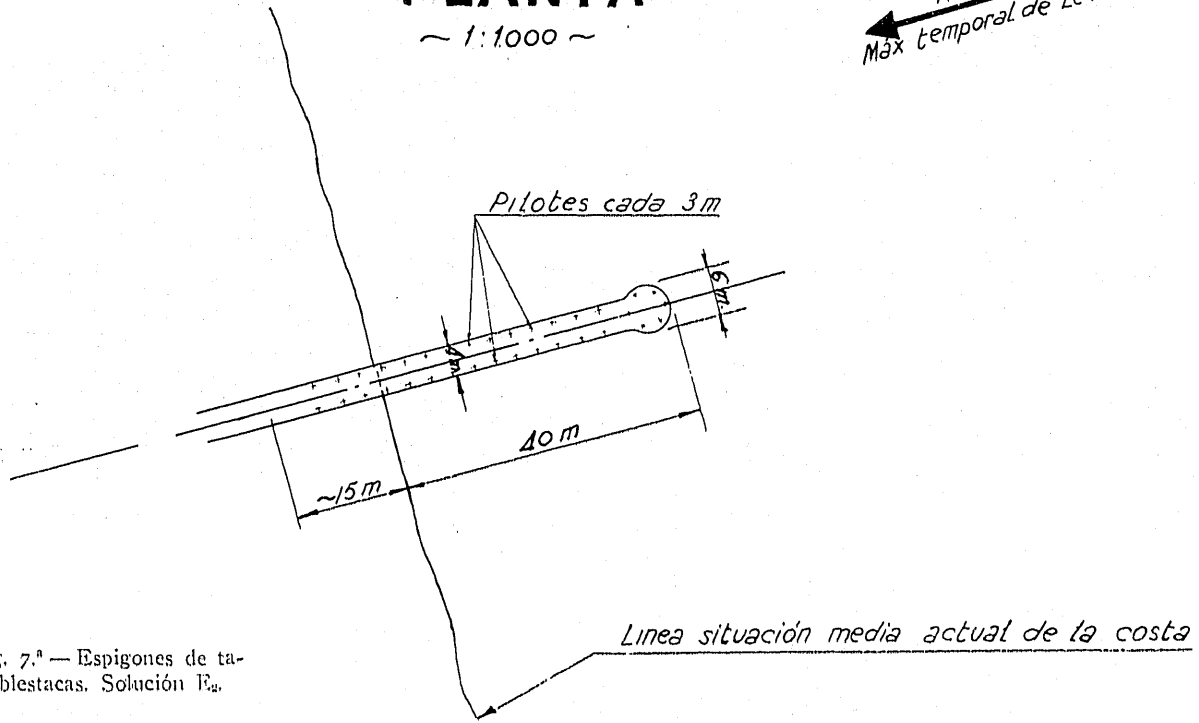
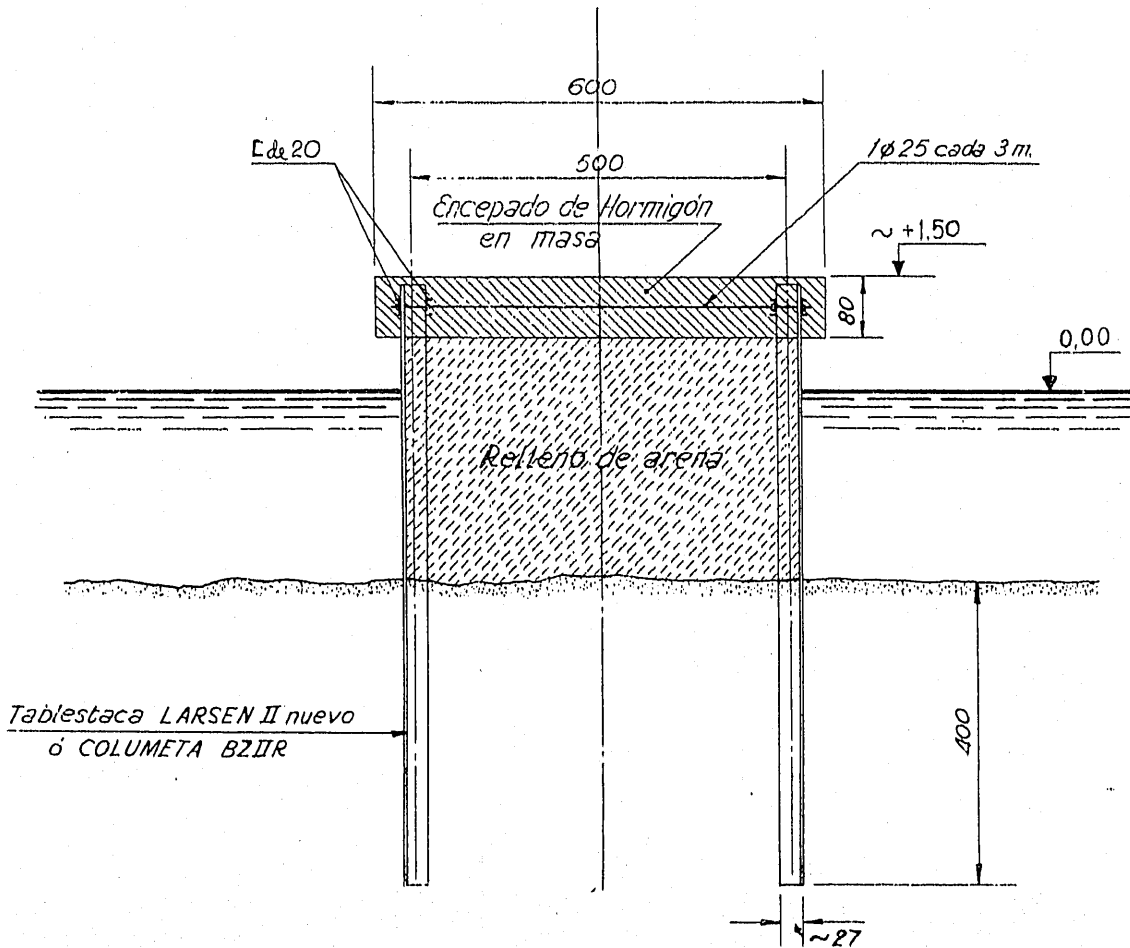


Fig. 7.^a — Espigones de tablestacas. Solución R.₂.

SECCION TRANSVERSAL

~ 1:100 ~



es siempre más complicado que el de las torres atirantadas y articuladas de que venimos hablando, y el coste de las propias torres es además mucho mayor (*).

Por lo demás, no vemos inconveniente alguno en que las torres vayan atirantadas, ya que los cimientos de los anclajes de riostras son sencillos y de coste reducido. Si la misión específica de las torres no decide en la elección del tipo de las mismas, la torre autoestable se elimina por sí sola atendiendo a consideraciones mecánicas y económicas. La solución hiperestática de torres empotradas y atirantadas, no es en modo alguno aconsejable sobre arenas.

De cada cuatro cables-riostras que parten de una misma altura de la torre, aconsejamos que dos vayan a anclarse claramente hacia el mar para asegurar que los otros dos están en tierra y totalmente fuera de la acción de los temporales.

Además, es muy conveniente que todas las riostras de un mismo plano vertical vayan a anclarse a un mismo punto, en vez de multiplicar los macizos disponiéndolos a distintas distancias del pie de las torres.

Los cables-riostras correspondientes a los anclajes en el mar, deben ser dobles y calculados cada uno para resistir la totalidad de los esfuerzos. Esta precaución es interesante, ya que debe preverse en el caso de sustitución de un cable oxidado o de arreglo de la gaza inferior o cualquiera otra circunstancia, que el trabajo pueda quedar interrumpido súbitamente por marejadas o temporales y pasen algunos días antes de poder reanudarlos.

Los anclajes de los dos cables de la parte de tierra no ofrecen ninguna dificultad, y por ello nos ocupamos solamente de los del lado del mar.

Dos soluciones consideramos para el anclaje de estos cables-riostras: los "duques de alba" y los macizos fondeados.

(*) Debe tenerse en cuenta que, además de los esfuerzos horizontales del extremo de las torres debidos a las redes de dipolos, ha de preverse en esta zona costera efectos extraordinarios de viento (Tramontana), cuya velocidad pésima media, no de ráfaga, es posible llegue a los 200 Km./h.

Como dato curioso acerca de la velocidad de estos huracanes del lado de tierra, recordamos que muchos trozos de vía férrea están protegidos por obras especiales para evitar descarrilamientos y vuelcos de vagones, como en más de una ocasión han ocurrido ya.

Pero la estabilidad de las torres metálicas, aligeradas de nuestro caso, no solamente debe asegurarse para esta velocidad media de huracán, sino para las sollicitaciones posiblemente más desfavorables, de las vibraciones debidas a las ráfagas. Se llama la atención especialmente sobre ello, advirtiendo a los diseñadores de las torres sobre la necesidad del estudio de los períodos propios de vibración de las distintas unidades y posiblemente del conjunto de redes de dipolos para prevenir el caso de resonancia con la frecuencia de las ráfagas, dato este último que todavía desconocemos y que nos parece interesante investigar.

VI-1. "duques de alba".

Se disponen en la forma que se indica en la figura 11, es decir, mediante 4 ó 6 pilotes de hormigón armado de 30 X 30 (o tubos de acero), hincados unos 4 m. en el fondo y arriostrados por un encepado de 1,00 m. de espesor de planta circular de 2 ó 3 m. de diámetro.

Los esfuerzos transmitidos por los cables son relativamente pequeños para este tipo de obras, que, por lo demás, no tienen complicación alguna.

Aunque no es de nuestro gusto, apuntamos también la posibilidad de rellenar hasta el fondo con hormigón todo el espacio alrededor de los pilotes en un diámetro de unos 3 m., con lo cual conseguiríamos un islote macizo fijado al fondo mediante el pilotaje.

En cualquier caso, la superficie debe dejarse siempre a poca altura sobre el nivel del mar, por las razones apuntadas anteriormente.

VI-2. Macizos fondeados.

Por el sistema de anclar un "muerto" o macizo de hormigón, de peso propio suficiente, mediante dos anclas pesadas, del cual se sujeta la cadena de unión al cable-riostra de la torre. El sistema tiene sus inconvenientes y sus ventajas respecto al anterior, aunque, a nuestro modo de ver, ofrece menos garantías (*) (figura 11).

Como es imposible conseguir la inmovilidad absoluta del "muerto" durante los temporales, en caso de adoptar este sistema, es preciso dotar a los cables-riostras en el lado de la torre de los correspondientes contrapesos reguladores de tensión ya aludidos.

VII. Presupuestos aproximados.

Las valoraciones de las distintas unidades de obra que figuran a continuación se han fijado de acuerdo con las de obras similares construídas en la costa y referidas a los costes actuales.

El presupuesto total resultante para cada una de las soluciones, en su parte correspondiente a las obras marítimas, sólo tiene valor a efectos de establecer una comparación entre ellas y de conocer su probable orden de magnitud.

(*) Las anclas deben ser pesadas y unidas al "muerto" o macizo mediante cadenas de más de 50 mm. y longitud no menor de cinco veces el calado. Los grilletes deben ir soldados.

Para los esfuerzos a que se halla sometido, las dimensiones del macizo pueden ser reducidas. Puede construirse en el puerto más cercano un monolito de hormigón de unos 12 a 15 m.³, y transportarlo al lugar de fondeo en una barcaza desde la cual se arroja al mar.

PLANTA

~ 1:1000 ~

Movimientos de retroceso
provocados. (Levante)

N 45° E

N 75° E
Max. temporal de Levante.

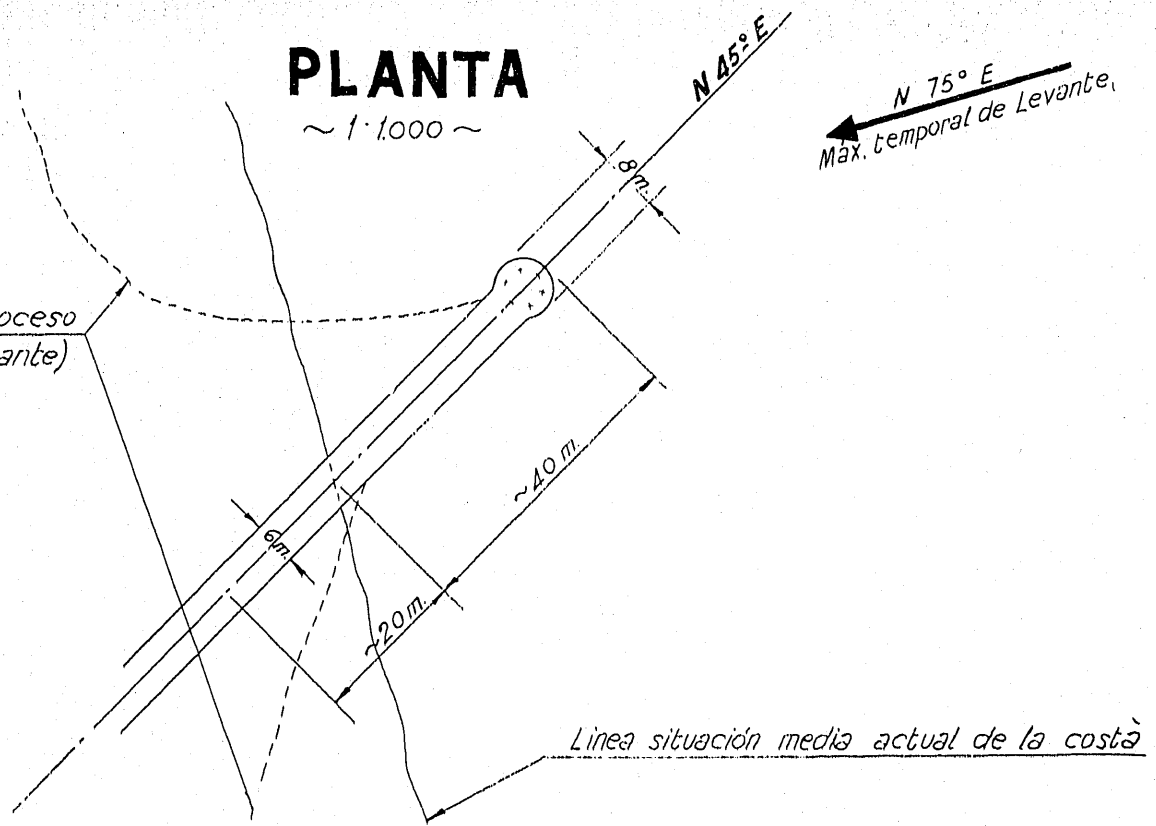
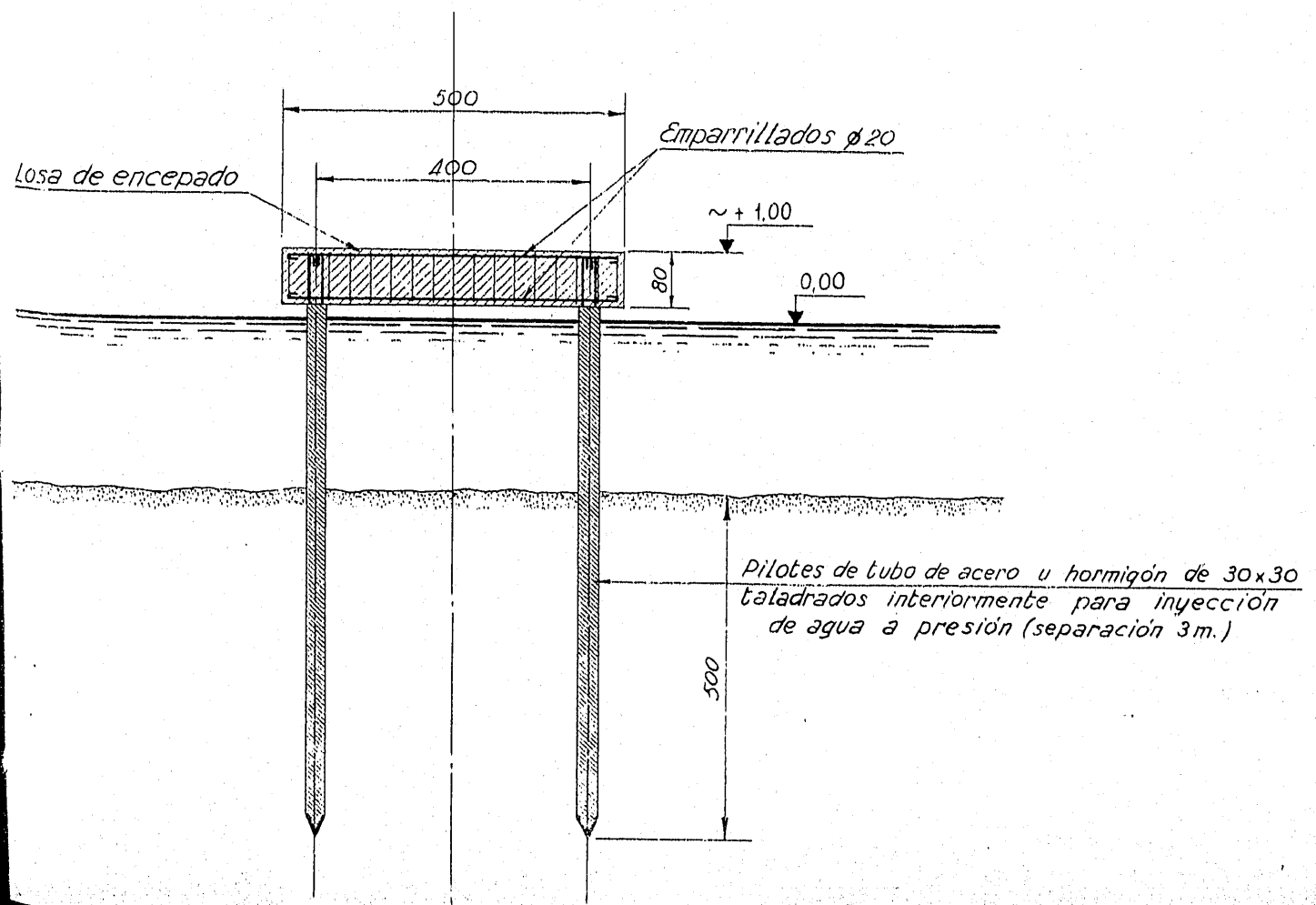


Fig. 8.ª — Pantalanés de
H. A. Solución P₁.

Linea situación media actual de la costa

SECCION TRANSVERSAL

~ 1:100 ~



PLANTA

~ 1:1000 ~

N 75° E
Máx. temporal de Levante

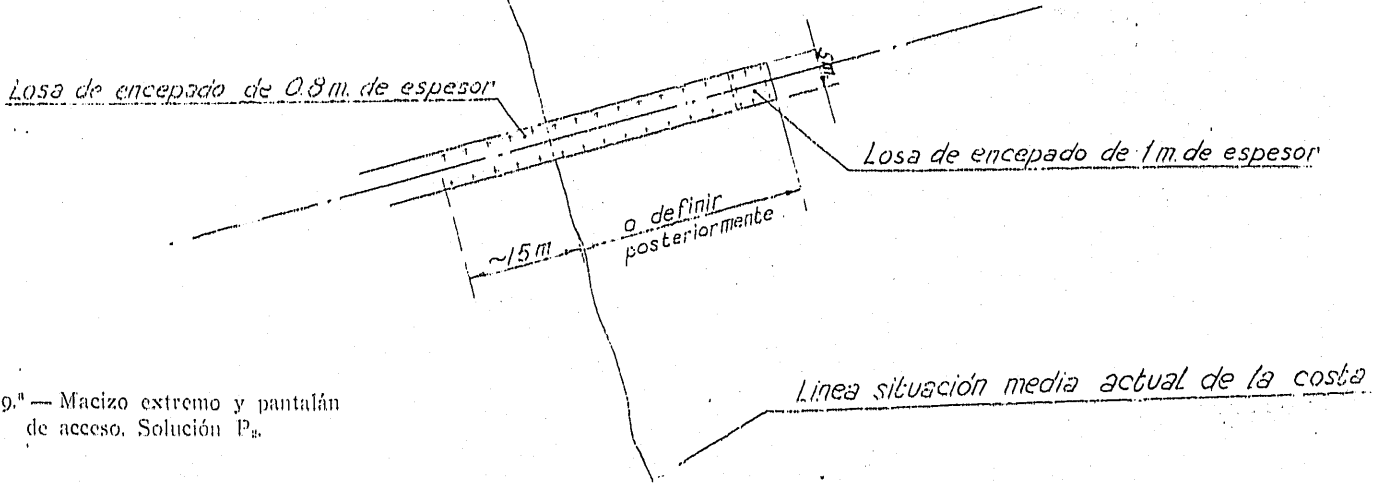
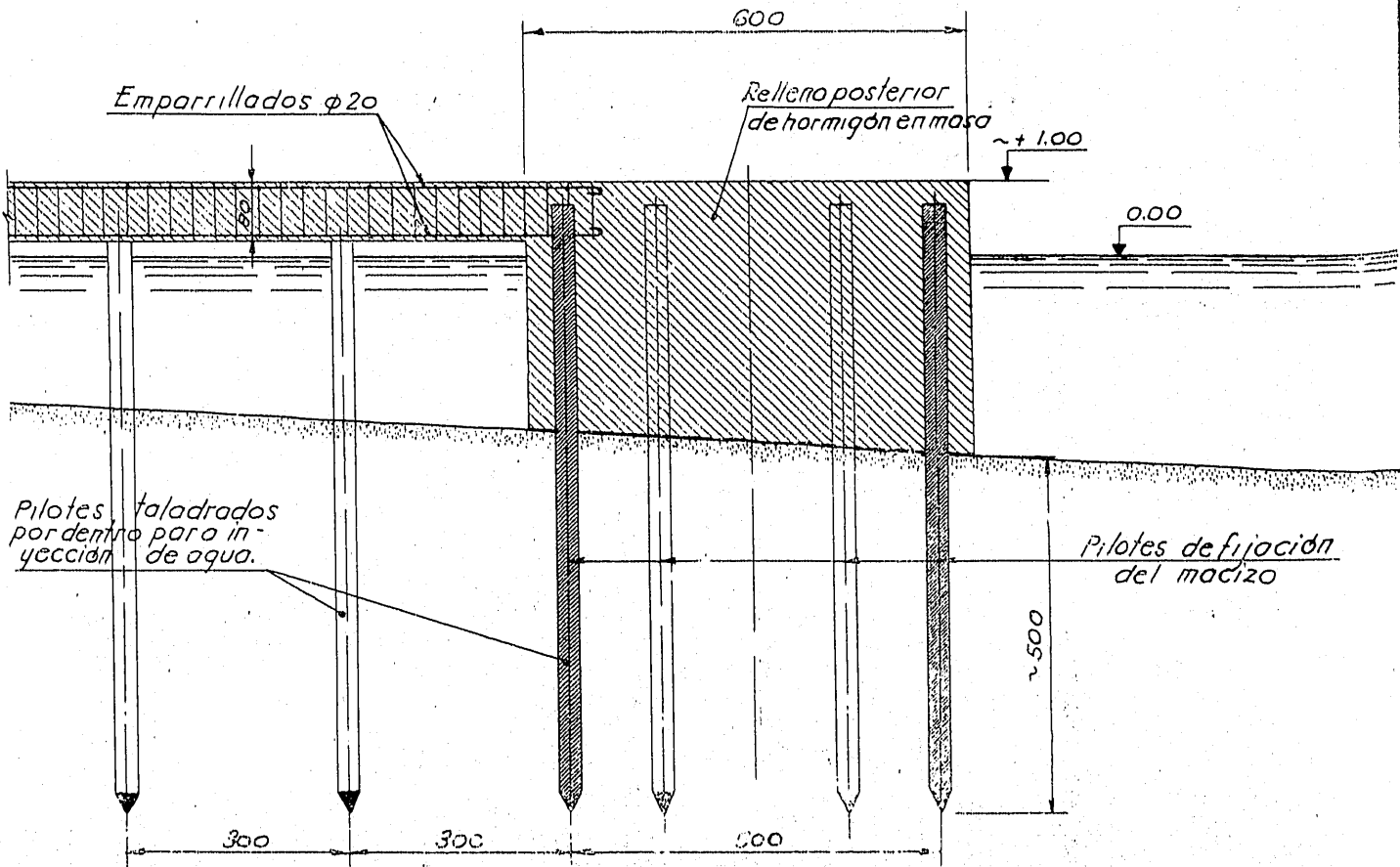


Fig. 9.^a — Macizo extremo y pantalán de acceso. Solución P.₂.

SECCION POR EJE PANTALAN

~ 1:100 ~



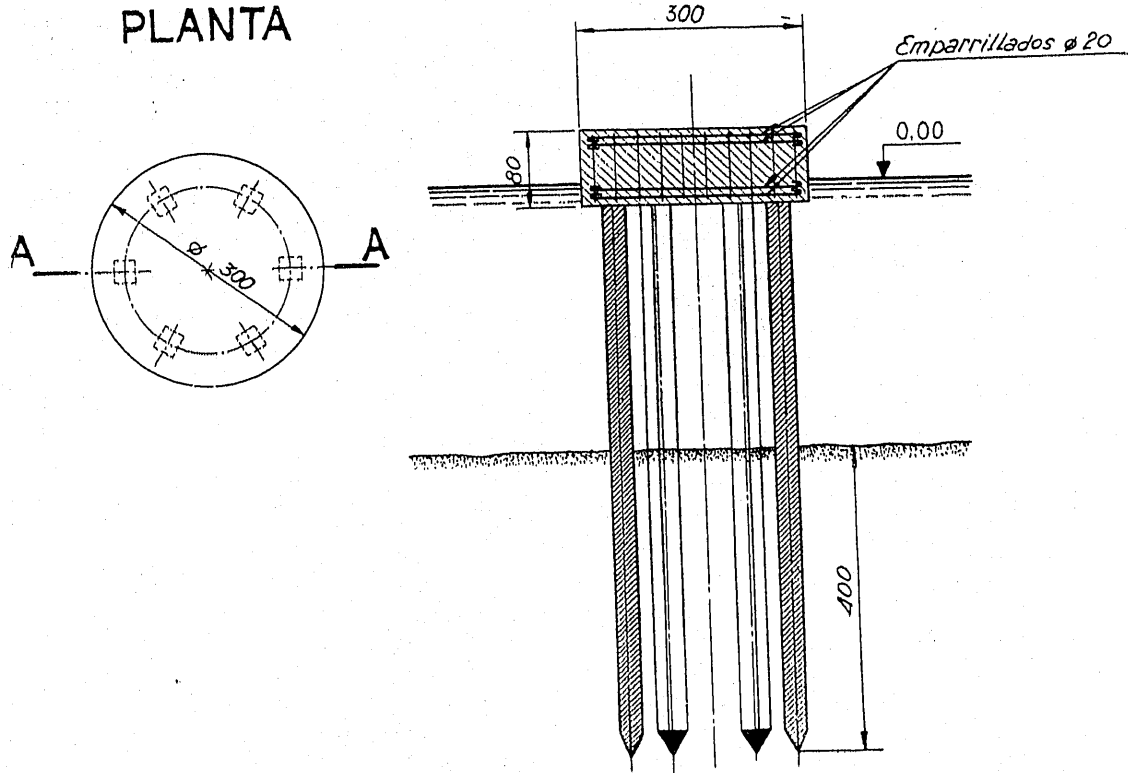
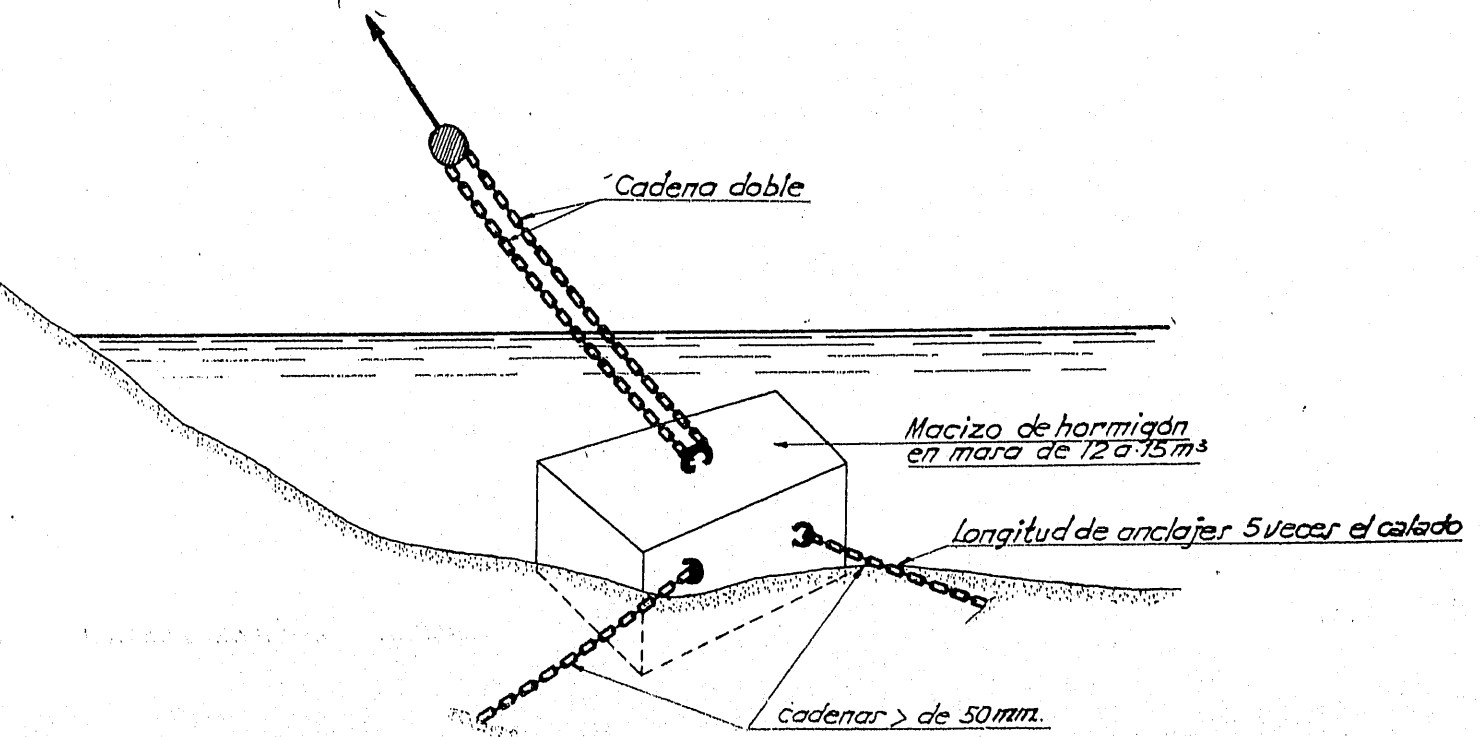


Fig. 11. — Cimentaciones para anclaje de cables-riostras.

b) macizo fondeado



PLANTA

~ 1:1000 ~

N 75° E
Máx. temporal de Levante

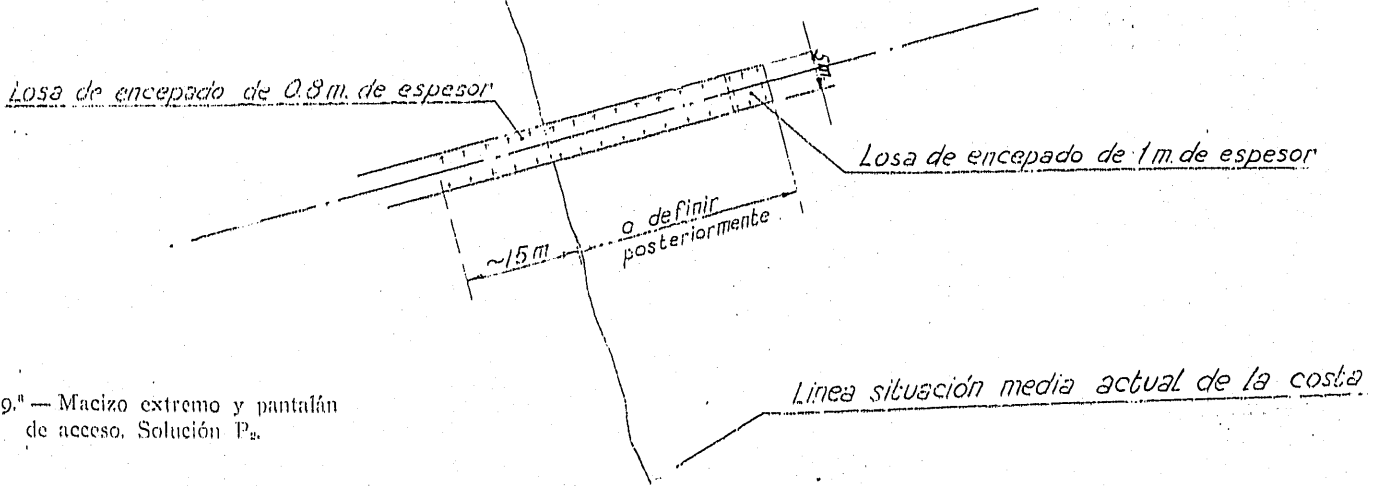
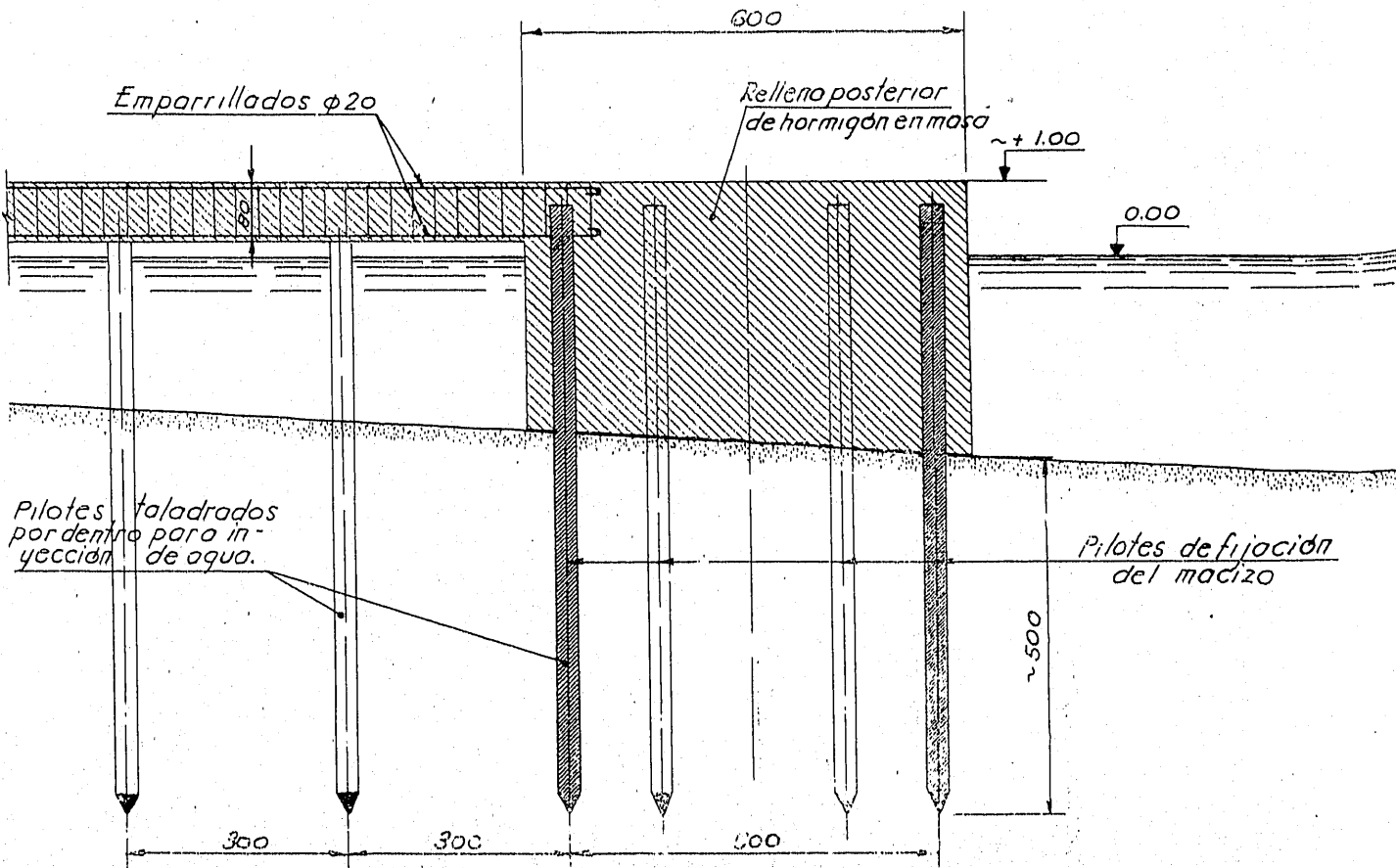


Fig. 9.^a — Macizo extremo y pantalán de acceso. Solución P_a.

SECCION POR EJE PANTALAN

~ 1:100 ~



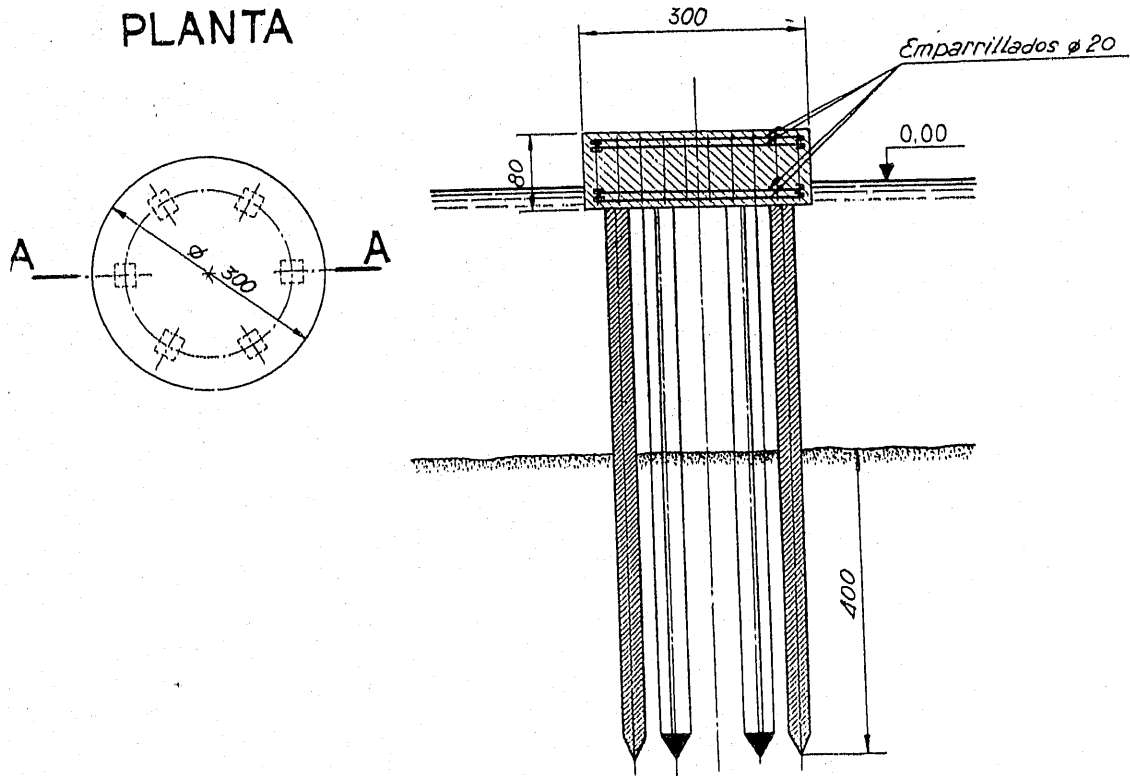
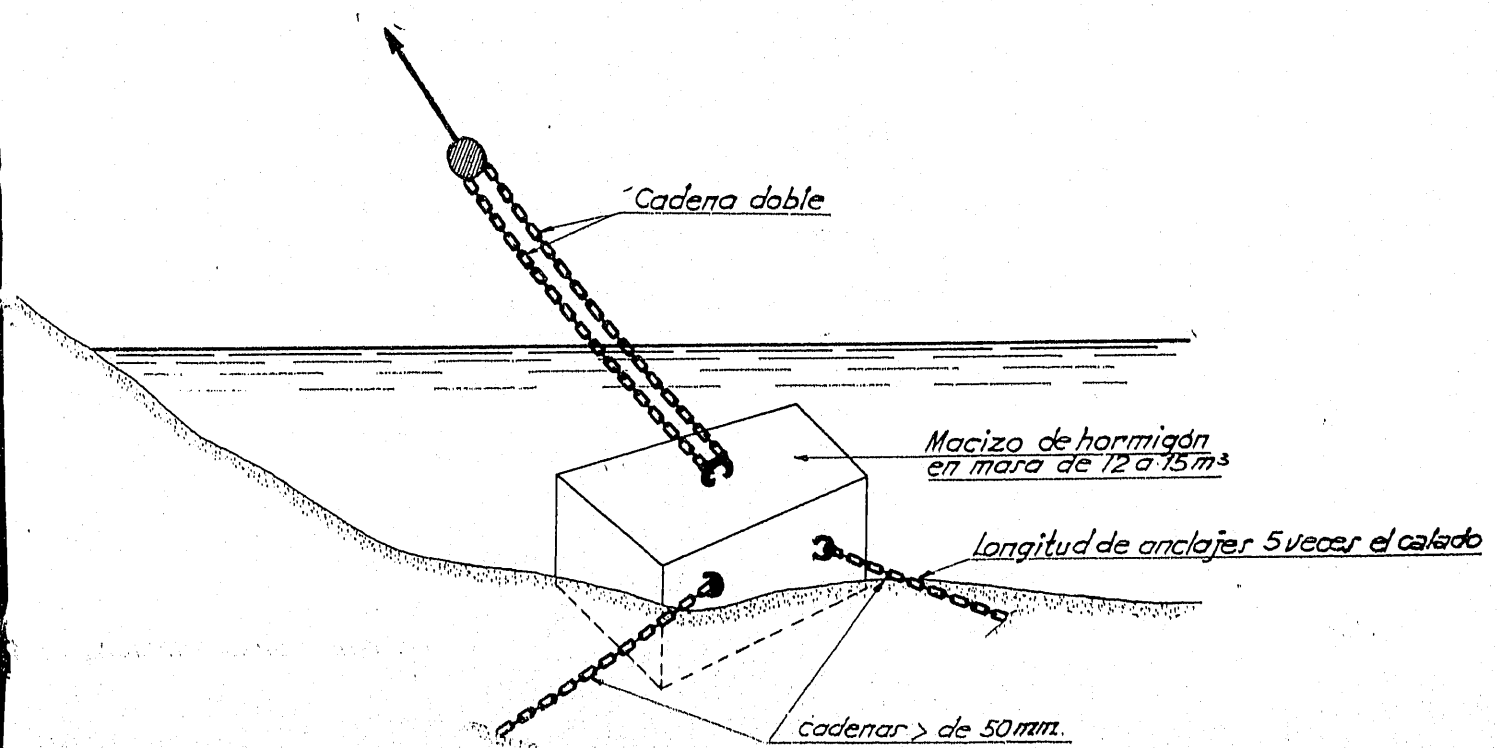


Fig. 11. — Cimentaciones para anclaje de cables-riostros.

b) macizo fondeado



En lo que sigue se ha supuesto que hasta 10 m. de la orilla hay una pendiente de fondo del 10 por 100 y que desde 10 m. hasta 40 m. de la orilla, la pendiente es del 5 por 100 (fig. 10).

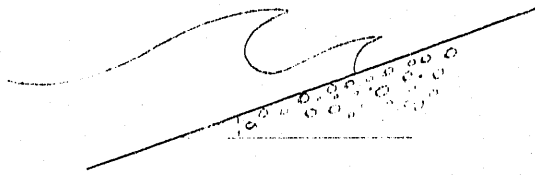


Figura 10.

Se obtiene el siguiente resumen para cada unidad de torre y de anclaje:

Solución E ₁ (Espigón escollera)	1.100.000 Ptas.
Solución E ₂ (Espigón tablestacas)	1.300.000 "
Solución P ₁ (Pantalanes 30 m.)	550.000 "
Solución P ₁ (Pantalanes 40 m.)	650.000 "
Solución P ₂ (Pantalán y macizo extremo)	600.000 "
"duque de alba"	50.000 "
Macizo fondeado	75.000 "

VIII. Conclusión.

Por los presupuestos aproximados del apartado anterior, vemos que hay una notable diferencia de coste entre las soluciones E, a base de espigones, y las P, a base de pantalanes. Sin embargo, esta diferencia creemos que no debe bastar para decidir sobre el tipo de solución más conveniente.

De una parte, entre las soluciones E, no queda duda de que la solución E₁ resulta más ventajosa económicamente que la E₂, y como además ninguna de

ambas tiene superioridad manifiesta sobre la otra en cuanto a calidad y seguridad, nos parece indiscutible la elección a favor de los espigones de escollera.

De otra parte, entre las soluciones P tampoco hay una clara diferencia en cuanto a ventajas intrínsecas y sí, en cambio, en cuanto a coste a favor de la P₁, ya que la longitud de la obra en este caso, determinada a base de las necesidades de las propias instalaciones y sin olvidar los movimientos de avance y retroceso de la playa, puede ser menor, quizá, de 40 m.

Quedan, pues, como soluciones a tener en cuenta, las denominadas E₁ y P₁, o sea, de espigones de escollera y de pantalanes.

Si, como parece probable, interesa a toda costa asegurar que la distancia entre el pie de las torres y el agua ha de ser inferior a los 15 ó 20 m., entendemos que deben elegirse, sin dudarlo, los espigones de escollera pese a su mayor coste, por la gran seguridad que representan.

Si esta distancia puede ser, en cambio, menos rigurosa y del orden de los 30 a 40 m., pueden adoptarse los pantalanes, apartando su extremo algo de la orilla como medida de seguridad.

Pretender aquilatar más sobre esta cuestión o ignorar cuanto queda dicho, es aventurado y posiblemente peligroso, ya que sólo la seguridad de las instalaciones y un criterio ponderado sobre los perjuicios que puede ocasionar una previsión desafortunada, debe prevalecer para decidir el ahorrar o no una cantidad de establecimiento que quizá suponga sólo una pequeña parte del presupuesto general de las obras e instalaciones previstas.

Por último, y con respecto a las cimentaciones marítimas para anclajes de los cables-riostros, creemos deben elegirse los "duques de alba" por su seguridad y la facilidad de acceso en caso de averías o de sustitución de cables.