

Rº.- 2.481/F
CB 1012903

Sig.: M09.3(041)

CENTRO DE ANALISIS Y PREDICCION

-0-

Notas de Meteorología Sinóptica

PREDICCIÓN DEL ESTADO DE LA MAR

(Adaptado por la Sección Marítima)

- 14 -

MADRID
Marzo 1.964

Estas motas son de circulación limitada, exclusivamente para fines de información.

PREDICCIÓN DEL ESTADO DE LA MAR

(Adaptado del "Air Weather Officer Course", Air University)

INDICE

	<u>Pág.</u>
1.- Generalidades	1
2.- Generación del oleaje	1
2.1.- Velocidad del viento	1
2.2.- Extensión del área generadora (fetch)	1
2.3.- Duración	2
3.- Cálculo de la altura de la ola	2
4.- Amortiguamiento de la mar de fondo	2
5.- Efecto de las áreas de viento secundario	3
6.- Lista de símbolos usados	3
7.- Problemas	4

1. GENERALIDADES.

Estas notas se refieren tan solo a la predicción de las olas en alta mar que alcanzan una zona marítima dada, desde un área distante. Las experiencias realizadas con el método que exponemos dan resultados comparables con cualquier otra predicción meteorológica.

Las observaciones oceanográficas de oleaje son tan escasas, que el estado del mar debe ser calculado estrictamente a partir del viento que forma las olas; de él son función la altura, periodo y velocidad de éstas. En consecuencia, el mapa sinóptico es la fuente de todas las variables que entran en el cálculo del estado del mar. En él se encuentra la velocidad del viento, el área donde las olas se forman (fetch), y la persistencia con que el viento ha soplado sobre dicha área (duración), así como la distancia de amortiguamiento de las olas, cuando dejan el área de fetch.

La predicción del estado de la mar puede ser dividida en tres problemas diferentes: la generación de las olas, el amortiguamiento de la mar de fondo y el efecto de las áreas de viento secundario. Las olas del interior del área generadora (fetch) constituyen lo que se llama "mar de viento"; las alejadas de ella, la "mar de fondo".

2. GENERACION DEL OLEAJE.

Las olas se forman cuando un viento constante empieza a soplar sobre un área de mar en calma. La dirección de estas olas es paralela a la del viento generador. La predicción de la generación del oleaje requiere conocer la velocidad del viento, la extensión de mar sobre la cual sopla (fetch) y la persistencia del tiempo que ha soplado (duración).

2.1 Velocidad del viento, U_s .

Hállase el viento geostrófico U_g , usando el promedio de 4 ó 5 isobaras consecutivas, mediante una escala o compás de viento geostrófico. Con el ábaco 1 se determina el viento compensado, U_s , corregido por esta bilidad y curvatura de isobaras. Este viento es el que debe usarse como representativo del flujo generador.

Ejemplo de cálculo de U_s (ábaco 1):

$$U_g = 52 \text{ Kts.}$$

Temperatura mar-temperatura aire $\theta_s - \theta = + 2^\circ$ (inestable)

Curvatura: ciclónica

Resultados: $U_s = 32 \text{ Kts.}$

(Seguir las líneas dibujadas en el ábaco)

2.2 Extensión del área generadora (fetch)

Es lo primero que debe esbozarse en el mapa sinóptico. La zona de predicción quedará afectada por mar de fondo sólo por las olas que desde el fetch se dirijan hacia ella. El viento del fetch, pues, debe "apuntar" hacia la zona de predicción, usándose para comprobarlo la dirección de las isobaras: si estas son rectas, su dirección debe formar un ángulo menor de 30° con la línea que une el área de fetch y la zona de pre-

dición. Con isobaras curvas, dicho ángulo no será mayor de 45 grados.

Puede entonces delinearse la zona o zonas de fetch que afecten a la zona de predicción considerada, así como el área de amortiguamiento entre ésta y aquélla. La zona de fetch, en general, está limitada por configuraciones sinópticas que impliquen cambio en la dirección del viento (frentes, convergencia o confluencia de isobaras, etc.). La práctica ayuda a determinar el fetch.

2.3 Duración.

Se llama así el periodo de tiempo durante el cual sopla el viento sobre un área generadora dada. Cuando un viento constante sopla sobre ella, al cabo de un tiempo suficiente (distinto para cada fetch) las olas alcanzan su máxima altura, al producirse un estado de equilibrio en la transferencia de energía del aire al mar. Al tiempo mínimo necesario para elevar las olas a su máxima altura para un fetch y una velocidad de viento dados, se le llama duración mínima, t_m . Puede determinarse en el ábaco 2, entrando con los valores del fetch y del viento U_s .

3. CALCULO DE LA ALTURA DE LA OLA.

En función de t_m y U_s , puede hallarse en el ábaco 3 la correspondiente altura máxima del oleaje, H_m en pies. Naturalmente, esto no significa que las olas tengan esta altura, salvo que la duración real, t_d sea igual o mayor que t_m . Si es menor, la altura de las olas será también inferior a H_m . En el ábaco 3, entrando con la duración real t_d y con el viento U_s , se halla otra altura, H_d . Si H_d es menor que H_m , será el valor empleado en los cálculos que sigan; si es mayor, se usará H_m , ya que es el máximo posible. La altura de olas así calculadas la designaremos por H_f .

Ejemplos: (ábaco 3)

Fetch = F = 200 millas náuticas.

$$U_s = 30 \text{ Kts}$$

$$t_d = 50 \text{ horas} (\text{duración real})$$

Del ábaco 2; $t_m = 23,5$ horas

Del ábaco 3, con $t_m = 23,5$, se obtiene $H_f = 17,4$ ft.

Id., con $t_d = 50$, se obtiene $H_f = 19,2$ ft.

Como es $t_m < t_d$, la verdadera H_f será 17,4 ft (máxima altura posible).

El cálculo de t_d se hace como sigue: previo conocimiento de la altura de las olas al final del fetch en el mapa anterior (H), se calcula con el ábaco 3 el tiempo necesario para formar dichas olas, en función de (H) y de U_s . Este tiempo t_h sumado al intervalo entre mapas (6 ó 12 horas) es, precisamente, t_d .

Ejemplo completo

Horas	0000	1200	00000
Ug.	45 Kts.	53 Kts.	67 Kts.
Curvatura	Anticiclónica	Anticiclónica	Nula.
$\theta_s - \theta$	-2°	0°	0°
(U_s) (ábaco 1)	28 Kts.	36 Kts.	36 Kts.
U_s (ábaco 1)	28 kts.	36 kts.	43 Kts.
(H) (mapa anterior)	14 ft	21 ft.	
t_h (ábaco 3)	7,5 horas	9 horas.	
t_d ($t_h + 12$)	16 horas	19,5 horas	21 horas
F (del mapa)	700 NM	700 NM	700 NM
t_m (ábaco 2)	60 horas	55 horas	50 horas
H_f (ábaco 3)	14 ft.	21 ft.	29 ft.

4. AMORTIGUAMIENTO DE LA MAR DE FONDO.

Se llama distancia de amortiguamiento D, a la distancia desde el final del fetch a la zona de previsión. Si la mar de fondo pasa a través de un área D en calma, esto es, sin viento ni olas, puede calcularse su altura H_0 y periodo T_0 al final de la zona D de amortiguamiento, mediante el ábaco 4. Entrando con la distancia D en millas (sacada del mapa) y con el periodo T_f al final del fetch (del ábaco 3) se encuentra la relación H_0/H_f de la altura del oleaje al final del área de amortiguamiento, a la que tenfa al final del fetch. Naturalmente, esta relación es menor que 1, y multiplicando por ella H_f , tendremos H_0 . De la misma forma se

cálcula el periodo T_D .

El tiempo que tarda un tren de olas en pasar a través de la zona de amortiguamiento, se llama tiempo de propagación, t_D , y se calcula también en el ábaco 4 de idéntica manera que H_D/H_F y T_D .

Si se suma t_D a la hora del mapa, se encuentra el tiempo estimado de llegada del tren de ondas a la zona de predicción.

Ejemplo: (ábaco 4)

Datos

$T_F = 10$ sg.

$H_F = 20$ ft.

$D = 1300$ NM

Resultados

$T_D = 15,5$ sg.

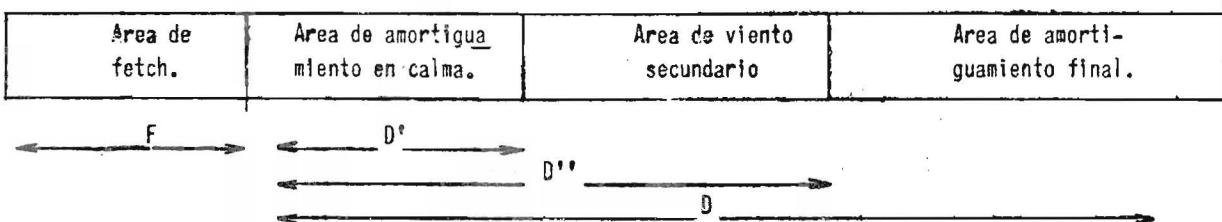
$H_D/H_F = 0,3; H_D = 0,3 \times 20 = 6$ ft.

$t_D = 55$ horas.

5. EFECTO DE AREAS DE VIENTO SECUNDARIO.

Como hemos visto, la mar de fondo se predice suponiendo que se propaga a través de regiones en calma.

La predicción debe modificarse, sin embargo, si en la zona de amortiguamiento preexiste una componente de viento paralela u opuesta a la mar de fondo. Dicha región se llama un área de viento secundario. Los límites de tal región se identifican con los de una zona en la cual la componente U' del viento, paralela a la dirección de la mar de fondo excede de 6 nudos. La distancia en millas náuticas desde el final del fetch, a través de un área de amortiguamiento, hasta el comienzo del área secundaria se identifica por D' . La distancia del final del fetch al final del área secundaria de viento, por D'' . La distancia total de amortiguamiento es D , que en el caso más general



Incluye un área de calma, un área secundaria de viento, y otra de amortiguamiento entre esta y la zona de predicción. Sin embargo, toda el área de amortiguamiento puede ser un área secundaria de viento, o bien ésta puede ya empezar al final del fetch, etc. etc.

Un viento a favor o en contra de la mar de fondo en un área secundaria (U') es positivo o negativo respectivamente.

Se llama amortiguamiento efectivo a la distancia $D_e = D - (D'' - D')$, que se une de la misma forma que D anteriormente. Todas las magnitudes que intervienen en el cálculo de D_e se calculan en el mapa a excepción de $C_{D''}$, velocidad del tren de ondas en la región D'' .

Puede calcularse de la fórmula $C_{D''} = 3,03 T_D''$, o bien del recuadro del ábaco 4. T_D'' se calcula con dicho ábaco en función de T_F y D' .

Conocido D_e , el mismo ábaco da en función de T_F y D_e , H_{D_e}/H_F y T_{D_e} , con lo que se puede conocer H_{D_e} y el tiempo de propagación que viene dado por la fórmula $t_{D_e} = \frac{D}{T_{D_e}}$.

6. LISTA DE SÍMBOLOS USADOS

U_g = viento geostrófico (del mapa isobárico)

I_k = curvatura (del mapa)

$\theta_s - \theta$ = temperatura mar - temperatura aire (partes de barcos)

(U_S) = viento compensado previo (mapa anterior; ábaco 1)

U_S = viento compensado actual (con ábaco 1)

(H) = altura de olas previa (mapa anterior)

t_H = tiempo necesario para (H) (ábaco 3)

t_d = duración actual ($t_h +$ intervalo mapas)

F = Fetch (mapa)

t_m = duración mínima (ábaco 2)

H_F = altura de olas al final del fetch (ábaco 3)

T_F = periodo de olas al final del fetch (ávaco 3)
 D = distancia total de amortiguamiento (mapa)
 H_D/H_F = relación de altura de olas (ávaco 4)
 T_D = periodo al final del amortiguamiento (ávaco 4)
 H_D = altura " " " " (math> $H_D/H_F \times H_F$)
 t_D = tiempo de propagación (ávaco 4)
 D' = distancia del fin del fetch al comienzo del área secundaria (mapa)
 D'' = " " " " final " " (mapa)
 $D'' - D'$ = extensión del área secundaria (mapa)
 U' = componente del viento compensado en el área secundaria (como U_S)
 $D - D''$ = área secundaria de calma (mapa)
 D_e = distancia de amortiguamiento efectivo $D_e = D - (D'' - D')$ $\frac{U'}{C_D''}$
 C_D'' = velocidad olas al final área secundaria
 H_{D_e}/H_F = relación de altura de las olas (ávaco 4)
 T_{D_e} = periodo al final del área amortiguamiento efectivo (ávaco 4)
 H_{D_e} = altura de olas " " " "
 T_{D_e} = tiempo de propagación sobre D ; $t_{D_e} = \frac{D}{1,5 \times T_{D_e}}$.

7. PROBLEMAS

Dados:
 $U_g = 40$ Kts.
 Curvatura = ciclónica
 $\theta_s - \theta = -3^\circ$
 $(U_S) = 25$ Kts.
 Intervalo mapas = 12 horas
 $F = 300$ NM
 $D' = 100$ NM
 $D'' - D' = 150$ NM
 $D - D'' = 500$ NM
 $U' = + 30$ kts.
 Fecha: 1830Z, 28-Dic. 1949

PROBLEMA I

- Hallar:
- a) Altura olas, H_{D_e}
 - b) Período, T_{D_e}
 - c) hora de llegada de la M.F.

Solución:

- a) 2,4 ft.
- b) 10,2 sg.
- c) 1830Z, 30-Dic. 1949

PROBLEMA II

Dados:
 $U_g = 40$ Kts.
 Curvatura nula
 $\theta_s = 40^\circ$ F.
 $\theta = 35^\circ$ F.
 $(U_S) = 20$ Kts.
 $(H) = 7$ ft.
 Intervalo mapas = 6 horas
 $F = 500$ NM
 $D = 1200$ NM
 Áreas secundarias: ninguna

Hallar

- a) duración mínima t_m
- b) altura máxima, H_m
- c) Duración actual, T_d
- d) Altura, H_F
- e) T_D , H_D , t_D .
- f) U_S .

Solución:

- a) 51 horas
- b) 12 ft.
- c) 12 horas
- d) 9 ft.
- e) 1,5 sg. 0,9 ft, 62 horas
- f) 24 Kts.

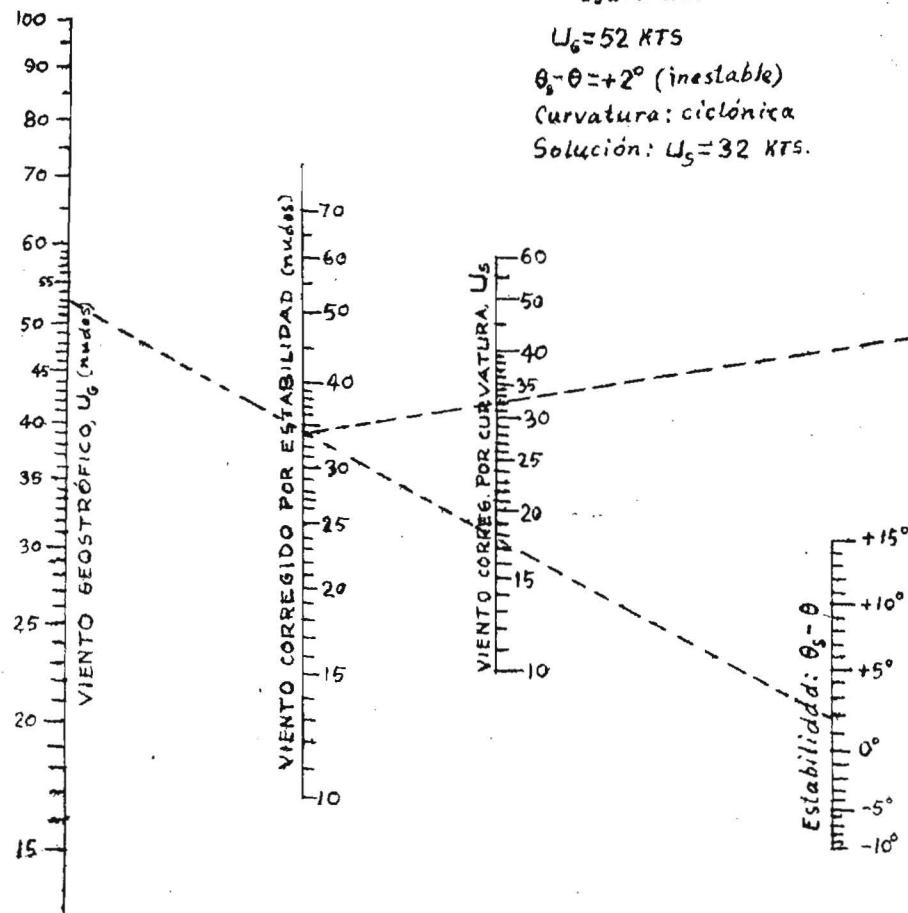
EJEMPLO.

$$U_6 = 52 \text{ KTS}$$

$\theta_s - \theta = +2^\circ$ (inestable)

Curvatura: ciclónica

Solución: $U_S = 32 \text{ KTS}$.



$\theta_s - \theta > 0$ Inestable

$\theta_s - \theta = 0$ Indiferente

$\theta_s - \theta < 0$ Estable

Curvatura

Anticiclónica

Curvatura

Moderada o nula

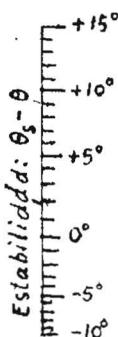
$\theta_s - \theta > 0$ Inestable

$\theta_s - \theta = 0$ Indiferente

$\theta_s - \theta < 0$ Estable

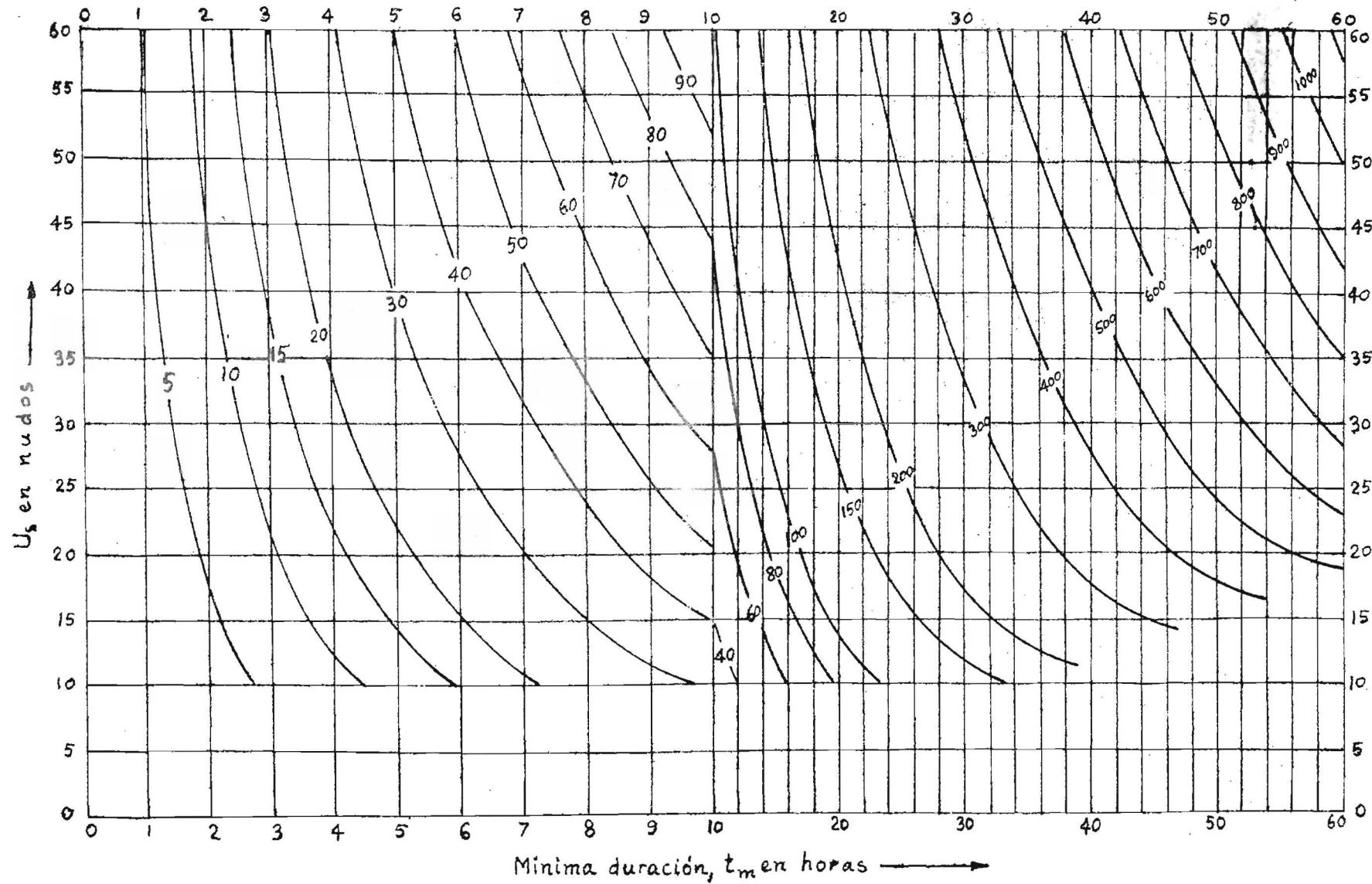
Curvatura

Ciclónica



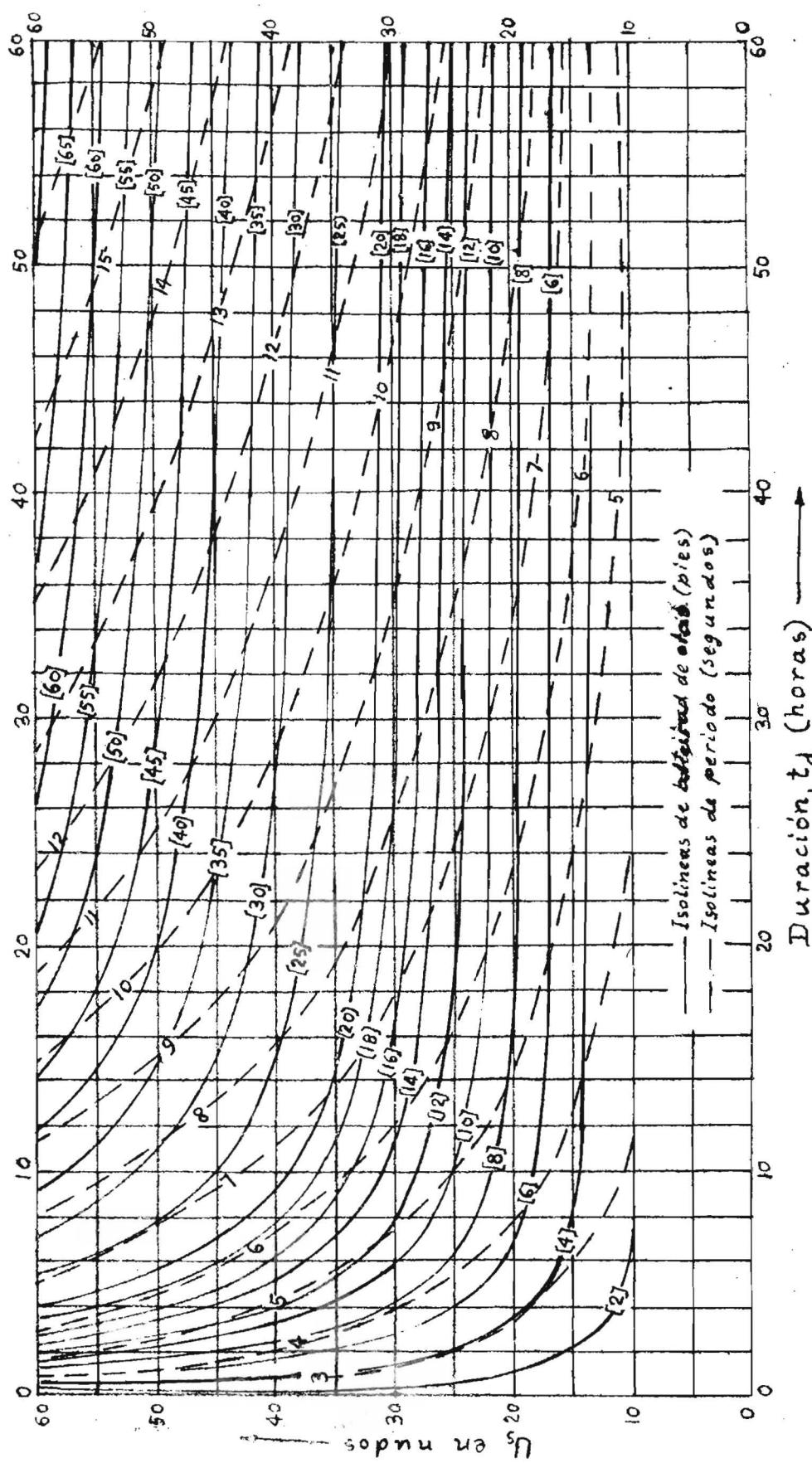
Viento U_s en función del geostrófico U_g , estabilidad y curvatura isobárica

Abaco 1.



— Isolíneas de fetch en millas náuticas.

Abaco. 2.



Abaco. 3.

Abaco. 4.

