

## c) DIQUE SUMERGIDO PLAYA

$$H_b = 5,39 \text{ M.} \quad \text{rotura}$$

Nota: Dada la elevada altura de ola de rotura, y dado que parte de la misma se transmite por encima del dique se recomienda utilizar para el cálculo del dique la :

$$H_{di} = H_i - H_t$$

siendo:

$$H_t = K_t \times H_i \quad K_t = \text{Coeficiente de transmisión.}$$

## d) ESPIGON ESTE

## d1. Morro

$$H_b = 5,39 \text{ M.} \quad \text{rotura}$$

## d2. Cuerpo dique

$$H \frac{1}{3} = 3,25 \text{ M.} \quad \theta = 90^\circ \text{ no rotura}$$

### 3.6.- DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE A PIE DE OBRA PARA CADA ESTRUCTURA

En el anejo del clima marítimo, apartado 4, se ha estudiado la altura de ola significativa escalar del sector E 30° S a W 10° N en profundidades indefinidas (H'o) y se ha visto que para una vida útil de la obra estimada en L = 50 años. La relación entre el período de retorno T<sub>1</sub> (años), la probabilidad de presentación (E<sub>1</sub>) del temporal de cálculo en la vida útil de la obra y las alturas de ola significantes para n = 200 y n = 500, viene definida por el cuadro siguiente:

T <sub>1</sub> años	E <sub>1</sub> %	H <sub>s</sub> (M) n=200	H <sub>s</sub> (M) n=500
50	63,58%	6,58	7,05
100	39,49%	6,98	7,43
150	28,42%	7,20	7,62
200	22,16%	7,36	7,78
250	18,16%	7,96	7,87
300	15,37%	7,60	8,0
350	13,33%	7,68	8,07

CUADRO 5.1

En nuestro caso, consideremos el valor del parámetro  $n=500$  como más representativo de la duración real de los temporales en Canarias siendo además el que produce situaciones más - desfavorables.

En el mismo apartado 4 del anejo de -- Clima Marítimo se eligió, como primer paso, el período de retorno  $T= 300$  años, y  $n= 500$  lo que según el cuadro anterior nos dá  $H'o = 8$  m. como altura de ola significativa escalar, del sector estudiado, en profundidades indefinidas.

A partir de ella se han obtenido las alturas de ola significantes direccionales en profundidades indefinidas en cada una de las 6 direcciones estudiadas (que luego se redujeron a 5 al desechar la  $W 10^\circ N$  por ser muy similar a la  $W$ ).

Tomando como base el período de retorno  $T_1= 300$  años y  $n= 500$ ,  $H'o$  escalar = 8 M., en el anejo de "Determinación de la altura de ola de cálculo" y en especial en los apartados 3, 4 al analizar la 'rotura' y la 'no rotura' se han obtenido las alturas de ola significantes a pie de obra en la dirección más desfavorable para cada estructura de las 4 que se estudian, tanto en 'no roturas'  $H_s$  como en ---

'roturas'  $H_b$ , en los casos en que ésta afecta a la estructura.

Así pues, podemos decir que con todo lo analizado hasta el momento, suponiendo una vida útil de la obra de  $L= 50$  años, y elegido como período de retorno del temporal de cálculo  $T_1 = 300$  años y  $n= 500$ , las alturas de ola significantes (aguas profundas, pie de obra - 'roturas', pie de obra 'no roturas) para cada estructura son las que se indican en el siguiente cuadro y su probabilidad de presentación de la vida útil de la obra es del 15,37%.

.../...

ESTRUCTURA	ALTURAS DE OLAS SIGNIFICANTES		
	aguas prof. n=500, H'o	a pie obra "no rotura", Hs	a pie obra "rotura", Hb
DIQUE OESTE Morro y Ult. 100M	8	6M $\theta=45^\circ$	- - -
DIQUE OESTE resto dique	8	- - -	7,67M
DEFENSA ISLA Cuerpo Dique	8	4,70M $\theta=90^\circ$	- - -
DEFENSA ISLA Morro Vertical	8	6 M	- - -
DIQUE PLAYA SUMERGIDO	8	- - -	5,39M *
ESPIGON ESTE Morro	8	- - -	5,39M
ESPIGON ESTE Dique	8	3,25M $\theta=90^\circ$	- - -

\*  $H_c = H_i - H_t$

CUADRO 5.2.

Vida útil obra L = 50 años

Período retorno  $T_1 = 300$  años

Duración temporales n = 500

Probabilidad presentación  $H_s$  en L=50 años 15,37%

Repitiendo todo el proceso de cálculo descrito hasta la fecha para todos los períodos de retorno que aparecen en el cuadro 5.1., es decir, para volver de  $T_1$  desde 50 años a 300 años, de 50 en 50 años, obtendríamos otros 5 cuadros similares al 5.2. de este apartado.

Con los datos de estos 6 cuadros hemos obtenido para cada estructura un gráfico, que relaciona sus alturas de ola significantes (aguas profundas, pie de obra-rotura, pie de obra-no rotura) con los períodos de retorno y la probabilidad de presentación del temporal de cálculo en la vida útil de la obra.

En estos gráficos, que se adjuntan, quedan completamente definidas las alturas de ola significantes a pie de obra y en aguas profundas para cada estructura de las que se estudian. En ellos se ha tenido en cuenta, además el hecho de que la estructura esté sometida al ataque de las olas no rotas y en rotura. Asimismo se han estudiado las condiciones de las olas significantes a lo largo de todas las estructuras y para todas las situaciones de marea. En los gráficos quedan representadas todas las situaciones más significativas de la  $H_{\frac{1}{3}}$  en cada estructura.

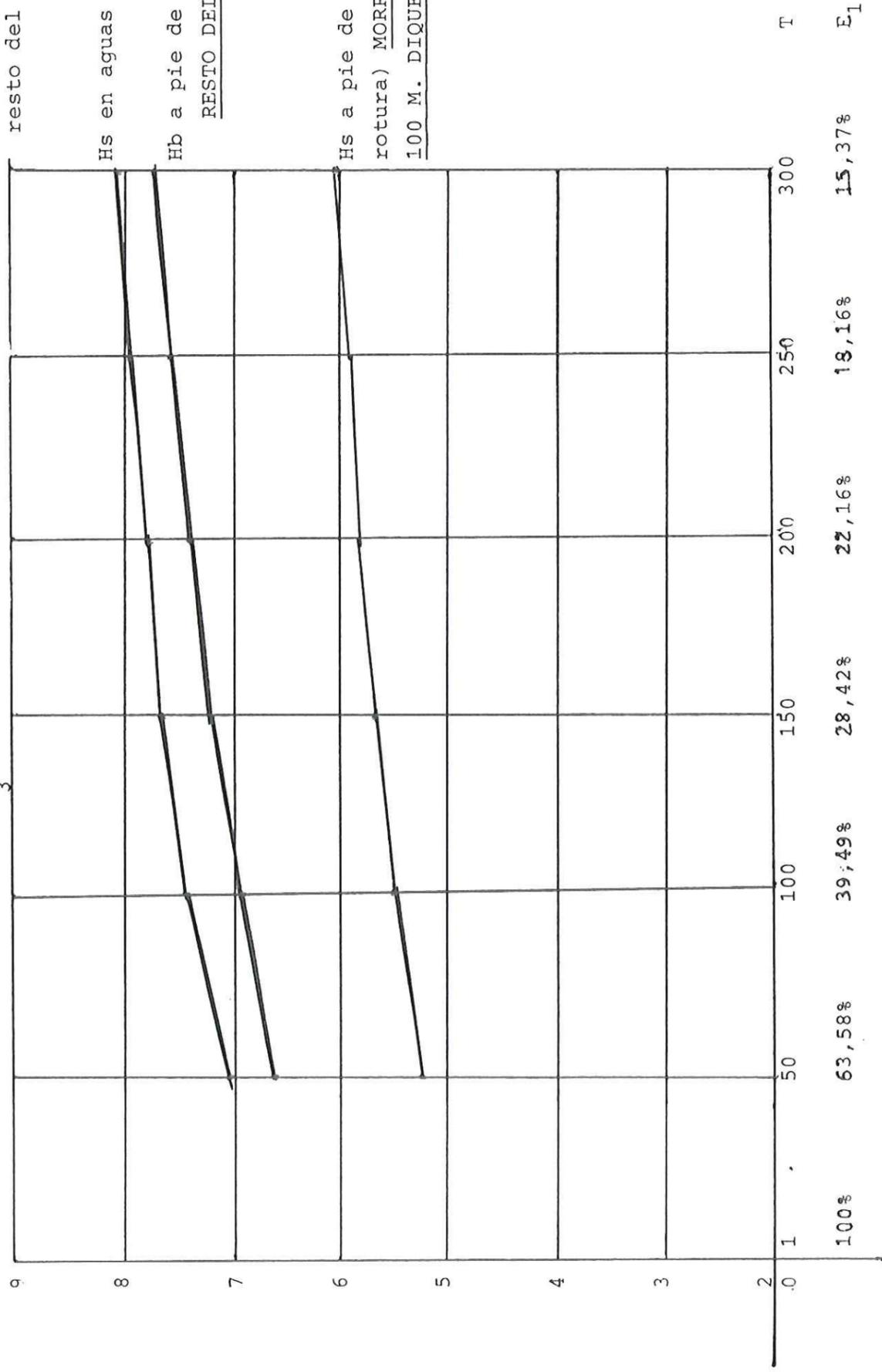
L = Vida útil de la obra : años  
 $\frac{H}{3}$  CON RELACION AL PERIODO DE RETORNO

L = Vida útil de la obra : años

$\frac{H}{3}$

SÓlo hay rotura en el resto del dique  
 Hs en aguas profundas (n=500)  
 Hb a pie de obra (rotura) RESTO DEL DIQUE

Hs a pie de obra (no rotura) MORRO Y ULTIMOS 100 M. DIQUE



T = Período de retorno (años)  $E_1$  = probabilidad de presentación del temporal de cálculo " $H_1$ " en los 50 años de vida útil.

DEFENSA DE LA ISLA

L = vida útil de la obra : 50 años

$\frac{H}{3}$

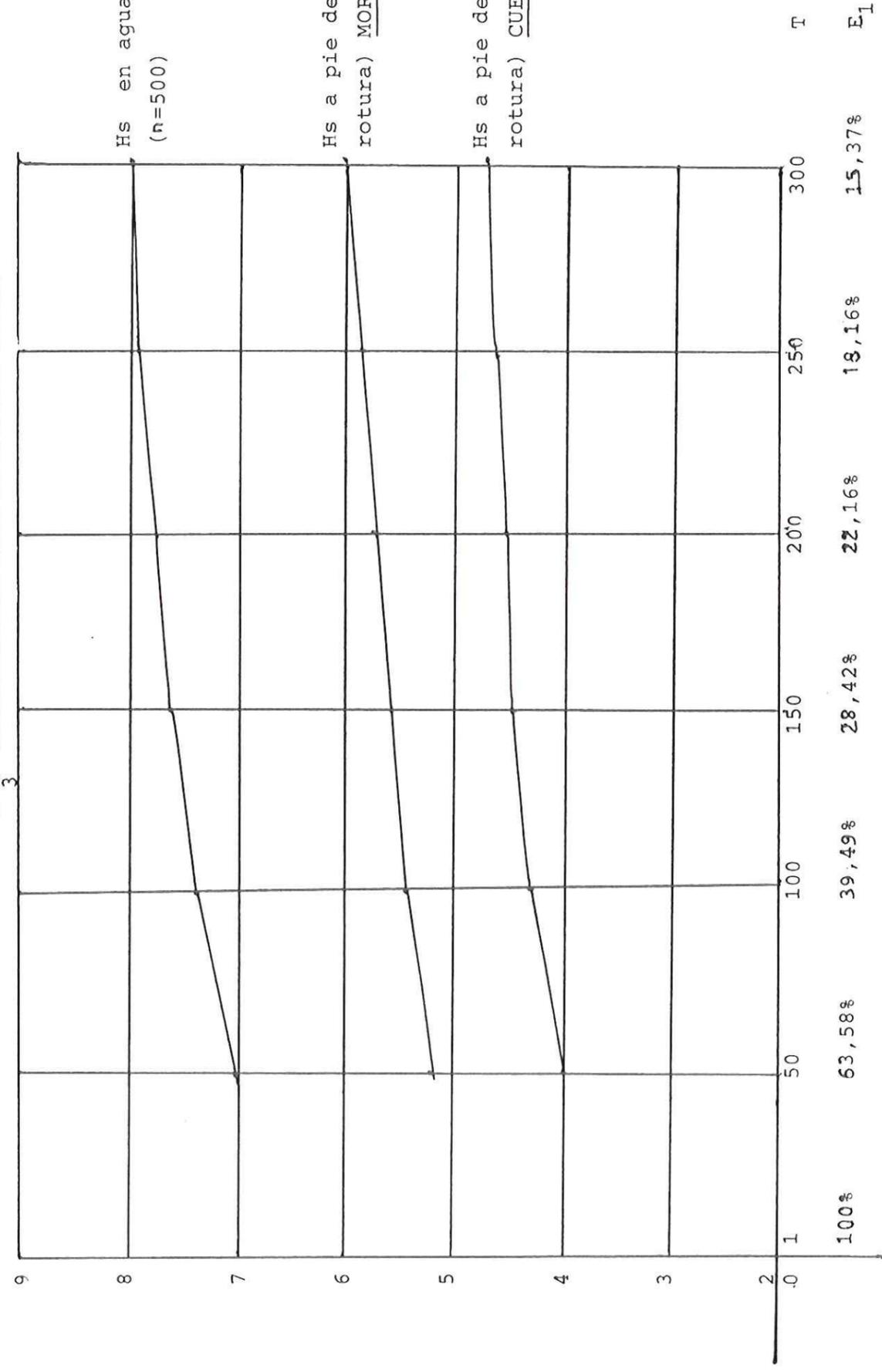
$\frac{H}{3}$  CON RELACION AL PERIODO DE RETORNO

NO HAY ROTURA

Hs en aguas profundas (n=500)

Hs a pie de obra (no rotura) MORRO VERTICAL

Hs a pie de obra (no rotura) CUERPO DEL DIQUE



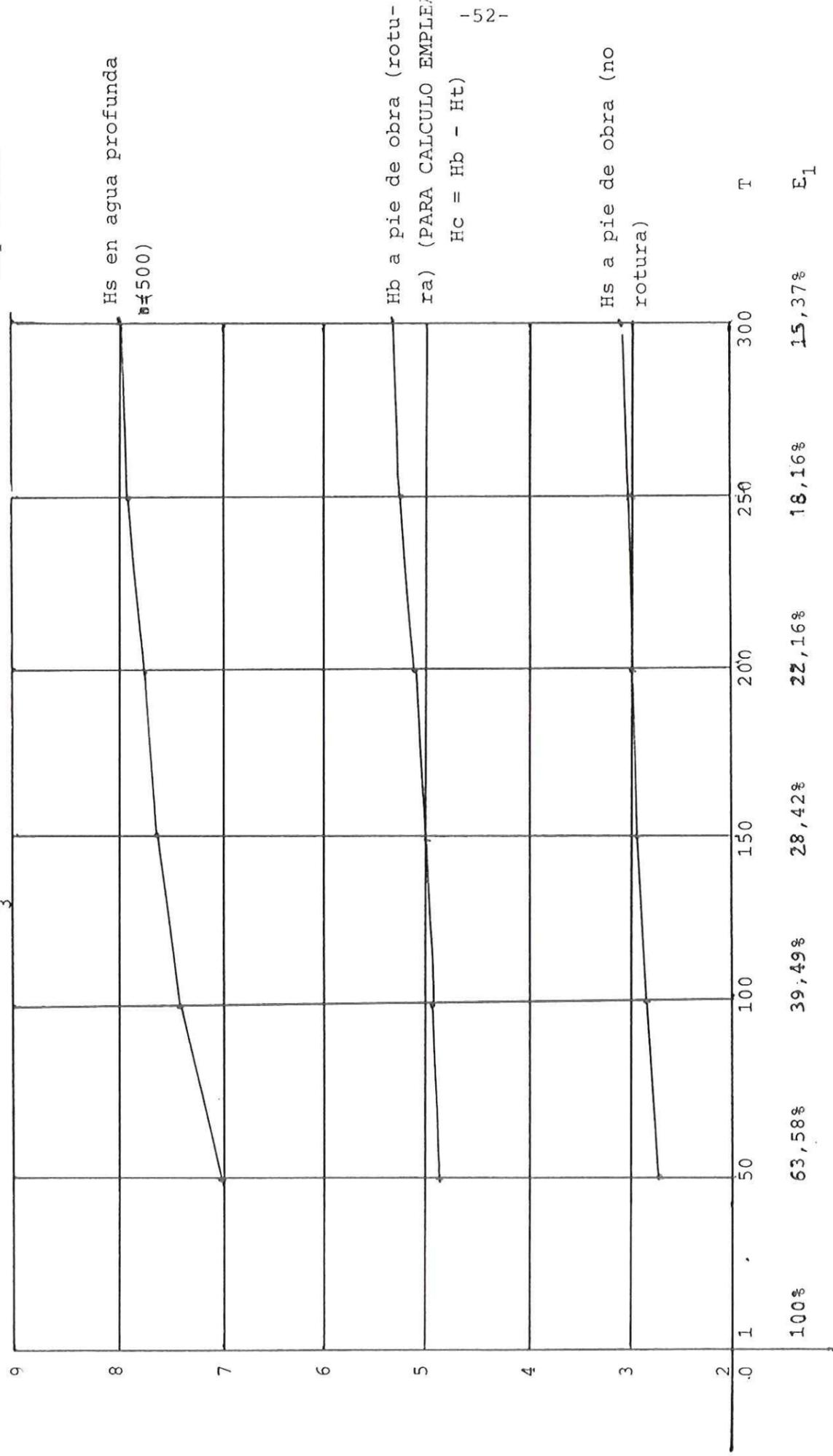
T = Período de retorno (años)  $F_1$  = probabilidad de presentación del temporal de cálculo " $H_1$ " en los 50 años de vida útil.

$r =$  vida útil de la obra : 50 años

DIQUE SUMERGIDO PLAYA

$H \frac{1}{3}$  CON RELACION AL PERIODO DE RETORNO

Hay rotura



T = Período de retorno (años)  $F_1 =$  probabilidad de presentación del temporal de cálculo " $H_1$ " en los 50 años de vida útil.

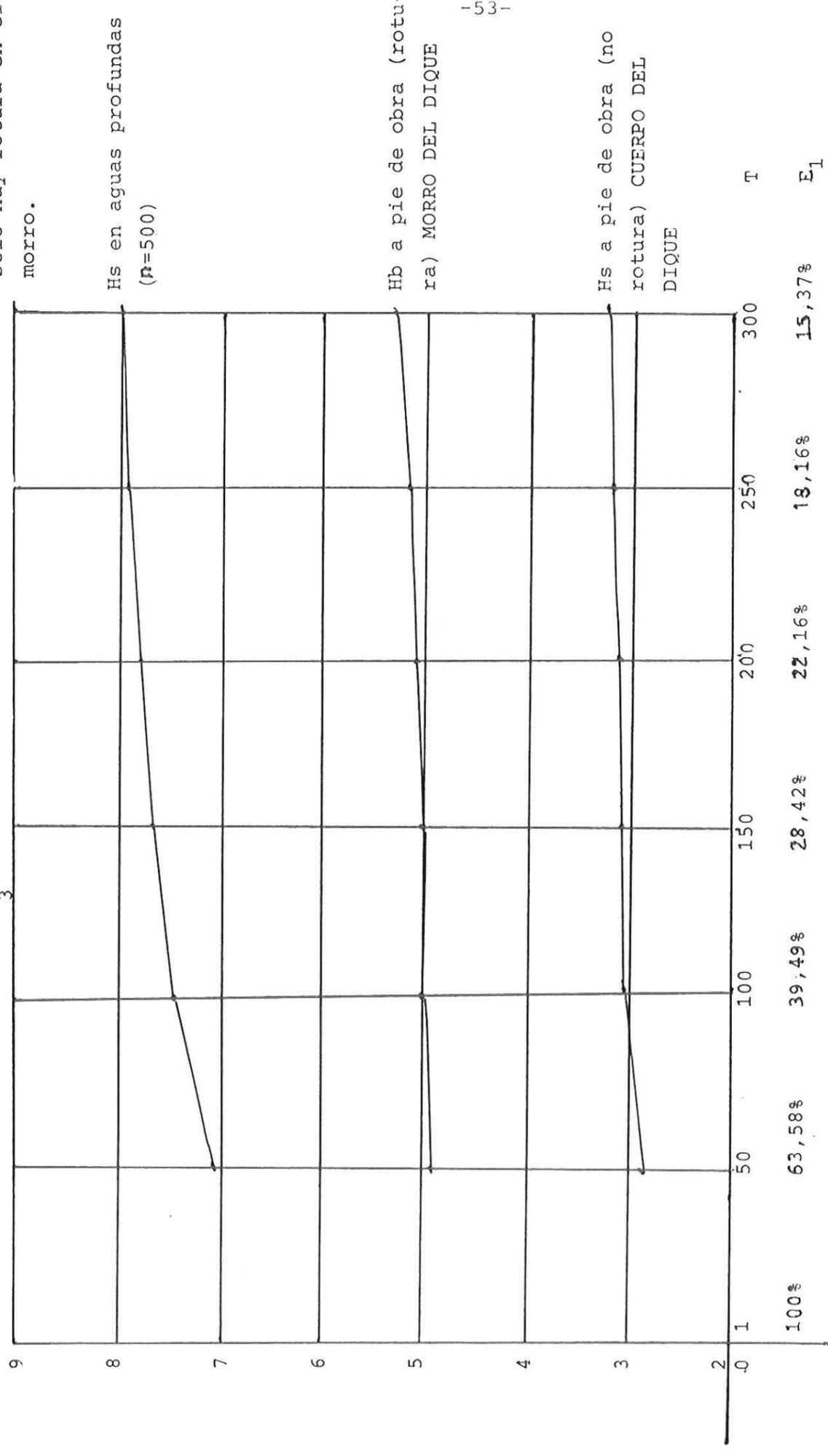
$H \frac{1}{3}$

L = vida útil de la obra : 50 años

FSPIGON ESTE

$H \frac{1}{3}$  CON RELACION AL PERIODO DE RETORNO

Sólo hay rotura en el morro.



T = Período de retorno (años)  $F_1 =$  probabilidad de presentación del temporal de cálculo " $H_1$ " en los 50 años de vida útil.

3.7.- ELECCION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO PARA CADA ESTRUCTURA

El primer punto a considerar es la elección del período de retorno. Para ello hacemos las consideraciones siguientes:

No parece aconsejable tomar períodos de retorno inferiores a 200 años, dada la alta probabilidad de presentación del temporal de cálculo >22% frente al escaso ahorro. Tampoco parece lógico irse a períodos de retorno superiores a los 300 años. El 15% de riesgo de presentación del temporal es bajo y a partir de 300 años los costos se disparan.

Moviéndonos entre 200 y 300 años y considerando que 250 años reduce más la probabilidad de presentación del temporal que la altura de ola, lo elegimos como período de retorno, con lo que la probabilidad de presentación del temporal de cálculo en la vida útil de la obra es del 18%.

En cuanto a la altura de ola de cálculo, hacemos la distinción siguiente:

Cuando la estructura esté sometida a olas que puedan romper directamente sobre ellas esa será la altura de ola de cálculo ( $H_b$ ).

En el caso de no rotura, y para el cálculo de estabilidad seguimos los criterios recomendados por el S.P.M.; a saber:

- Para estructuras flexibles como diques rompeolas se recomienda una altura de ola de cálculo entre  $H_{\frac{1}{3}}$  y  $H_5$ , dependiendo de diversos factores, recomendando la  $H_{10}$  como la más frecuentemente usada para estas estructuras.

En nuestro caso, utilizaremos la  $H_{10}$  para el Dique del Oeste y la Defensa de Isla, tomando la  $H_{\frac{1}{3}}$  para el Espigón del Este, dado que queda en zona de la ola rota en los grandes temporales y su posición muy abrigada por el resto de la obra.

- Para estructuras rígidas, como el muelle del Dique del Oeste y de la Isla adoptaremos la  $H_{1\%}$ .

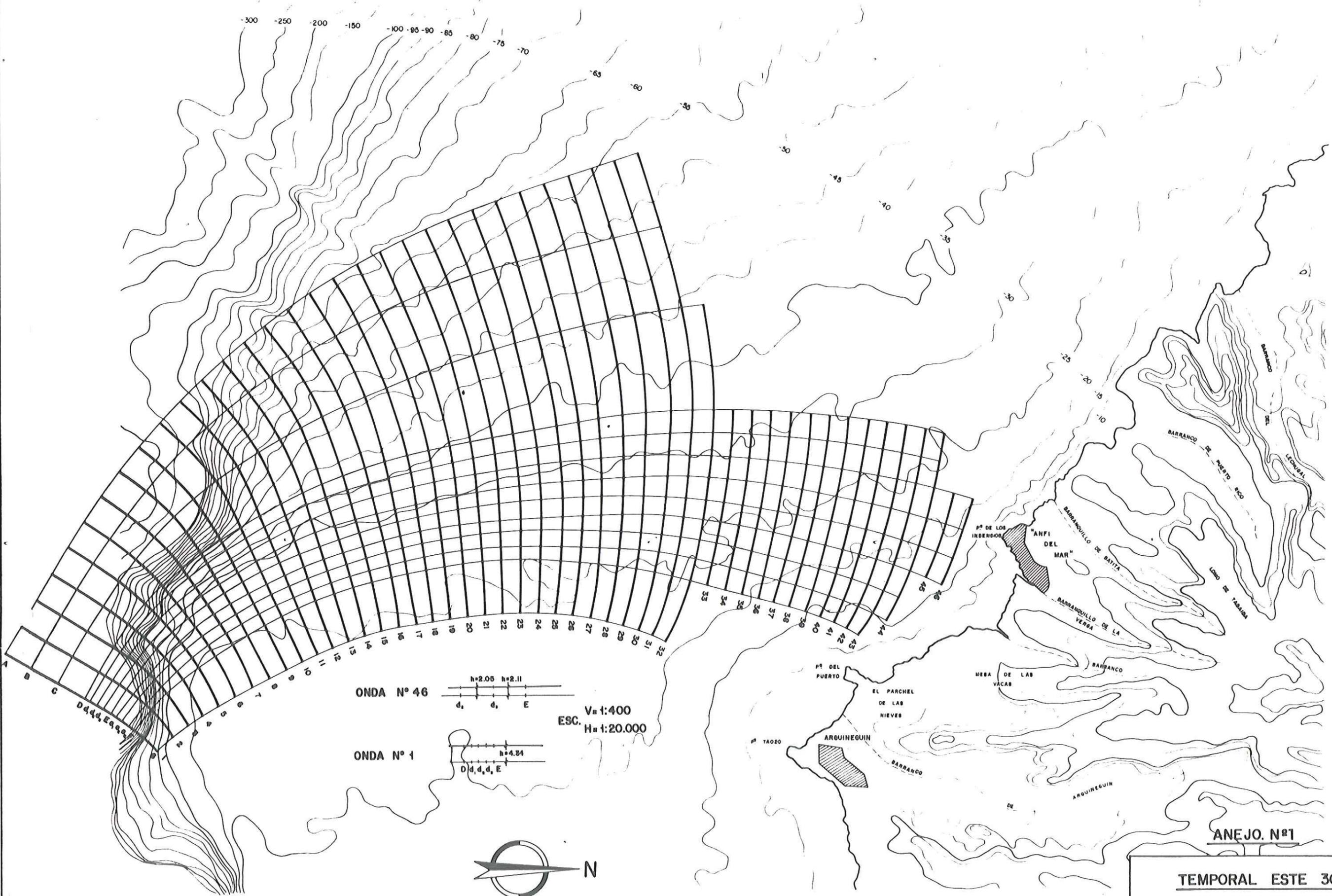
Finalmente, en lo que se refiere a las cotas de coronación de las estructuras y

considerando que se trata de una obra financiada con un capital privado, y que los promotores han manifestado reiterada o insistentemente la necesidad de bajar en lo posible las cotas de coronación de las estructuras, aún a costa de preparar esta para un eventual rebase y de invertir una fuerte suma anual en reparación de posibles averías, se ha adoptado el criterio de tomar la  $\frac{H_1}{3}$  como altura de ola de cálculo para este punto concreto.

Con todo lo expuesto, las alturas de ola de cálculo adoptadas para cada estructura quedan resumidas en el cuadro adjunto.

*Handwritten notes:*  
 $1,27 \times 5,9 = 7,50$   
 $(2,10) (4,6) \dots/\dots$

ESTRUCTURA	Hc para cálculo estabilidad	Hc para Cota Coronación
1.- <u>Dique del Oeste</u> - Morro vertical - Ultimos 100 M. - Resto Dique	$H_1 = 1,67 \times 5,9 = 9,85 \rightarrow H_C = 10 \text{ M.}$ $H_{10} = 1,27 \times 5,9 = 7,49$ $H_b = 7,40 \text{ (rotura)}$ $H_C = 7,50 \text{ M.}$	$\frac{H_1}{3} = 5,9 \text{ M.}$
2.- <u>Defensa Isla</u> - Morro vertical - Cuerpo dique	$H_1 = 1,67 \times 5,90 = 9,85 \rightarrow H_C = 10 \text{ M.}$ $H_{10} = 1,27 \times 4,62 = 5,86 \rightarrow H_C = 5,86 \text{ M.}$	$\frac{H_1}{3} = 4,62 \text{ M.}$
3.- <u>Defensa playa</u> - Dique sumergido	$H_b = 5,39 \text{ M} = H_i$ $H_C = H_i - H_t$ $K_t = \frac{H_t}{H_i}$ $H_C = 5,39 (1 - K_t)$ $H_C = (1 - K_t) H_i$	Cota coronación fijada por la defensa de playa $C = -1$
4.- <u>Espigón Fste</u> - Morro - Cuerpo dique	$H_b = 5,39 \text{ M} \rightarrow H_C = 5,39 \text{ M.}$ $\frac{H_1}{3} = 3,25 \text{ M} \rightarrow H_C = 3,25 \text{ M.}$	$\frac{H_1}{3} = 3,25 \text{ M.}$ $\frac{H_1}{3} = 3,25 \text{ M.}$



ONDA N° 46  $h=2.05$   $h=2.11$   
 $d_1$   $d_1$  E

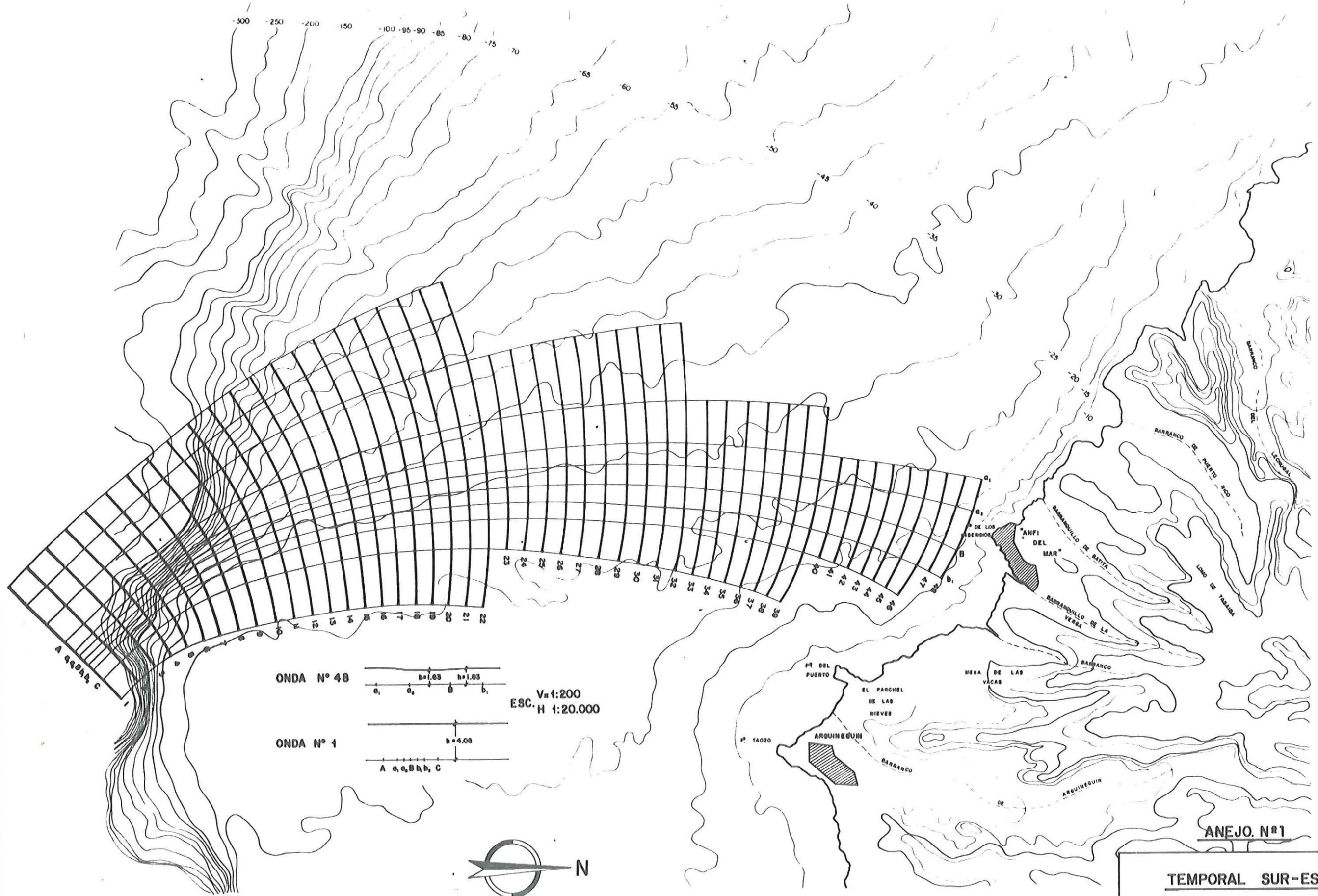
ONDA N° 1  $h=4.34$   
 $d_1, d_1, d_1, E$

$V_n 1:400$   
 $ESC. H_n 1:20.000$



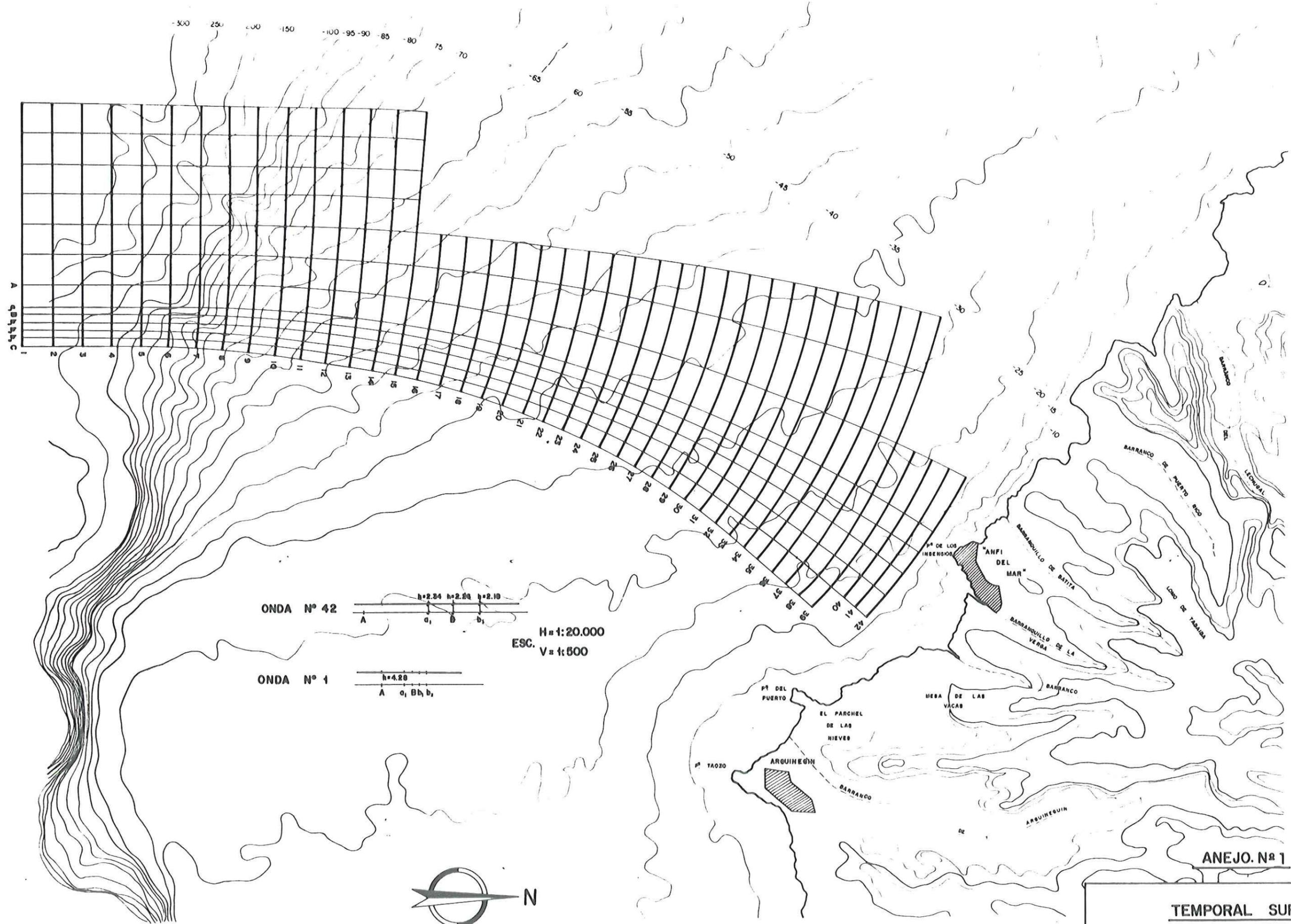
ANEJO. N°1

**TEMPORAL ESTE 30° SUR**  
 (PLANO DE APROXIMACION)  
 $H = 4,34$   
 $L = 171,96$



ANEJO. N°1

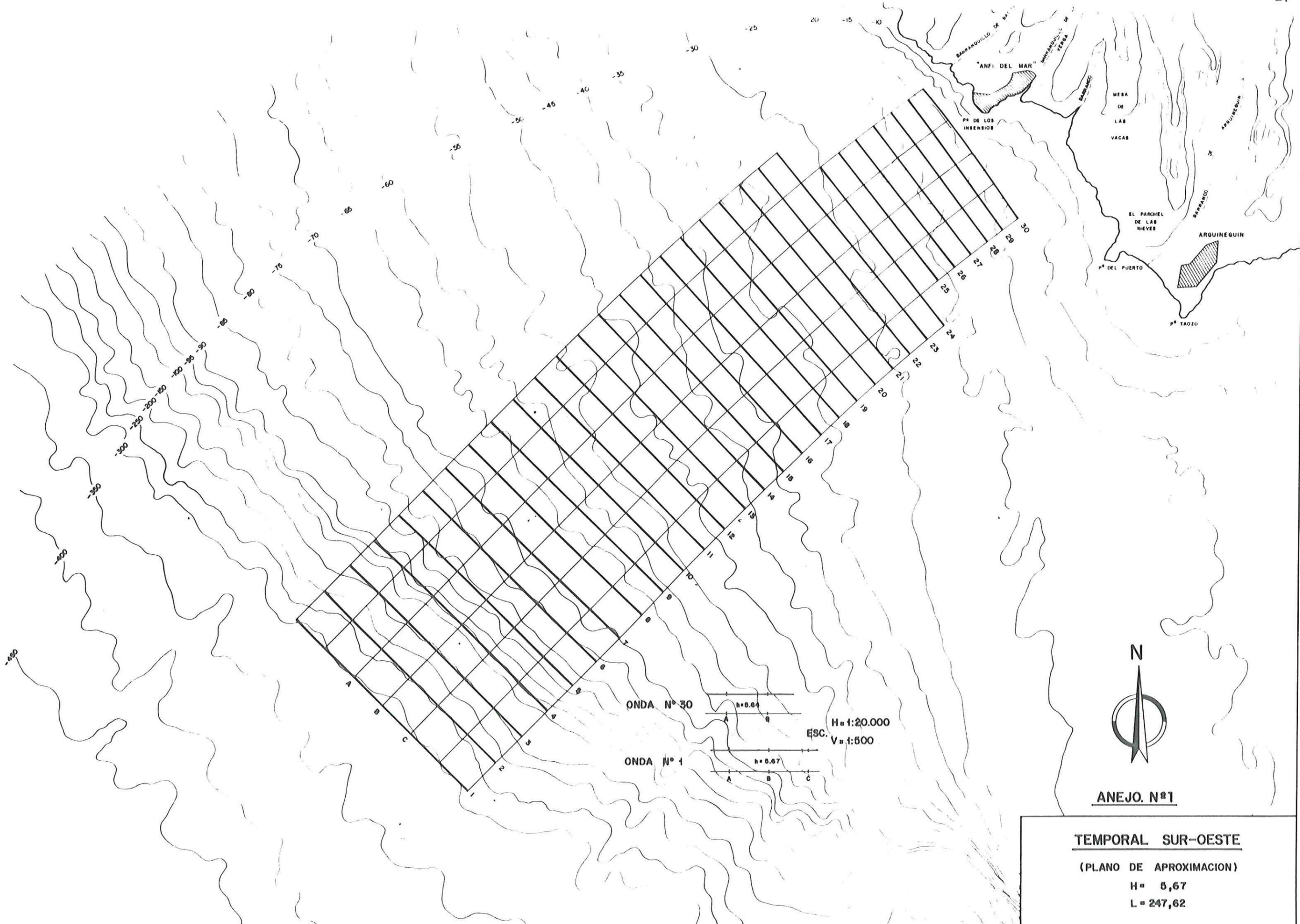
**TEMPORAL SUR-ESTE**  
 (PLANO DE APROXIMACION)  
 H = 4,06  
 L = 155,97



ANEJO. N° 1

**TEMPORAL SUR**  
 (PLANO DE APROXIMACION)  
 H = 4,20  
 L 168,69





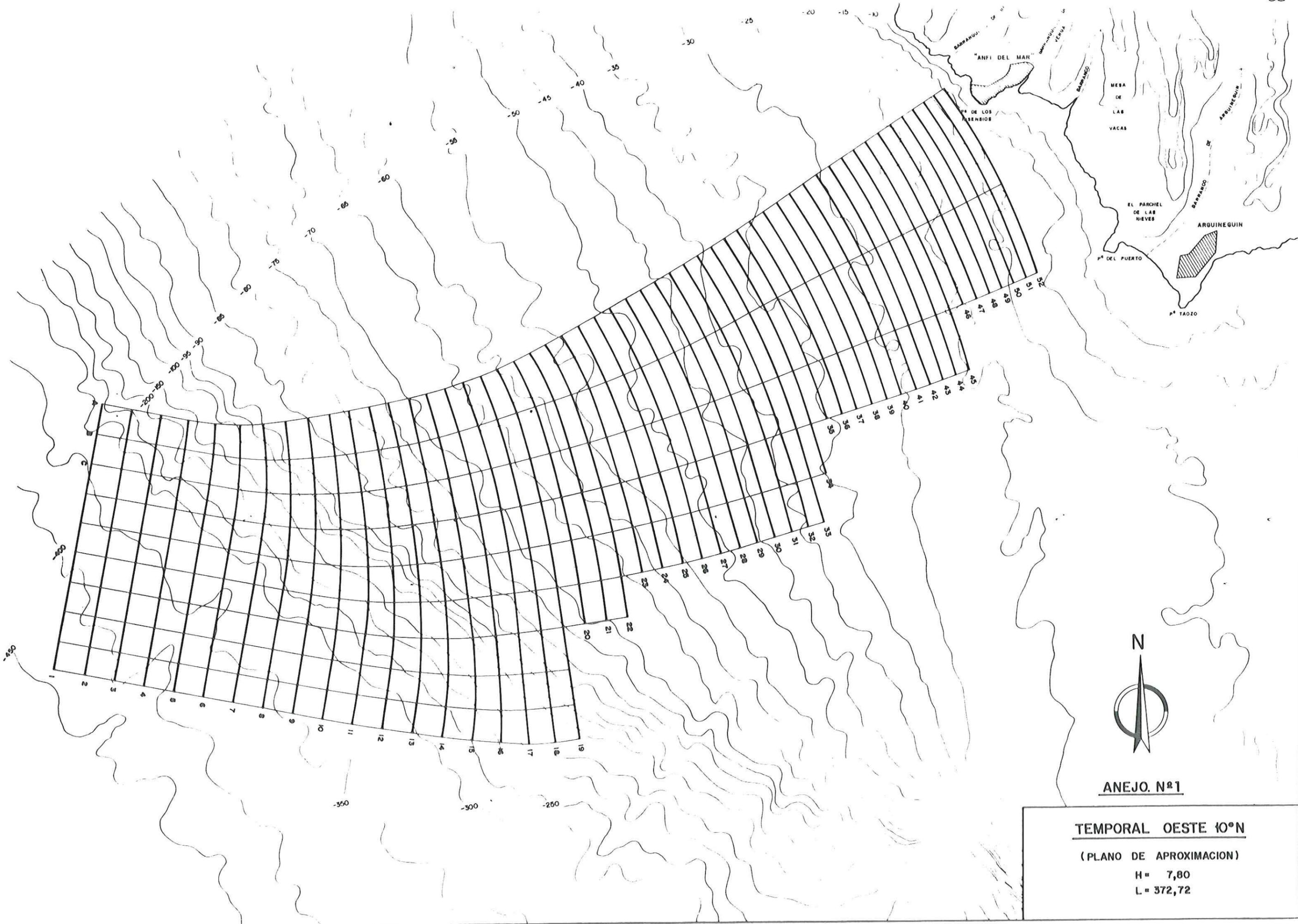
ANEJO. N°1

**TEMPORAL SUR-OESTE**

(PLANO DE APROXIMACION)

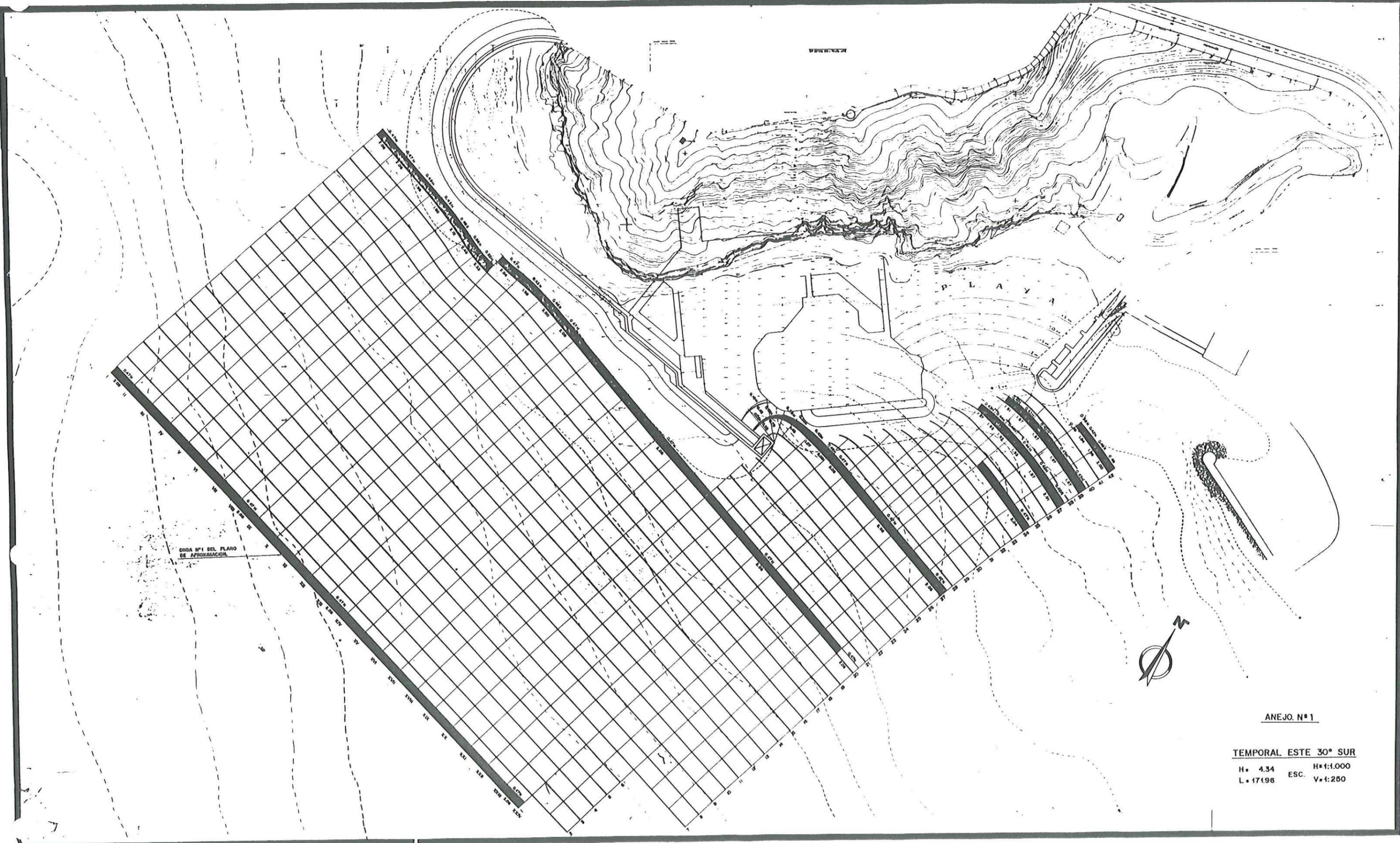
H = 6,67

L = 247,62



ANEJO. N°1

**TEMPORAL OESTE 10°N**  
 (PLANO DE APROXIMACION)  
 H = 7,80  
 L = 372,72

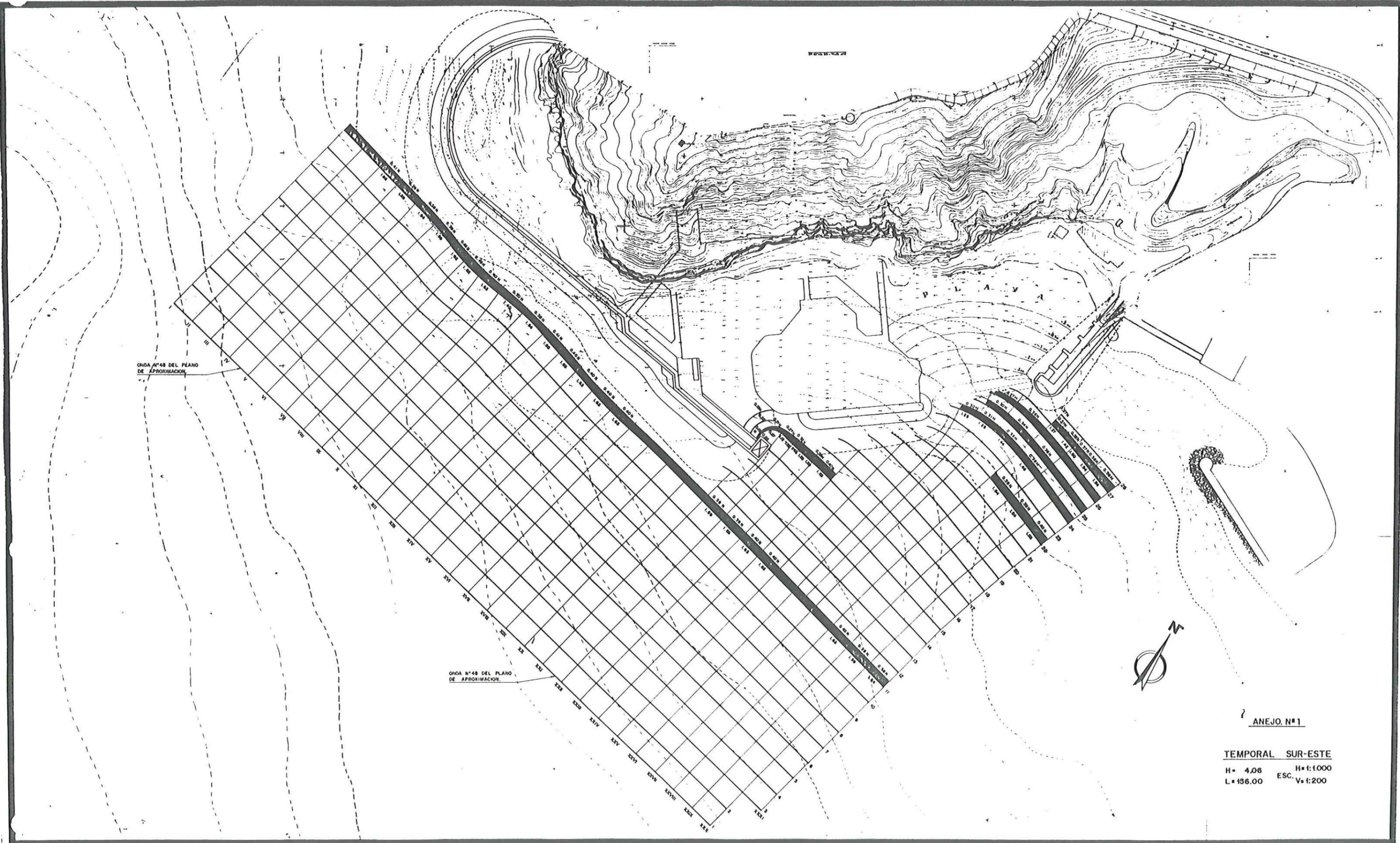


ONDA N°1 DEL PLANO DE APROXIMACION

ANEJO. N°1

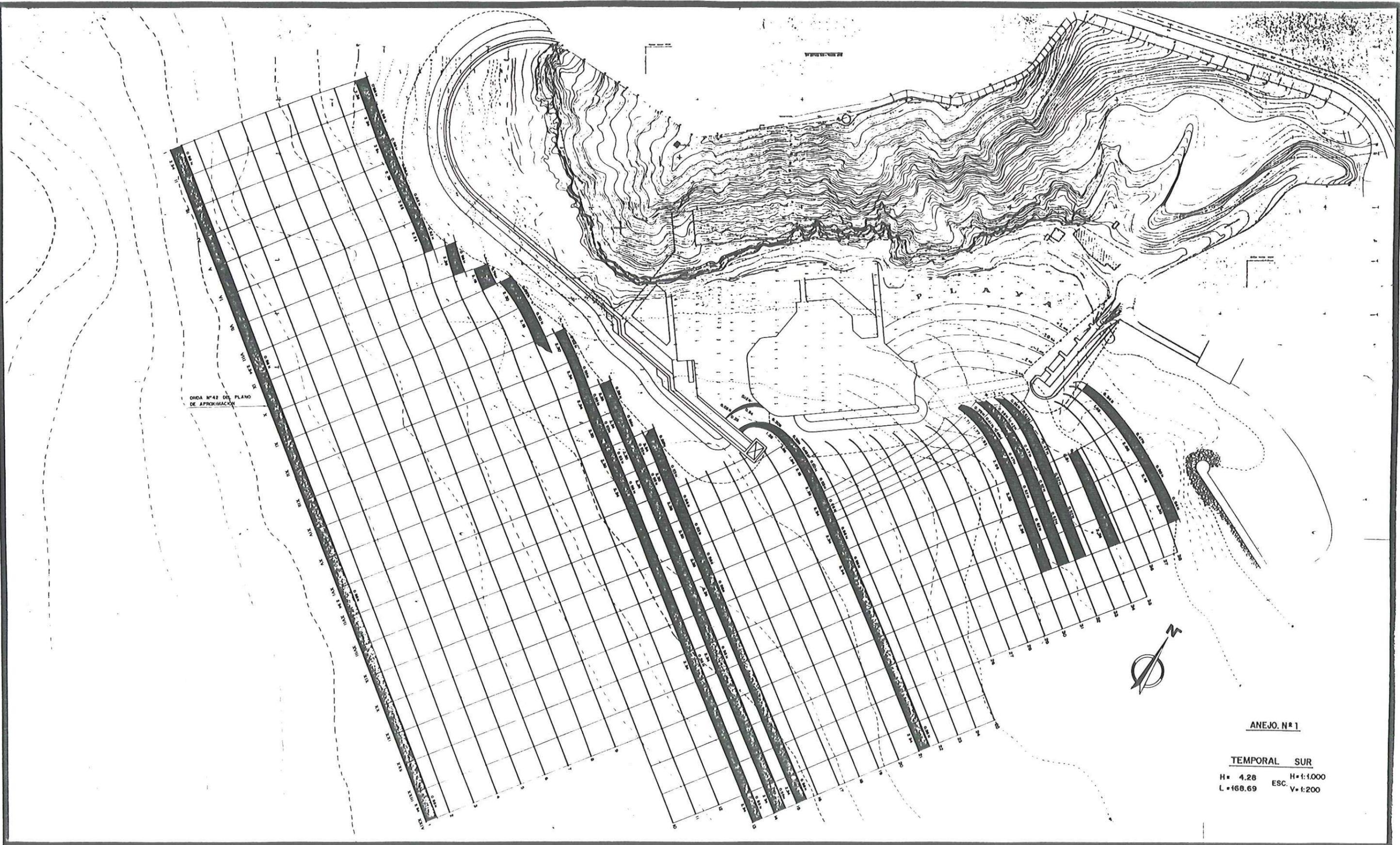
TEMPORAL ESTE 30° SUR

H= 4.34	ESC.	H=1:1.000
L= 17196		V=1:250



ANEJO. N°1

TEMPORAL SUR-ESTE  
 H= 4.08 ESC. H=1:1000  
 L= 156.00 ESC. V=1:200

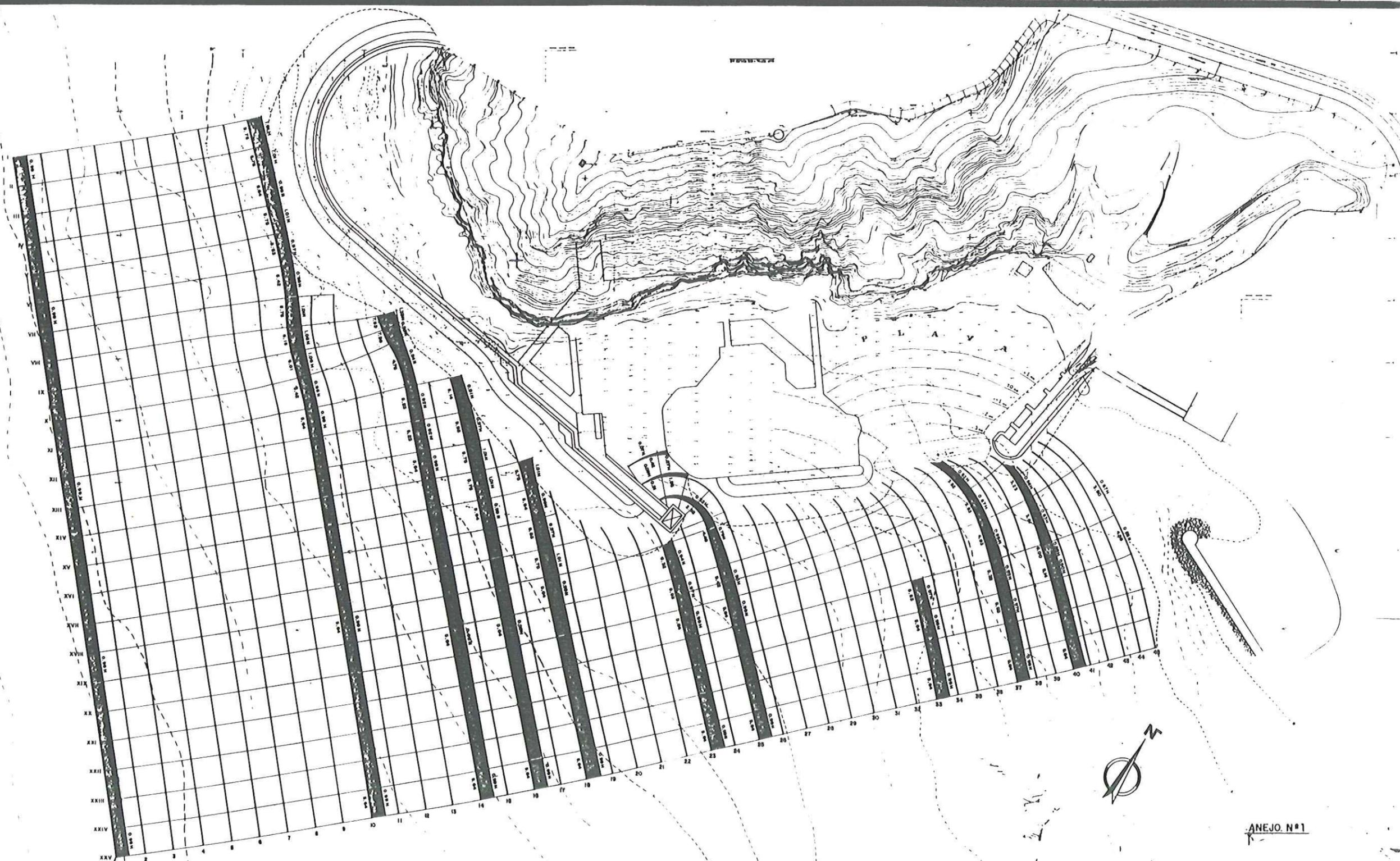


ONDA N°42 DEL PLANO DE APROXIMACION

P L A Y A

ANEJO. N° 1

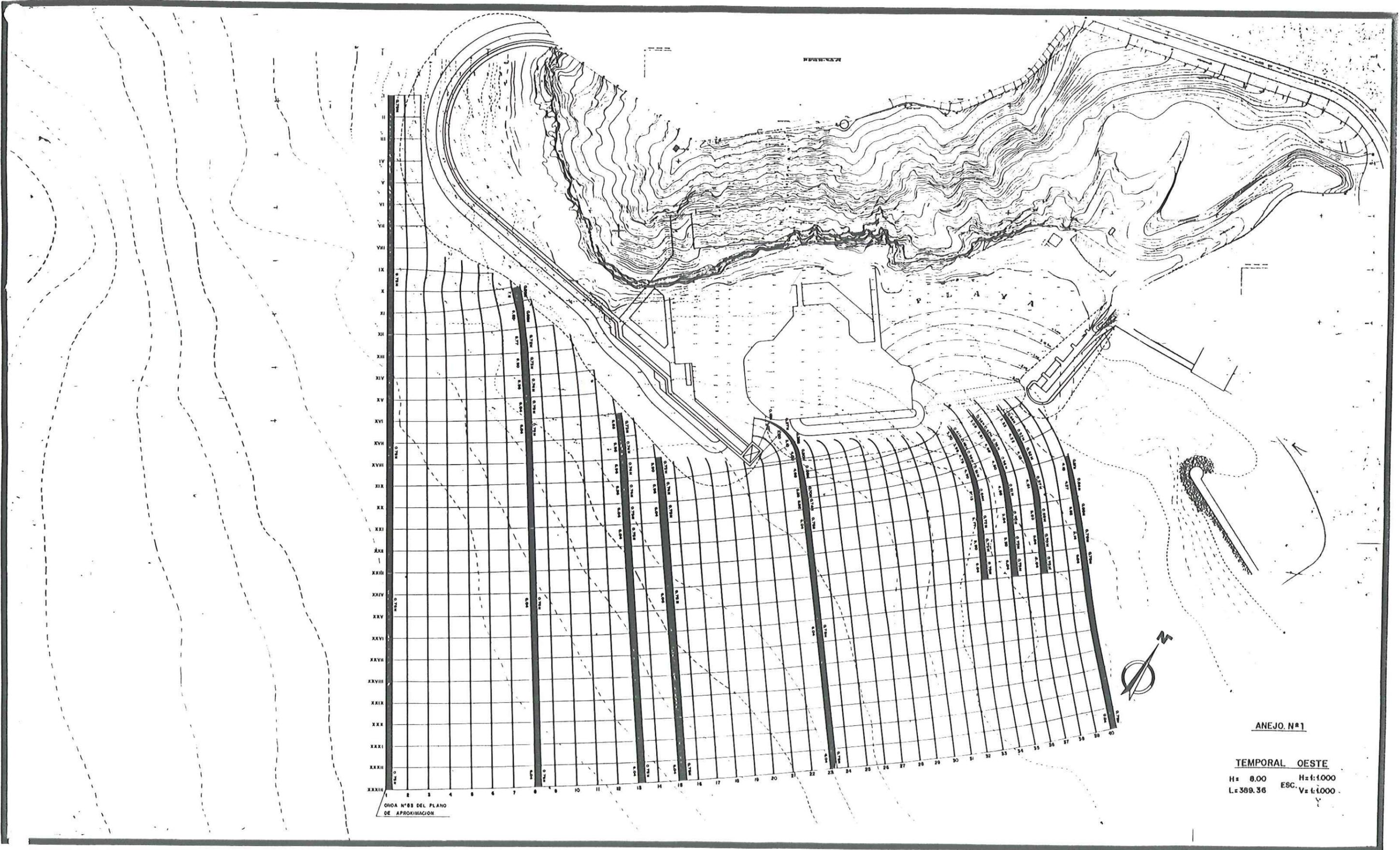
TEMPORAL SUR  
 H= 4.28 H=1:1.000  
 L=168.69 ESC. V=1:200



ONDA N°30 DEL PLANO DE APROXIMACION

ANEJO N°1

TEMPORAL SUR-OESTE  
 H= 0.67 ESC. H=1:1000  
 L=247.62 V=1:500



I  
II  
III  
IV  
V  
VI  
VII  
VIII  
IX  
X  
XI  
XII  
XIII  
XIV  
XV  
XVI  
XVII  
XVIII  
XIX  
XX  
XXI  
XXII  
XXIII  
XXIV  
XXV  
XXVI  
XXVII  
XXVIII  
XXIX  
XXX  
XXXI  
XXXII

ONDA N°88 DEL PLANO DE APROXIMACION

PALAYA

ANEJO. N°1

TEMPORAL OESTE  
 H= 0.00 H=1:1.000  
 L=389.36 ESC. V=1:1.000

4.- L A P L A Y A

4.- LA PLAYA

- 4.1. Tiempos reinantes y tiempos dominantes
- 4.2. La Planta de la Playa
- 4.3. La Arena
  - 4.3.1. El material nativo
  - 4.3.2. Préstamos marinos
  - 4.3.3. Préstamos terrestres en Gran Canaria
  - 4.3.4. Préstamos de fuera de la Isla
  - 4.3.5. Elección de la arena de la playa
- 4.4. El perfil de la playa
  - 4.4.1. Análisis del perfil completo
  - 4.4.2. Análisis del perfil incompleto

4.- LA PLAYA

4.1. TIEMPOS REINANTES Y TIEMPOS DOMINANTES.-

Para la determinación del equilibrio de la playa, tanto en planta como en perfil, es indispensable conocer el clima marítimo a pié de la playa.

En el apartado destinado al Clima Marítimo, se ha definido tanto el área de observación como el abanico de direcciones que afectan a la obra que nos ocupa. Así mismo, con la información recopilada de casi 450.000 observaciones de barcos en ruta que han cruzado la zona en los últimos 40 años, se han obtenido los regímenes de oleajes y de temporales en profundidades indefinidas y en el abanico de direcciones que afecta a la obra. El tratamiento de la información en aquel momento se dirigió a obtener fundamentalmente las alturas de ola que podían afectar a la obra que tratamos.

Sin embargo, para analizar la playa hay que considerar que:

a) El equilibrio en planta viene determinado fun-

damentalmente por los regímenes de oleaje en la costa (tiempos reinantes), aunque puede ser alterado o confirmado por los regímenes de temporales (tiempos dominantes).

b) El equilibrio en perfil, viene marcado por los temporales (tiempos dominantes).

Por tanto debemos conocer tanto los unos como los otros, que afectan a nuestra playa.

Como no disponemos de información retrospectiva tomada en la propia costa, tenemos que recurrir a la información de profundidades indefinidas correspondientes al abanico de direcciones que afectan a la playa. A saber E 30° S, SE, S, SW, W, ~~W~~ 10°N.

En este caso se trata de determinar cuáles son las direcciones de oleaje y temporales que más afectan a la playa, para ellos recurriremos a los datos disponibles de períodos por direcciones, en el área comprendida entre los meridianos 15° W a 20° W y los paralelos 25°N y 30°N. Esta información corresponde a profundidades indefinidas, facilitadas, como se ha dicho, por barcos en ruta en los últimos 40 años, tanto pa-

ra oleaje de Sea como de Swell, que dadas las circunstancias sumaremos. Se ha prescindido de las calmas por razones obvias.

DIRECCION	TOTAL Oleaje Swell	TOTAL Oleaje Sea	TOTAL	%
F 30° S	1.246	2.916	4.162	18,3
SE	470	870	1.340	5,9
S	570	1.334	1.904	8,4
SW	1.772	3.438	5.210	22,9
W	3.135	2.218	5.353	23,50
W 10° N	3.198	1.582	4.780	21
	10.391	12.358	22.749	100%

} 67,4

Si a lo expuesto añadimos el hecho, de que los tiempos del SW, W, W 10° N alcanzan la costa objeto del estudio con frentes de onda casi superpuestos (ver planos de oleaje), resulta evidente que los tiempos reinantes son los del W. Como se ve, el abanico SW, W, W 10° N reina el 67,4% del tiempo.

Del anejo del Clima Marítimo se desprende que estas tres direcciones (SW, W, W 10° N) son asimismo las dominantes al ser las que presentan mayor altura de ola y han condicionado los cálculos de estabilidad de las estructuras.

#### 4.2. LA PLANTA DE LA PLAYA.-

La playa objeto del estudio es, como se ve en los planos una playa artificial, abrigada, encajada entre dos espigones que se cierran en cangrejo y suspendida en un dique sumergido de 90 m. de longitud y coronado a la -1 que protege la bocana, reduciendo la ola que alcanza la playa y evitando que se salga la arena. Como -- luego veremos, dada la gran pendiente del fondo natural, se precisa de este dique para obtener la pendiente mínima de estabilidad de la arena. En la costa, la playa seca está coronada por un paseo.

Esta playa se ve afectada fundamentalmente por tiempos y temporales provinientes -- del Oeste, que se difractan en el morro de la defensa de la isla y penetran por la bocana -- transmitiendo la agitación por encima del dique sumergido; que se proyecta como impermeable y de talud rugoso.

Por lo expuesto, la playa es volumétricamente estable y formalmente prácticamente estable pues todos los frentes de onda alcan-

zan la bocana casi en la misma dirección (ver planos de oleaje).

La incidencia repetida y constante del oleaje sobre la playa adapta la arena a la forma de la ola que alcanza la orilla, esta ola, por la batimetría del fondo arenoso se adapta a su vez a la orilla. Este proceso iterativo, se repite indefinidamente hasta el equilibrio. Equilibrio formal, que en nuestro caso puede ser alterado, sólo ligeramente por algún tiempo de componente E.

Para obtener el trazado en planta de la playa se ha recurrido al método iterativo arriba explicado mediante el procedimiento de planos de oleaje, cuyo trazado se indica en este mismo anejo. (Ver plano adjunto).

Si superponemos al resultado obtenido por el método anterior y el compás de playas de Garáu, con centro de la espiral en los polos disponibles y con las tangencias adecuadas, podemos ver que las diferencias son mínimas.

Como el trazado del paseo es obligado por condiciones urbanísticas, se ha tomado la playa de forma que tenga un mínimo de 20 M. de playa seca en la situación más desfavorable.

#### 4.3. LA APFNA.-

La playa problema se proyecta en una zona que está situada entre dos barrancos de gran pendiente: Balito y La Verga, en los que se han formado unas pequeñas playas de bolos y materiales gruesos, único material estable en esta costa, con esas pendientes. Bajo los bolos hay alguna cantidad de arena.

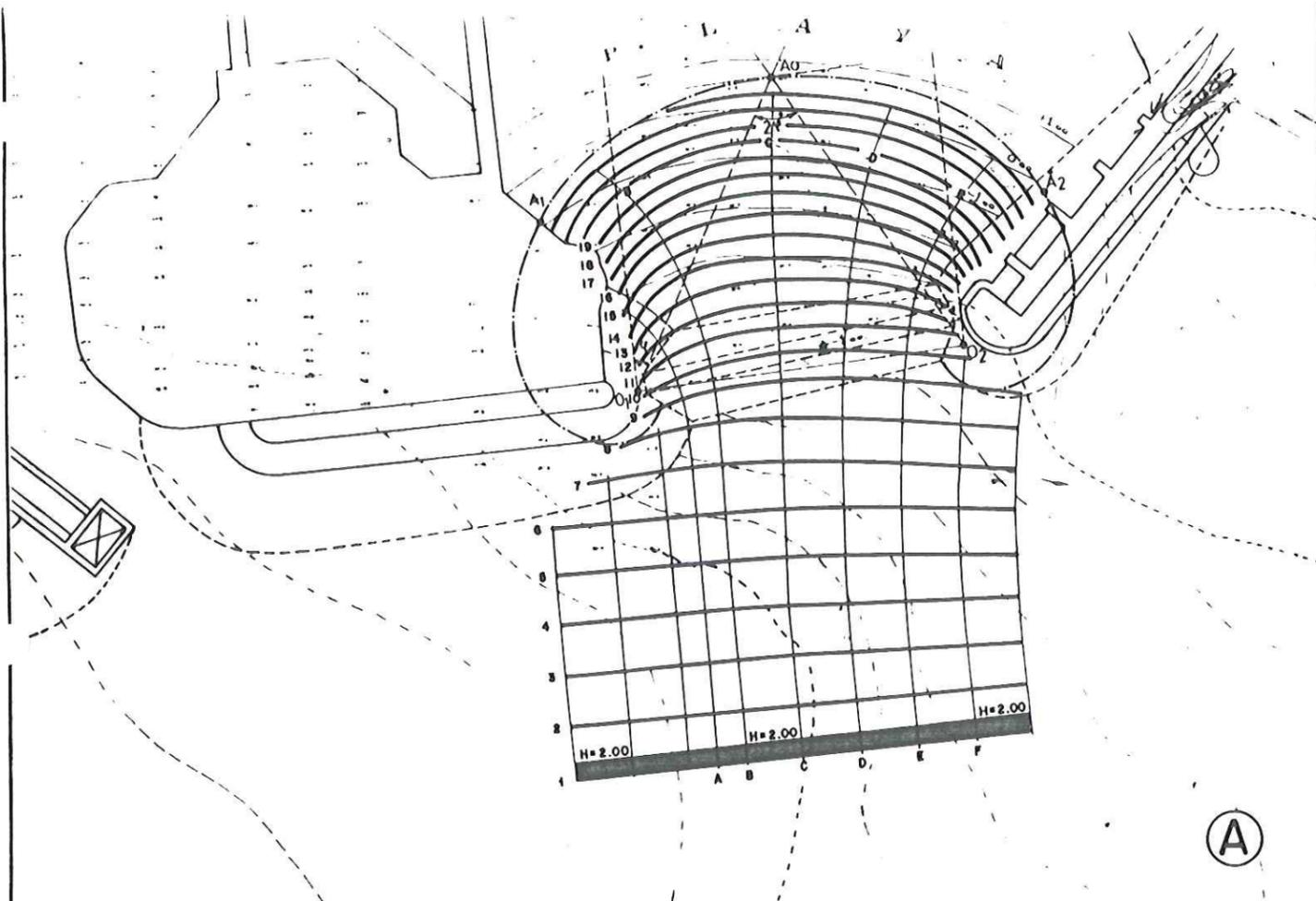
##### 4.3.1. El Material Nativo:

Se han tomado muestras y analizado la arena que hay bajo los bolos en las playas arriba citadas. Se adjuntan análisis granulométricos.

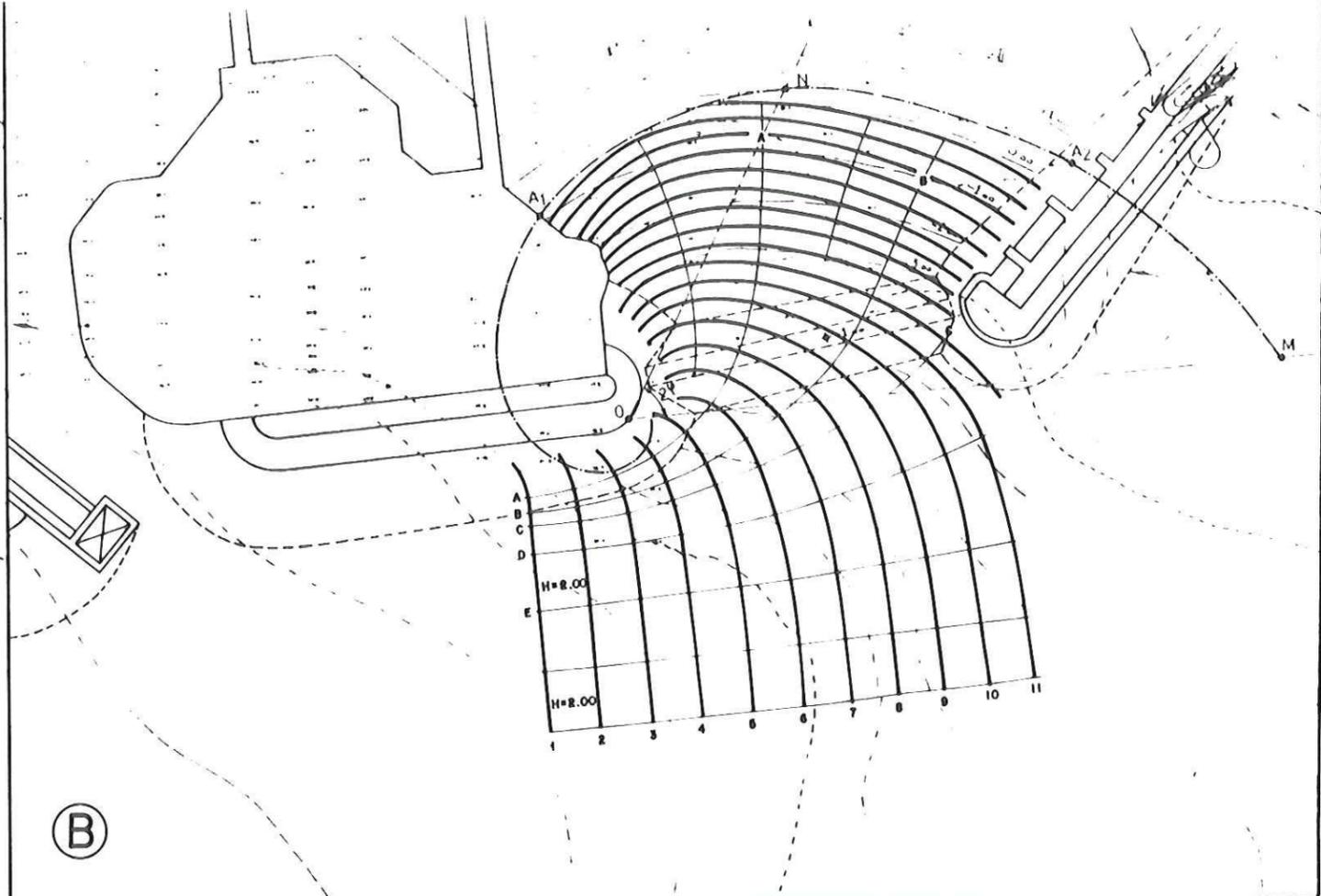
##### 4.3.2. Préstamos Marinos:

Se ha efectuado un reconocimiento de todo el entorno de la obra proyectada determinando la naturaleza del fondo, la zona de arena y sus espesores. Asimismo se han tomado muestras de las arenas de los fondos y se han analizado.

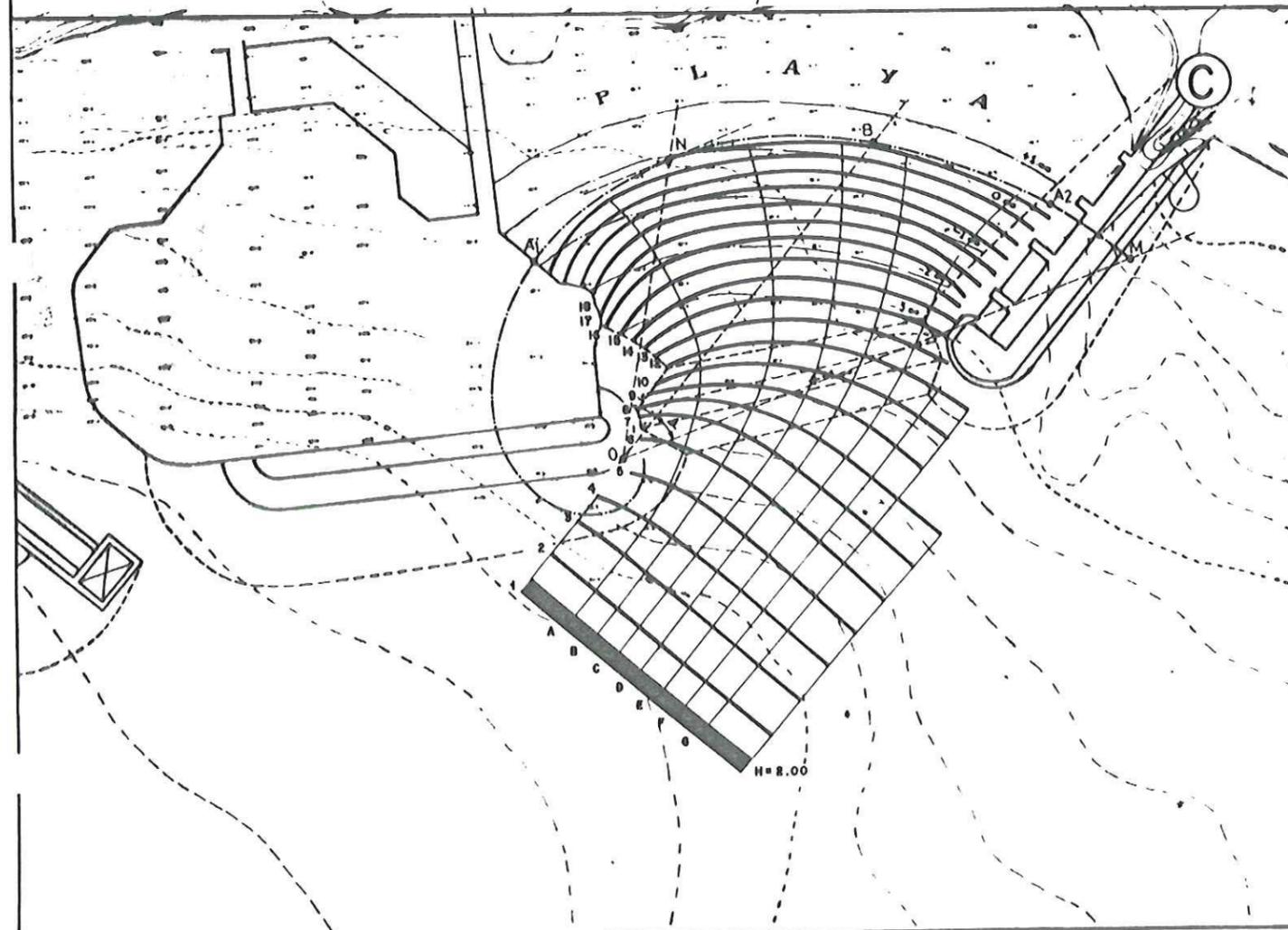
Se adjunta plano de planta donde se señala la zona de contacto entre roca y arena, los espesores de arena y las muestras tomadas. Del plano se desprende que los fondos son rocosos en ge-



(A)



(B)



(C)

### LA PLANTA DE LA PLAYA

HIPOTESIS UNICA = (0i) POLOS EN ZONA DE ROMPIENTES DE LOS GRANDES TEMPORALES

— AJUSTE LINEA DE LA ORILLA (B.M.V.E) SEGUN COMPAS DE PLAYAS DE C. GARAU (ESPIRAL LOGARITMICA  $\varphi - 30^\circ$ )

— AJUSTE LINEA DE LA ORILLA (B.M.V.E) SEGUN METODO DE LOS PLANOS DE OLEAJE

- DIRECCIONES ESTUDIAS  
 A - SUR  
 B - OESTE  
 C - SUR-OESTE

ANEJO. N° 1

Escala 1:1.000

neral, sobre los que se apoya una capa de arena de aproximadamente 1 M. de espesor.

En general no hay arena hasta la cota -5 aproximadamente, (donde aparece el contacto), debido a la gran pendiente de la costa, que impide que la arena sea estable. A profundidades mayores con pendientes variables entre un 5% y un 1% la arena permanece estable sobre el fondo rocoso.

Se adjunta también análisis granulométrico de las muestras tomadas con las observaciones oportunas así como el uso granulométrico de todas las muestras de la zona.

#### 4.3.3. Préstamos terrestres en Gran Canaria:

Se han tomado muestras y analizado arenas de uso habitual en Gran Canaria para hormigones, tanto de machaqueo como la vada de barranco y la arena amarilla o "jable". Se adjuntan análisis granulométricos de todas ellas.

#### 4.3.4. Préstamos de fuera de la Isla:

Se han estudiado, así mismo, otras arenas, de obtención por machaqueo y cribado de determinados colores y naturaleza a petición expresa de la propiedad.

#### 4.3.5. Elección de la arena para la Playa:

Del estudio de los diversos tipos de arena analizados, concluimos lo siguiente:

##### a) Material nativo:

Está totalmente descartado como posible préstamo. Se analizó exclusivamente para estudiar su estabilidad natural (pendiente/tamaño arena D50).

No hay volumen suficiente, es excesivamente grueso (como es lógico, dada la pendiente natural de la costa) y tiene un color muy negro debido a su origen, basáltico fundamentalmente por la aportación de los barrancos y algo fonolítico por la erosión litoral. También tiene una fracción orgánica de menor cuantía.