

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS
DE ENROCAMIENTO**

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

**I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A**

Luis Bringas Murrieta

[1979?]



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

Al Pasante señor LUIS BRINGAS MURRIETA,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Roberto Bustamante Ahumada, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS DE ENROCAMIENTO"

- I. Descripción general de sistemas de diseño de rompeolas.
- II. Principios básicos para la construcción de rompeolas.
- III. Diferentes tipos de coraza.
- IV. Fenómenos secundarios originados por la construcción de rompeolas.
- V. Sistemas de control en la construcción de rompeolas.
- VI. Principios básicos para el estudio de costos en la construcción de rompeolas de enrocamiento.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 11 de enero de 1979
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

CAPITULO I

I DESCRIPCION GENERAL DE SISTEMAS DE DISEÑO DE ROMPEOLAS.

Fue a principios de los años treinta de este siglo, -- cuando los estudiosos de las estructuras marítimas se -- empezaron a preocupar por el diseño de los mismos. El -- diseño de las estructuras de enrocamiento está basado -- principalmente, en la experiencia y los conocimientos -- adquiridos a través de las obras realizadas de lugares -- específicos, bajo condiciones especiales. Se han reali -- zado esfuerzos para lograr un sistema de organización -- en el diseño de este tipo de estructuras, observando -- analizando fallas y buscando determinar las constantes -- por aplicar a diferentes parámetros, tratando de dar -- una solución a estas fallas.

Las fórmulas para el diseño de estructuras de enrocamien -- to, están expresadas generalmente en función del peso -- de la piedra requerido para soportar las características -- de la ola de diseño, sin embargo, en la actualidad di -- chas fórmulas solamente nos sirven de guía ya que no pue

den ser empleadas indistintamente, debido a que no han tenido éxito algunos experimentos realizados para determinar por medio de un análisis teórico, las características de estabilidad de estas estructuras, en caso de encontrarse bajo la acción de olas de tormenta. Mas sin embargo, se han desarrollado métodos empíricos los cuales, si se emplean con la debida precaución, pueden obtenerse resultados satisfactorios.

ROMPEOLAS LIGADOS A LA COSTA.

DEFINICION.-

Un rompeolas es una estructura que protege contra las olas a un área costera, puerto, bahía o a un atracadero.

Los rompeolas para propósitos de navegación se construyen para crear la calma suficiente en el área de un puerto, y por lo tanto proporcionan protección para lograr seguridad de atraque, operación y manejo de los barcos.

LOCALIZACION.-

Los rompeolas ligados a la costa proporcionan a las embarcacio

3

nes protección portuaria. El factor más importante para localizar un rompeolas es el determinar el lugar óptimo en el cual se formará un área portuaria con un mínimo de agitación durante la mayor parte del año. Esta determinación se lleva a cabo por medio de los análisis de refracción y difracción. Otros factores importantes relacionados con la localización son, la dirección del transporte litoral y la magnitud del acarreo litoral, el área portuaria que se logrará por medio de la localización del rompeolas, y las características y profundidad del material del fondo en el puerto propuesto.

ROMPEOLAS PARALELOS A LA COSTA.

Un rompeolas paralelo a la costa es una estructura diseñada para proteger un área de la acción del oleaje. Puede servir como ayuda a la navegación, como estructura de protección costera, o también con objetivos combinados.

LOCALIZACION.-

Los rompeolas paralelos a la costa se localizan de tal forma

que, proporcionen abrigo a un acceso portuario, originen un depósito litoral, provean una zona de relativa calma en la -- cual hasta embarcaciones pequeñas puedan encontrar refugio o pueda operar una tubería para bombear arena a las playas acarreo abajo. Los rompeolas paralelos a la costa también se han empleado frente a malecones masivos para proporcionar una primera línea de defensa.

CALCULO DE ROMPEOLAS DE ENROCAMIENTO.

A continuación revisaremos las numerosas fórmulas propuestas - en todo el mundo para el cálculo de rompeolas de enrocamiento. Estas fórmulas son de dos tipos: las del primer tipo (Mathews - 7,10,15 y 16 de la tabla anexa), simultáneamente toman en --- cuenta la altura y período (o longitud) de las olas como base para el diseño. El segundo tipo (las otras fórmulas de la tabla anexa) solamente toman en cuenta la altura de las olas. Las del primer tipo son los que mejor interpretan los hechos tal y como son, aunque no con la precisión requerida o deseada.

Por otra parte, las fórmulas expuestas sólo son válidas en el caso de oleajes que se mueven perpendiculares a la dirección de los rompeolas. Se considera que es necesario hacer pruebas en modelos hidráulicos, en todos los otros casos.

Es posible poner cada una de las fórmulas conocidas hoy en día, en forma no dimensional, tal como:

$$W \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 = f(\alpha)$$

La seguridad de los rompeolas de enrocamiento dependen de lo siguiente:

- La irregularidad de los trenes de oleaje distante y períodos de olas.
- Duración de la tormenta
- Rebase sobre las estructuras debido al oleaje distante.
- Tipo de rompimiento del oleaje.
- Selección de la escala para modelos o escala reducida.

LISTA DE SIMBOLOS EMPLEADOS.SIMBOLO

H	Altura de ola	m.
$H_z^{1/3}$ o		
Hs	Promedio del más alto tercio de la altura de la ola en un tiempo determinado	m.
K, K_1, K_D	Coefficientes de las fórmulas usadas para el diseño de rompeolas	
Ks	Coefficiente de seguridad	
L	Longitud de la ola	m.
T	Período de la ola	seg
W	Peso individual de blocks de coraza naturales o artificiales	ton.
d	Profundidad del agua al pié de la estructura	m.
z	Profundidad de una porción del rompeolas, cuyas características se han de determinar	m.
α	Angulo de inclinación del rompeolas -- desde la horizontal	
μ	Coefficiente de fricción	
ρ_s	Densidad de blocks de coraza naturales o artificiales	3 ton/m
ρ_w	Densidad de agua	3 ton/m

COUNTRY Authors and references	GENERAL FORMULÆ	FIGURE	
		Applied numerical values	f(a) =
Spain:			
Castro (1)	$W = \frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\cotg \alpha - \frac{3}{ps}}} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	ps = 2.65	$\frac{0.704}{(\cotg \alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\cotg \alpha - 0.754}}$
Iribarren* (2) (3) (4)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	K = 0.023 (for d < 0.06 L)	$\frac{0.023}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Iribarren** (5)	$W = \frac{K}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	K = 0.43 $\mu = 2.38$	$\frac{0.43}{(2.38 \cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
United States:			
Mathews (unpublished report)	$W = \frac{0.0149}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot T \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	T = 2.5 H	$\frac{0.03725}{(\cos \alpha - 0.75 \sin \alpha)^2}$
Epstein and Tyrrel (6)	$W = \frac{K}{(\mu - \lg \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$ with K = K(a; μ , d L)	—	—
Hickson and Rodolf (7)	$W = \frac{0.0162}{\lg^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \frac{H^2 \cdot T \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	T = 2.5 H	$\frac{0.0405}{\lg^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)}$
Hudson (8) (9)	$W = \frac{1}{K_D \cdot \cotg \alpha} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	K _D = 3.2 (for 0-1 % damage)	$\frac{1}{3.2 \cotg \alpha}$
		K _D = 15.9 (for 30-60 % damage)	$\frac{1}{15.9 \cotg \alpha}$
France:			
Larras (10)	$W = \frac{K \cdot \left[\frac{2\pi H}{L} \cdot \frac{L}{4\pi Z} \cdot \frac{1}{\sin h} \right]^2}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	K = 0.0152 With Z = $\frac{H}{2}$ and h = 0.1	$\frac{0.0152}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Beaudouin (11)	$W = K \cdot K_s \cdot \frac{1}{(\cotg \alpha - 0.8 - 0.15)} \cdot \frac{H^2 \cdot ps}{\left(\frac{ps}{pw} - 1\right)^2}$	K = 0.10 K _s = 2.5	$0.25 \cdot \frac{1}{(\cotg \alpha - 0.8 - 0.15)}$

COUNTRY Authors and references	GENERAL FORMULÆ	FIGURE	
		Applied numerical values	f(a)
Sweden:			
Hedar* (12)	$W = \frac{K}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 0.015.	$\frac{0.015}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Hedar** (13)	$W = \frac{K_1 \cdot K_2^2}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^2} \cdot \frac{H^2 \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$ with: $K_1 = K_2$ (α : permeability core) and $\alpha > 15^\circ$	K = 0.1113 · 10 ³ $\mu = 1.11$ Permeable core: $K_1(15^\circ) = 7.44$ $K_1(20^\circ) = 7.48$ $K_1(25^\circ) = 6.36$ $K_1(30^\circ) = 5.30$ $K_1(35^\circ) = 4.20$ $K_1(40^\circ) = 3.00^*$ $K_1(45^\circ) = 1.40^*$ *extrapolation	$\frac{0.1113 \cdot 10^3 \cdot K_2^2}{(1.11 \cos \alpha - \sin \alpha)^2}$
Norway:			
Svee (14)	$W = \frac{K}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{H^2 \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 0.12	$\frac{0.12}{\cos^2 \alpha}$
Soviet-Union:			
SN-92-60 (15)	$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 0.025 L = 20 H	$\frac{0.5}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$
Ryntchevsky (16)	$W = \frac{K}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot p_s}{\sqrt{\cot^2 \alpha} \cdot \left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 0.015 L = 20 H	$\frac{0.3}{\cos^2 \alpha \cdot \sqrt{\cot^2 \alpha}}$
Metelitsyna (17)	$W = \frac{K \cdot K_s}{\cos^2 (23^\circ - \alpha)} \cdot \frac{H^2 \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 0.025 K _s = 1.5	$\frac{0.0375}{\cos^2 (23^\circ - \alpha)}$
Goldstein and Kononenko (18)	$W = 0.3 \cdot K \cdot \lg^{1.83} \alpha \cdot \frac{H^2 \cdot p_s}{\left(\frac{p_s}{p_w} - 1\right)^2}$	K = 1.4 (for H = 5 m)	$0.42 \lg^{1.83} \alpha$

ALTURA MAXIMA DEL DESLIZAMIENTO HACIA
ARRIBA DE LA OLA A LO LARGO DEL RECU-
BRIMIENTO DE UN ROMPEOLAS DE ENROCA-
MIENTO.

- 1.- La altura de un deslizamiento vertical de las olas - sobre una estructura dada determina la altura a la - que ésta última debe ser construida con el fin de - evitar ser sobrepasada por esta ola. Esta altura del deslizamiento depende de las características de la es tructura (forma, aspereza), la profundidad del agua enfrente de la estructura y de las características de la ola.
- 2.- Un gran número de pequeñas pruebas de modelos a esca- la han sido hechos con el fin de determinar la rela- ción entre la ola de deslizamiento y las característi- cas de la estructura y de las olas, particularmente - sobre planos de pendientes suaves. La mayoría de los resultados de estas pruebas han sido presentados en - forma gráfica (entre otros.
- 3.- El deslizamiento de las olas irregulares sobre un pla- no de pendiente suave puede ser expresado por la si- guiente fórmula:

$$R_{n\%} = C_{n\%} (\xi_s) \sqrt{H_{z1/3} g T^2 \tan \alpha}$$

El deslizamiento de la ola ($R_{n\%}$) es el valor de R (la altura encima del nivel de aguas tranquilas a la cual la ola subirá verticalmente sobre la cara exterior de la estructura) la cual es excedida por $n\%$ del total del deslizamiento que ocurre en un período específico para valores relativamente pequeños de n .

Los valores de C para las pruebas como una función de ξ_s son aproximadamente los siguientes:

$\xi_s = 0.3$	$C_{2\%} = 0.55$
0.4	0.61
0.5	0.67
0.6	0.73

Debe ser enfatizado que la fórmula está basada en la expresión de Hunt's (Ref.3 App3) la cual es solamente válida para rompimiento de ola sobre el talud y debe ser usada con precaución para taludes más pronunciados de 1:4 donde un alto porcentaje de olas en el espectro no va a romper sobre el talud (ref.3, App3).

- 4.- Debido a que el deslizamiento de la ola depende del grado de permeabilidad y aspereza de la coraza del rompeolas, factores de reducción (r) para varios tipos de corazas son dados posteriormente. Estos factores dependen de los parámetros fuera de la costa ----
- $$\xi = (\tan \alpha) / \sqrt{H / L_0},$$
- los valores para (r) dados posteriormente son conservadores $\xi < 2$ pero pueden exceder estos valores para $\xi > 2$.

<u>FUENTE</u>	<u>C O R A Z A</u>	<u>r</u>
	Liso-Impermeable	1
Shankin	Losa de concreto	0.9
Delft Hydraulics	Piedra basáltica	
Laboratory	Block de concreto	0.85 a 0.9
Franzius	Hierba sobre arcilla	0.85 a 0.9
C.E.R.C.	Una capa de enrocamiento	0.8
Shankin	Recubrimiento especial de piedra de cantera	0.75 a 0.8
Shankin	Piedra bruta colocada al azar	0.6 a 0.65
Delft Hydraulics	Piedra de cantera	
Laboratoy	colocada al azar	0.5 a 0.60
Hydraulics Research Station Wallingford	Piedra de cantera Colocada al azar	0.5 a 0.55

<u>FUENTE</u>	<u>CORAZA</u>	<u>r</u>
Shankin	Piedra de cantera colocada al azar	0.5 a 0.55
C.E.R.C.	Dos o más capas de enrocamiento	0.5
Starosolsky	Tetrápodos	0.5

SELECCION DE ALTURAS DE LA OLA
DE DISEÑO PARA ESTRUCTURAS COSTERAS.

La ola de diseño para estructuras costeras es frecuentemente la más grande ola rompiente que la estructura puede experimentar. En aguas profundas, la altura de ola está limitada por la relación:

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} \quad (1)$$

La cual puede ser relacionada al período de la ola por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{H}{gT^2} = 0.0273 \quad (2)$$

En aguas poco profundas, la altura de la ola, está limitada -- por la profundidad del agua en el punto donde se inicia el -- rompimiento, teóricamente se puede expresar de la siguiente -- forma:

$$\frac{H_b}{Z_b} = 0.78 \quad (3)$$

Lo cual generalmente está de acuerdo con las observaciones -- efectuadas. Sin embargo, suelen ocurrir variaciones signifi-- cativas con respecto a este valor general dependiendo de la -- pendiente del fondo de la playa, al pié de la estructura, las -- alturas de ola entrantes y períodos de ola; aún más en la na-- turaleza se trata con olas irregulares y con olas simplifica-- das tales como olas aisladas (ver fig. 1, 2 y 3)

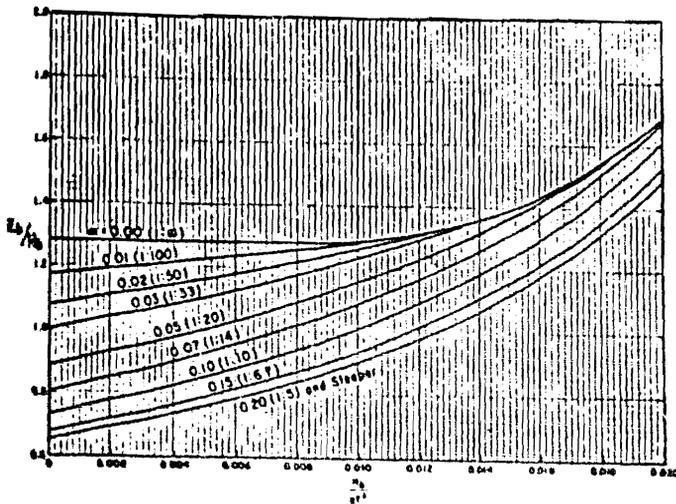


Fig. 1

Z_b/H_b V.S. $H_b/g T^2$ para varias pendientes de playa.

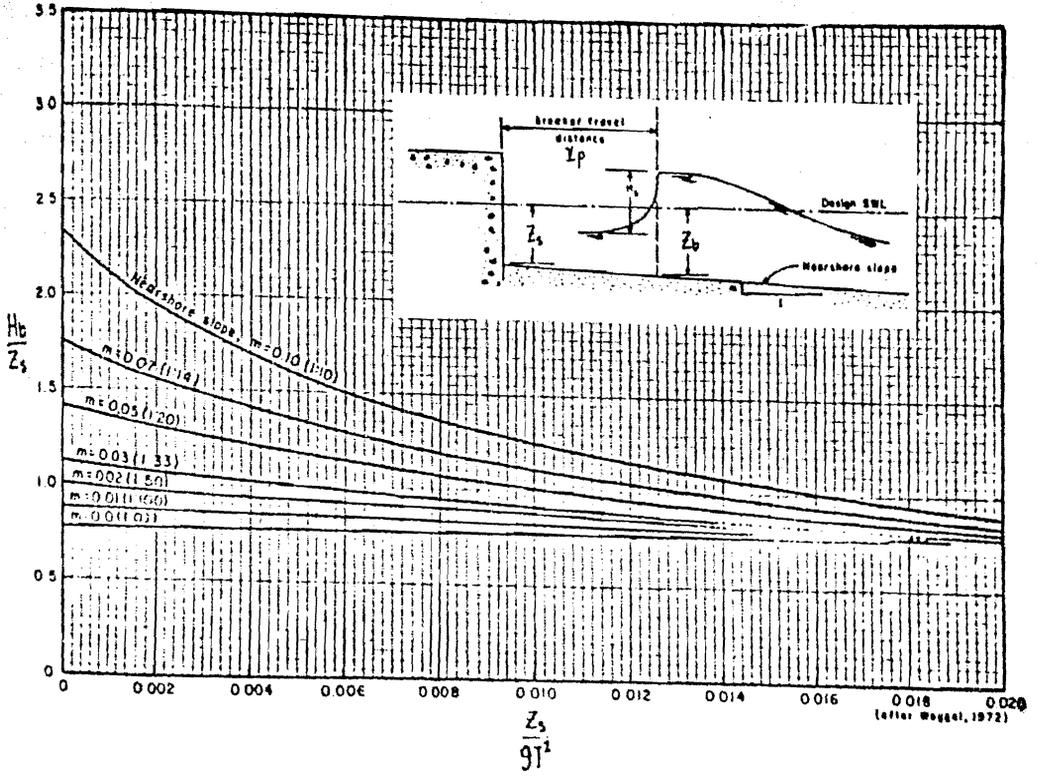


Fig. 2.

H_b/Z_s V.S. Z_s/gT^2 para varias pendientes

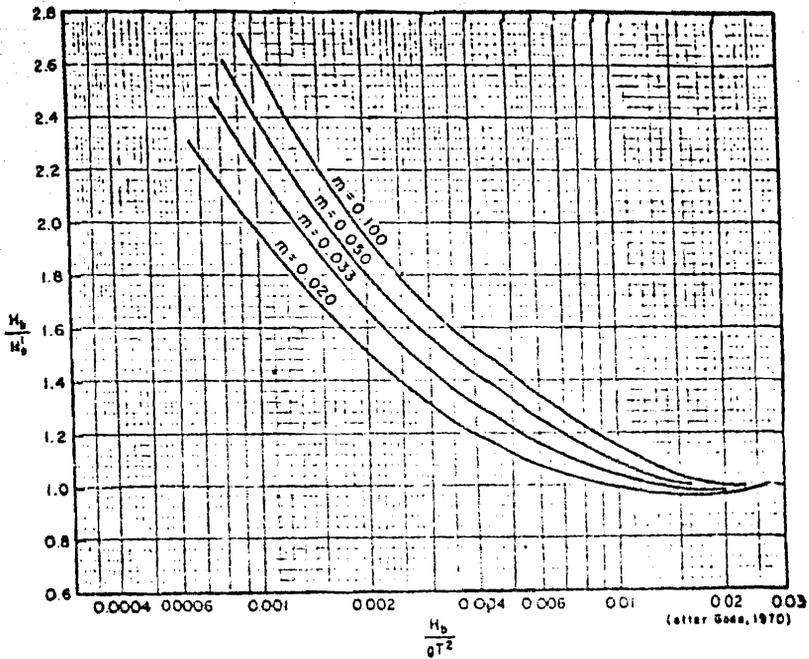


Fig. 3

Rompiente de alto índice, H_b/H'_0 ,
 v.s. H_b/gT^2 para varias pendientes

Los datos empíricos del laboratorio sugieren que, en aguas poco profundas la altura máxima de ola también depende de la pendiente de la playa local, con olas rompientes más grandes donde la pendiente sea pronunciada. Este efecto de la pendiente de la playa sobre la relación z_b/H_b como se muestra en la fig. 1

Los valores H_b obtenidos de la fig. 1 serán valores máximos de una curva que representa una envolvente de los datos experimentales en los que están basados, pueden ocurrir valores hasta - 15% más abajo de los valores obtenidos de la fig.

La fig. 1 fué derivada de datos de laboratorio en donde las medidas de la rompiente se tomaron antes de completar el desarrollo del rompimiento, o sea en el punto de rompimiento incipiente; por lo tanto las estructuras localizadas a alguna distancia tierra adentro del punto de rompimiento en aguas poco profundas, podrán estar sujetas a olas rompientes. En consecuencia, es una ola que rompe en la parte más honda del agua a alguna distancia enfrente de la estructura.

Hedar recomienda que la altura de la ola rompiente sea evaluada a una distancia de la mitad de la longitud de la ola en ---

aguas poco profundas enfrente de la estructura, otros han recomendado que la altura de la ola de diseño sea la que corresponda a la ola que se presenta a una distancia de 6 a 7 veces la altura de la ola desde el punto inicial de rompiente.

La fig. 2 relaciona la máxima rompiente que puede ocurrir contra la estructura para una profundidad de la estructura (Z_s), con la profundidad relativa de la pendiente de la playa (Z_b). Nótese que en general la profundidad de la estructura Z_s es menor que la profundidad Z_b , a la cual se inicia el rompimiento debido a la pendiente del fondo enfrente de la estructura. Nuevamente las curvas de la fig. 2 están basadas en curvas envolventes de datos observados para Z_b/H_b (fig.1).

La máxima altura de rompiente así determinada no toma en cuenta las condiciones ambientales en el sitio específico. Debido al clima las olas reales en un sitio pueden ser tan suaves que eviten la ocurrencia de la máxima rompiente, consecuentemente es necesario determinar las condiciones de la ola en aguas profundas que puedan resultar en la máxima rompiente.

Subsecuentemente la comparación de los cálculos de las alturas de ola en aguas profundas, con las olas reales producidas por -

el clima en aguas profundas, permitirán la determinación de una frecuencia de retorno para la altura máxima de la rompiente en la fig.3. Se presenta el índice de altura en rompiente H_b/H_o , como una función de la inclinación de la rompiente, H_b/gT^2 . Las curvas mostradas son aquellas determinadas por Goda en una revaluación de los estudios de laboratorio. También, la misma relación se presenta en la fig. 4, junto con las curvas de la fig. 1. Estas muestran la variación en valores que pueden ser calculados por métodos diferentes. El rango de valores asociados en estas curvas es probablemente de $\pm 15\%$ del valor indicado de H_b/H_o .

La información de la fig. 1 a través de la fig. 3, fué obtenida, en su mayor parte, durante experimento de laboratorio sobre playas sin obstrucciones. Los efectos de las estructuras en la modificación del movimiento del fluido en sus cercanías no ha sido considerado y permanece como un tema de investigación; JACKSON ha conducido algunas pruebas de acción de olas modificadas por estructuras de enrocamiento. Los resultados de sus pruebas son presentadas en la fig. 5

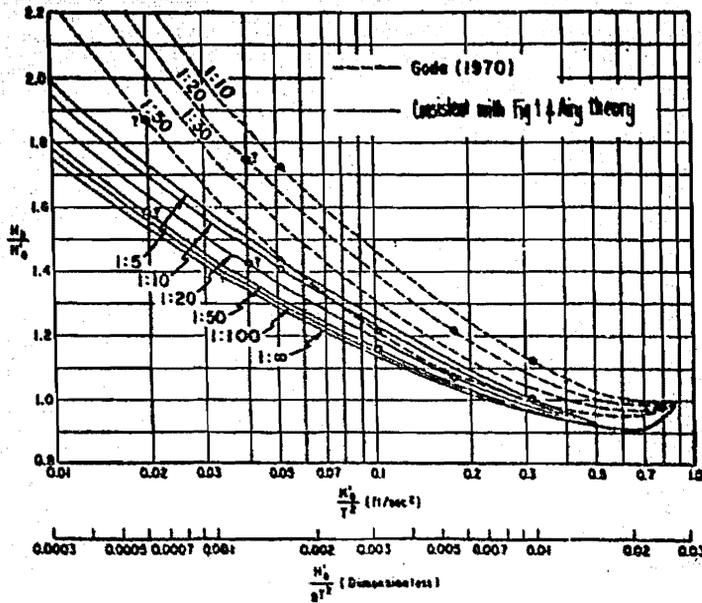


FIG. 4.

H_b/H_0 V. S. H_0/gT^2 para varias pendientes .

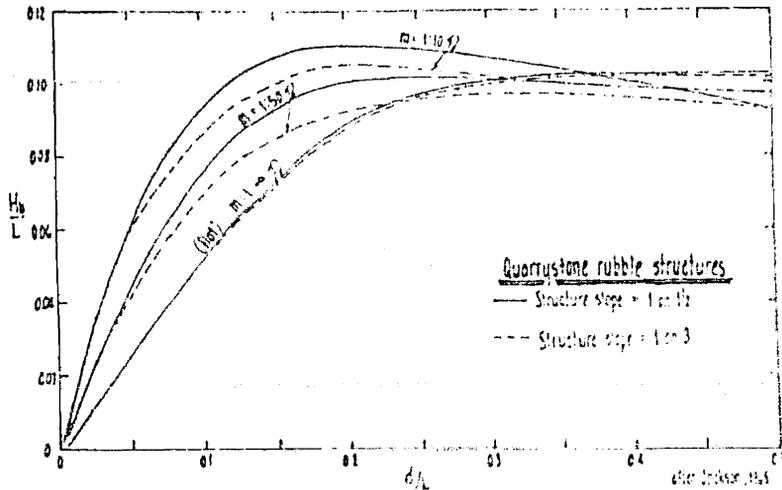


FIG. 5

H_b/L V. S. d/L JACKSON'S resultados para ruptura de estructuras de enrocamiento

a) DISCUSION DE DIVERSAS FORMULAS PARA DISEÑO
DE ROMPEOLAS.

A continuación realizaremos dicho análisis por medio de un problema de diseño. Para este ejemplo se supone lo siguiente:

Se quiere construir un rompeolas de enrocamiento en una zona litoral donde la densidad del agua vale ---- 1025 Kg/m^3 , la profundidad de agua es de 10.0 m. abajo del nivel de bajamar media y se tiene una amplitud de marea de 1.50 m.

La ola significativa en aguas profundas es de 4.5 m. - y la piedra tiene una densidad de 2650.0 Kg/m^3 .

PRIMER CASO:

Para el primer caso; haremos variar el ángulo de inclinación del rompeolas (α) comprendido de 15° a 40° ; y haciendo constantes las densidades y la altura de la ola.

CASTRO:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ ton/ m}^3 .$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ ton/ m}^3 .$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{(0.704) H^3 \rho_s}{(\cot \alpha + 1)^2 \sqrt{\cot \alpha} \frac{2}{\rho_s} (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.704) (4.5)^3 (2.65)}{(3.73+1)^2 \sqrt{3.73-0.754} (2.65/1.025-1)^3}$$

$$W = 1.11 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{170.0}{77.89}$$

$$W = 2.18 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{170.0}{46.0}$$

$$W = 3.69 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{170.00}{29.33}$$

$$W = 5.79 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{170.00}{19.22}$$

$$W = 8.84 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{170.0}{12.60}$$

$$W = 13.49 \text{ Ton}$$

TRIBAREN:DATOS

$$\begin{aligned} \rho_s &= 2.65 \text{ ton/m}^3 \\ \rho_w &= 1.025 \text{ ton/m}^3 \\ H &= 4.5 \text{ m.} \\ K &= 0.023 \\ &(\text{ para } d \leq 0.06 L) \end{aligned}$$

$$d = 10 + 1.5 = 11.5 \text{ m.}$$

$$\text{Suponiendo } L = 100.0 \text{ m}$$

$$0.06 L = 0.06 (100) = 6.0 \text{ m} \therefore \text{ No cumple con la condi-} \\ \text{ción } d \leq 0.06 L$$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3}$$

$$\text{ya que } 11.5 \text{ m} > 6.0 \text{ m}$$

NOTA:

La fórmula anterior no se puede aplicar, para el caso específico de nuestro ejemplo. Pero para fines de comparación será utilizada

$$\text{Para } \alpha = 15^\circ$$

$$W = \frac{(0.023) (4.5)^3 (2.65)}{(0.965 - 0.258)^3 (2.65 / 1.025 - 1)^3} = \frac{5.55}{1.406}$$

$$W = 3.94 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{5.55}{0.846} =$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{5.55}{0.451} =$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{5.55}{0.196} =$$

$$W = 6.56 \text{ Ton}$$

$$W = 12.30 \text{ Ton}$$

$$W = 28.31 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{5.55}{0.059} =$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{5.55}{0.007} =$$

$$W = 94.06 \text{ Ton}$$

$$W = 792.85 \text{ Ton}$$

IRIBARREN:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.43$$

$$\mu = 2.38$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\mu \cos \alpha - \text{Sen} \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.43) (4.5)^3 (2.65)}{[(2.38) (0.965) - (0.258)]^3 (2.65/1.025 - 1)^3} =$$

W = 3.08 Ton.

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{103.83}{26.98} =$$

W = 3.84 Ton.

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{103.83}{20.73} =$$

W = 5.0 Ton.

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{103.83}{15.12} =$$

W = 6.86 Ton.

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{103.83}{10.34} =$$

W = 10.04 Ton.

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{103.83}{6.52} =$$

W = 15.92 Ton.

MATHEWS:

DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$T = 2.5 \text{ H}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{0.0149 H^2 T s}{(\cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha)^2 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.03725) (4.5)^3 (2.65)}{(0.965 - 0.194)^2 (2.65 / 1.025 - 1)^3}$$

W = 3.81 Ton.

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{9}{1.85} =$$

W = 4.86 Ton.

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{9}{1.38} =$$

W = 6.52 Ton.

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{9}{0.96} =$$

W = 9.37 Ton.

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{9}{0.60} =$$

W = 15.0 Ton.

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{9}{0.32} =$$

W = 28.12 Ton.

HICKSON AND RODOLF:

DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$T = 2.5 \text{ H}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{0.0162 H^2 T s}{\tan^3 (45^\circ - \alpha/2) (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.0405) (4.5)^2 (2.65)}{\tan^3 (45^\circ - 15/2) (2.65 / 1.025 - 1)^3}$$

$$W = 5.55 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 20^\circ}$$

$$W = \frac{9.77}{1.36} =$$

$$W = 7.18 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 25^\circ}$$

$$W = \frac{9.77}{1} =$$

$$W = 9.77 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 30^\circ}$$

$$W = \frac{9.77}{0.764} =$$

$$W = 12.78 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 35^\circ}$$

$$W = \frac{9.77}{0.54} =$$

$$W = 18.09 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 40^\circ}$$

$$W = \frac{9.77}{0.40} =$$

$$W = 24.42 \text{ Ton}$$

HUDSON:
=====

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$K = 15.9 \text{ para } 30\text{-}60\% \text{ de da\~{n}o}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 15^\circ}$$

$$W = \frac{1 H^3 \rho_s}{K_D \cot \alpha (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(4.5)^3 (2.65)}{(15.9)(3.73)(2.65/1.025-1)^3} =$$

$$W = 1.02 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 20^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{173.39} =$$

$$W = 1.39 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 35^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{89.86} =$$

$$W = 2.68 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 25^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{135.42} =$$

$$W = 1.78 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 40^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{75.41} =$$

$$W = 3.2 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{para } \alpha = 30^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{109.47} =$$

$$W = 2.20 \text{ Ton.}$$

Ahora consideraremos $K_D = 3.2$ para 0-1% de daño

$$\underline{\text{Para } \alpha = 15^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{47.50} =$$

$$W = 5.08 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 20^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{34.89} =$$

$$W = 6.92 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 25^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{27.25} =$$

$$W = 8.86 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 30^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{22.03} =$$

$$W = 10.96 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 35^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{18.18} =$$

$$W = 13.28 \text{ Ton}$$

$$\underline{\text{Para } \alpha = 40^\circ}$$

$$W = \frac{241.48}{15.15} =$$

$$W = 15.93 \text{ Ton.}$$

LARRAS:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.0152$$

$$L = 100.0 \text{ m.}$$

$$\text{Con } Z = \frac{H}{2} = \frac{4.5}{2} =$$

$$Z = 2.25 \text{ m y } \frac{H}{L} \ll 0.10$$

$$\frac{4.5}{100} = 0.045 < 0.10 \therefore \text{ se cumple}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K \left[\frac{2\pi H/L}{\sinh(4\pi Z/L)} \right]^3 H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$0.0152 \frac{\left[\frac{(2)(3.14)(4.5)/100}{e^{0.2826}} \right]^3 (4.5)^3 (2.65)}{(0.965 - 0.258)^3 (2.65/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{(0.0146)(91.12)(2.65)}{(0.353)(3.984)} =$$

$$W = 2.5 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{3.525}{0.846} =$$

$$W = 4.16 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{3.525}{0.451} =$$

$$W = 7.81 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{3.525}{0.196} =$$

$$W = 17.98 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{3.525}{0.059} =$$

$$W = 59.74 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{3.525}{0.007} =$$

$$W = 503.57 \text{ Ton.}$$

BEAUDEVIN:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.10$$

$$K_s = 2.5$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = K K_s \left(\frac{1}{\cot \alpha - 0.8} - 0.15 \right) \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$= 0.25 \left(\frac{1}{3.73 - 0.8} - 0.15 \right) \frac{(4.5)^3 (2.65)}{(2.65/1.025 - 1)^3}$$

$$W = 2.88 \text{ Ton}$$

$$\text{Para } \alpha = 20^\circ$$

$$W = (0.091) (60.66) =$$

$$W = 5.53 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \alpha = 25^\circ$$

$$W = (0.149) (60.66) =$$

$$W = 9.03 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \alpha = 30^\circ$$

$$W = (0.231) (60.66) =$$

$$W = 14.02 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \alpha = 35^\circ$$

$$W = (0.360) (60.66) =$$

$$W = 21.86 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \alpha = 40^\circ$$

$$W = (0.603) (60.66) =$$

$$W = 36.60 \text{ Ton.}$$

HEDAR:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.015$$

$$\text{Para } \alpha = 15^\circ$$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.015) (4.5)^3 (2.65)}{(0.965 - 0.258)^3 (2.65 / 1.025 - 1)^3} =$$

$$W = 2.57 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{3.622}{0.846} =$$

$$W = 4.28 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{3.622}{0.451} =$$

$$W = 8.03 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{3.622}{0.196} =$$

$$W = 18.47 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{3.622}{0.059} =$$

$$W = 61.38 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{3.622}{0.059} =$$

$$W = 517.42 \text{ Ton.}$$

HEDAR:

DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$K = 0.1113 \times 10^{-3}$$

$$\mu = 1.11$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$K_1 = 7.44$$

$$W = \frac{K K_1^3 H^3 e_s}{(\mu \cos \alpha - \text{sen} \alpha)^3 (e_s / e_w - 1)^3} = \frac{(0.1113 \times 10^{-3}) (7.44)^3 (4.5)^3 (2.65)}{[(1.11) (0.965) - (0.258)]^3 (2.65 / 1.025 - 1)^3} =$$

$$W = 5.17 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$K_1 = 7.48$$

$$W = \frac{11.215}{1.365} =$$

$$W = 8.21 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$K_1 = 6.36$$

$$W = \frac{6.894}{0.791} =$$

$$W = 8.71 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$K_1 = 5.30$$

$$W = \frac{3.870}{0.393} =$$

$$W = 9.84 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$K_1 = 4.20$$

$$W = \frac{1.926}{0.151} =$$

$$W = 12.75 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$K_1 = 3.0$$

$$W = \frac{0.702}{0.035} =$$

$$W = 20.05 \text{ Ton.}$$

SUE:

DATOS

$$e_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$e_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.12$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{\cos^3 \alpha (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.12) (4.5)^3 (2.65)}{(0.965)^3 (2.65 / 1.025 - 1)^3} = \frac{28.977}{3.574} =$$

$$W = 8.107 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{28.977}{3.291} =$$

$$W = 8.80 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{28.977}{2.957} =$$

$$W = 9.79 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{28.977}{2.583} =$$

$$W = 11.21 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{28.977}{2.185} =$$

$$W = 13.26 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{28.977}{1.787} =$$

$$W = 16.21 \text{ Ton}$$

SN-92-60:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.025$$

$$L = 20 H = 20 \times 4.5 =$$

$$L = 90.0 \text{ m.}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K H^2 L \rho_s}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha} (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.025)(4.5)^2 (90)(2.65)}{\sqrt{1 + 51.89} (2.65/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = 4.17 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{120.74}{18.467} =$$

$$W = 6.53 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{120.74}{13.054} =$$

$$W = 9.25 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{120.74}{9.87} =$$

$$W = 12.23 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{120.74}{7.84} =$$

$$W = 15.4 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{120.74}{6.487} =$$

$$W = 18.61 \text{ Ton}$$

RYBTCHEVSKY:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.015$$

$$L = 20 \text{ H} = 20 \times 4.5 =$$

$$L = 90.0 \text{ m.}$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K H^2 L \rho_s}{\cos^3 \alpha \sqrt{\cot^3 \alpha} (\rho_s/\rho_w - 1)^3} = \frac{(0.015)(4.5)^2 (90) (2.65)}{(0.965)^3 \sqrt{(3.73)^3} (2.65/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = 2.81 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{72.44}{17.71} =$$

$$W = 4.09 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{72.44}{9.25} =$$

$$W = 7.83 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{72.44}{5.86} =$$

$$W = 12.36 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{72.44}{3.71} =$$

$$W = 19.25 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{72.44}{2.30} =$$

$$W = 31.49 \text{ Ton}$$

METELICYNA:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 0.025$$

$$K_s = 1.5$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = \frac{K \quad K_s \quad H^3 \quad \rho_s}{\cos^3 (23^\circ + \alpha) (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.025)(1.5)(4.5)^3(2.65)}{(0.788)^3(2.65/1.025-1)^3} =$$

$$W = 4.65 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{9.055}{1.552} =$$

$$W = 5.83 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{9.055}{1.19} =$$

$$W = 7.61 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{9.055}{0.863} =$$

$$W = 10.49 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{9.055}{0.589} =$$

$$W = 15.37 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{9.055}{0.366} =$$

$$W = 24.74 \text{ Ton}$$

GOLDSCHTEIN ANDKONONENKO:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$K = 1.40$$

Para $\alpha = 15^\circ$

$$W = 0.3 K Tg^{1.83} \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s/\rho_w - 1)^3} = (0.3) (1.40) (0.267)^{1.83} \frac{(4.5)^3 (2.65)}{(2.65/1.025 - 1)}$$

$$W = 2.26 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 20^\circ$

$$W = \frac{15.92}{3.98} =$$

$$W = 4.0 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 25^\circ$

$$W = \frac{25.04}{3.98} =$$

$$W = 6.29 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 30^\circ$

$$W = \frac{37.01}{3.98} =$$

$$W = 9.29 \text{ Ton}$$

Para $\alpha = 35^\circ$

$$W = \frac{52.73}{3.98} =$$

$$W = 13.24 \text{ Ton.}$$

Para $\alpha = 40^\circ$

$$W = \frac{73.52}{3.98} =$$

$$W = 18.47 \text{ Ton.}$$

AUTOR	α/W	15°	20°	25°	30°	35°	40°
CASTRO		1.11	2.18	3.69	5.79	8.84	13.49
IRIBARRIEN		3.94	6.56	12.30	28.31	94.06	792.85
IRIBARREN		3.08	3.84	5.0	6.86	10.04	15.92
MATHEWS		3.81	4.86	6.52	9.37	15.0	28.12
HICKSON/RODOLF		5.55	7.18	9.77	12.78	18.09	24.42
HUDSON	$K_D=15.9$	1.02	1.39	1.78	2.20	2.68	3.20
HUDSON	$K_D=3.2$	5.08	6.92	8.86	10.96	13.28	15.93
LARRAS		2.50	4.16	7.81	17.98	59.74	503.57
BEAUDEVIN		2.88	5.53	9.03	14.02	21.86	36.60
HEDAR		2.57	4.28	8.03	18.47	61.38	517.42
HEDAR		5.17	8.21	8.71	9.84	12.75	20.05
SVEE		8.10	8.80	9.79	11.21	13.26	16.21
SN-92-60		4.17	6.53	9.25	12.23	15.40	18.61
RYBTCHEVSKY		2.81	4.09	7.83	12.36	19.52	31.49
METELICYNA		4.65	5.83	7.61	10.49	15.37	24.74
GOLDSCHTEIN KONONENKO		2.26	4.0	6.29	9.29	13.24	18.47

TABLA 1

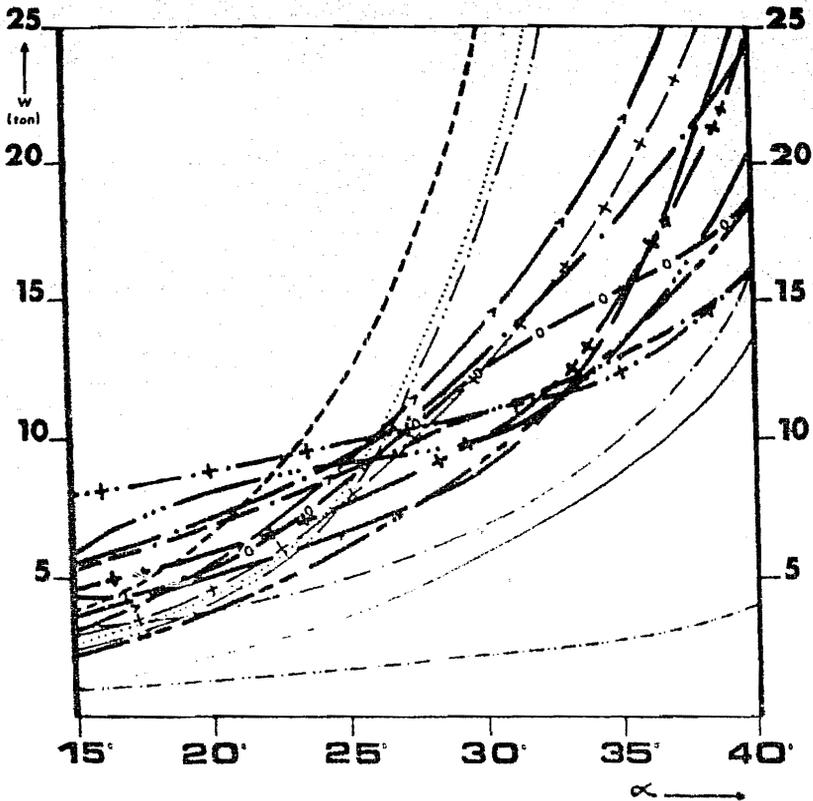


Fig. 6 Angulo de inclinación del ronc puros (α), -
 contra peso del material de enrocamiento,
 con $P=H$ etc.

—————	Castro	—————	band. van
-----	Iribarren	Hedtr
-----	Iribarren	-----	Hedtr
-----	Mathews	-----	Svee
-----	Hickson Rodolf	-----	S. S. 02-100
-----	Huesoy	-----	Belichev-1
-----	Endon	-----	Metcheva
-----	LERRAS	-----	Goldschmid-Kotobanko

SEGUNDO CASO:

Ahora hacemos varias la altura de la ola (H), comprendida - de 1 a 7 metros y haciendo permanecer constantes las densidades y el ángulo de inclinación (α) del rompeolas.

CASTRO:

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\alpha = 27^\circ$$

Para H = 1 m

$$W = \frac{0.704 H^3 \rho_s}{(\cot \alpha + 1)^2 \sqrt{\cot \alpha - 2/\rho_s} (\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{0.704 (1)^3 (2.65)}{(1.96+1)^2 \sqrt{1.96-0.754} (2.65/1.025-1)^3} =$$

$$W = \frac{1.865}{38.294} =$$

$$W = 0.048 \text{ Ton}$$

Para H = 2 m

$$W = \frac{14.924}{38.294} =$$

Para H = 3 m

$$W = \frac{50.371}{38.294} =$$

Para H = 4 m

$$W = \frac{119.398}{38.294} =$$

$$W = 0.389 \text{ Ton}$$

Para H= 5 m

$$W = \frac{233.2}{38.294} =$$

$$W = 6.08 \text{ Ton.}$$

$$W = 1.31 \text{ Ton.}$$

Para H= 6 m

$$W = \frac{402.969}{38.294} =$$

$$W = 10.52 \text{ Ton}$$

$$W = 3.11 \text{ Ton}$$

Para H = 7 m.

$$W = \frac{639.90}{38.294} =$$

$$W = 16.71 \text{ Ton}$$

IRIBARREN:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.023$$

(para $d \leq 0.06 L$)

$$d = 10 + 1.5 = 11.5 \text{ m.}$$

Suponiendo $L = 100.0 \text{ m.}$

$0.06L = 0.06 (100.0) = 6.0 \text{ m.}$ \therefore No cumple con la condición $d \leq 0.06 L$ ya que $11.5 \text{ m} > 6.0 \text{ m.}$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3}$$

NOTA:

Al igual que el primer caso, no es aplicable la fórmula, solo la utilizaremos para fines de comparación

Para H = 1 m

$$W = \frac{(0.023) (1)^3 (2.65)}{(0.891-0.453)^3 (2.65/1.025-1)^3} = \frac{0.060}{0.334} =$$

$$W = 0.179 \text{ Ton}$$

Para H = 2 m

$$W = \frac{0.487}{0.334} =$$

$$W = 1.45 \text{ Ton.}$$

Para H=3 m

$$W = \frac{1.645}{0.334} =$$

$$W = 4.92 \text{ Ton.}$$

Para H= 4 m.

$$W = \frac{3.90}{0.334} =$$

$$W = 11.67 \text{ Ton.}$$

Para H=5 m

$$W = \frac{7.618}{0.334} =$$

$$W = 22.80 \text{ Ton}$$

Para H= 6 m.

$$W = \frac{13.165}{0.334} =$$

$$W = 39.41 \text{ Ton}$$

para H = 7 m.

$$W = \frac{20.905}{0.334} =$$

$$W = 62.58 \text{ Ton}$$

IRIBARREN:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.43$$

$$\mu = 2.38$$

Para H= 1 m

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\mu \cos \alpha - \text{sen} \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{0.43 (1)^3 (2.65)}{[(2.38)(0.891) - 0.453]^3 (2.65/1.025 - 1)^3}$$

$$W = \frac{1.139}{18.456}$$

$$W = 0.061 \text{ Ton.}$$

Para H= 2 m,

$$W = \frac{9.116}{18.456} =$$

$$W = 0.493 \text{ Ton}$$

Para H=3 m

$$W = \frac{30.766}{18.456} =$$

$$W = 1.66 \text{ Ton.}$$

Para H=4 m

$$W = \frac{72.928}{18.456} =$$

$$W = 3.95 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.

$$W = \frac{142.437}{18.456} =$$

$$W = 7.71 \text{ Ton}$$

Para H= 6 m.

$$W = \frac{246.132}{18.456} =$$

$$W = 13.33 \text{ Ton}$$

Para H=7 m.

$$W = \frac{390.848}{18.456} =$$

$$W = 21.17 \text{ Ton}$$

MATHEWS:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/M}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$T = 2.5 \text{ H}$$

Para H= 1 m

$$T = 2.5$$

$$W = \frac{0.0149 H^2 T \rho_s}{(\cos \alpha - 0.75 \operatorname{sen} \alpha)^2 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{0.0149 (1)^2 (2.5) (2.65)}{[0.891 - (0.75) (0.453)]^2 (2.65/1.025-1)^3} =$$

$$W = \frac{0.098}{1.209} =$$

$$W = 0.081 \text{ Ton}$$

Para H = 2 m

$$T = 5$$

$$W = \frac{0.789}{1.209} =$$

$$W = 0.652 \text{ Ton.}$$

Para H=3 m.

$$T = 7.5$$

$$W = \frac{2.665}{1.209} =$$

$$W = 2.20 \text{ Ton.}$$

Para H= 4 m.

$$T = 10$$

$$W = \frac{6.317}{1.209} =$$

$$W = 5.22 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.

$$T = 12.5$$

$$W = \frac{12.339}{1.209} =$$

$$W = 10.20 \text{ Ton}$$

Para H=6 m.

$$T = 15$$

$$W = \frac{21.321}{1.209} =$$

$$W = 17.63 \text{ Ton}$$

Para H=7 m.

$$T = 17.5$$

$$W = \frac{33.858}{1.209} =$$

$$W = 28.00 \text{ Ton.}$$

HICKSON AND RODOLF:DATOS

$$\begin{aligned} \rho_s &= 2.65 \text{ Ton/m}^3 \\ \rho_w &= 1.025 \text{ Ton/m}^3 \\ \alpha &= 27^\circ \\ T &= 2.5 \text{ H} \end{aligned}$$

Para $H=1 \text{ m.}$

$$T = 2.5$$

$$W = \frac{0.0162 H^2 T \rho_s}{Tg^3 (45^\circ - \alpha/2) (\rho_s/\rho_w - 1)^3} = \frac{0.0162 (1)^2 (2.5) (2.65)}{Tg^3 (45^\circ - 27^\circ/2) (2.65/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{0.107}{0.894} =$$

$$W = 0.119 \text{ Ton.}$$

Para $H=2 \text{ m.}$

$$T=5$$

$$W = \frac{0.858}{0.894} =$$

$$W = 0.960 \text{ Ton.}$$

Para $H= 3 \text{ m.}$

$$T = 7.5$$

$$W = \frac{2.897}{0.894} =$$

$$W = 3.24 \text{ Ton.}$$

Para $H= 4 \text{ m.}$

$$T = 10$$

$$W = \frac{6.868}{0.894} =$$

$$W = 7.68 \text{ Ton.}$$

Para H=5 m.

$$T = 12.5$$

$$W = \frac{13.415}{0.894} =$$

$$W = 15.00 \text{ Ton.}$$

Para H=6m.

$$T = 15$$

$$W = \frac{23.182}{0.894} =$$

$$W = 25.93 \text{ Ton}$$

Para H=7 m.

$$T = 17.5$$

$$W = \frac{36.812}{0.894} =$$

$$W = 41.17 \text{ Ton.}$$

HUDSON:DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K_D = 15.9 \text{ para } 30\text{-}60\% \text{ de da\~{n}o}$$

Para H=1 m.

$$W = \frac{1 \cdot H^3 \cdot \rho_s}{K_D \cot \alpha (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{1(1)^3 (2.65)}{15.9 (1.96) \left(\frac{2.65}{1.025} - 1\right)^3} =$$

$$W = \frac{2.65}{124.04}$$

$$W = 0.021 \text{ Ton.}$$

Para H= 2 m.

$$W = \frac{21.20}{124.03} =$$

$$W = 0.170 \text{ Ton.}$$

Para H=3 m.

$$W = \frac{71.55}{124.03} =$$

$$W = 0.576 \text{ Ton.}$$

Para H=4 m.

$$W = \frac{169.6}{124.03} =$$

$$W = 1.36 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.

$$W = \frac{331.25}{124.03} =$$

W = 2.67 Ton.

Para H = 6 M.

$$W = \frac{572.4}{124.03} =$$

W = 4.61 Ton.

Para H= 7 m.

$$W = \frac{908.95}{124.03} =$$

W = 7.32 Ton.

Ahora consideraremos $K_D = 3.2$ para 0-1% de daño.

Para H=1 m.

$$W = \frac{2.65}{24.96} =$$

W = 0.106 Ton.

Para H=2 m.

$$W = \frac{21.20}{24.96} =$$

W = 0.849 Ton.

Para H= 3 m.

$$W = \frac{71.55}{24.96} =$$

W = 2.86 Ton.

Para H= 4 m.

$$W = \frac{169.6}{24.96} =$$

W = 6.79 Ton.

Para H= 5 m.

$$W = \frac{331.25}{24.96} =$$

W = 13.27 Ton.

Para H = 6 m.

$$W = \frac{572.4}{24.96} =$$

W = 22.93 Ton.

Para H= 7m.

$$W = \frac{908.95}{24.96} =$$

W = 36.41 Ton.

LARRAS:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.0152$$

$$L = 100.0 \text{ m}$$

$$z = \frac{H}{2} \quad \text{y} \quad \frac{H}{L} < \infty 0.10$$

se cumple para H= 1 a 7 m.

Para H= 1 m.

$$K \left[\frac{2\pi H}{L} \right]^3 \left[\frac{\text{sen } h \frac{4\pi z}{L}}{\cos \alpha - \text{sen } \alpha} \right]^3 H^3 \rho_s = \frac{0.0152 \left[\frac{2 \times 3.14 \times 1}{100} \right]^3 (1)^3 (2.65)}{(0.891 - 0.453)^3 \left(\frac{2.65}{1.025} - 1 \right)^3}$$

$$W = \frac{0.040}{0.334} =$$

$$W = 0.120 \text{ Ton.}$$

Para H=2 m.

$$z=1$$

$$W = \frac{0.319}{0.334} =$$

Para H=3 m.

$$z=1.5$$

$$W = \frac{0.066}{0.334} =$$

Para H= 4 m.

$$z=2$$

$$W = \frac{2.498}{0.334} =$$

$$W = 0.955 \text{ Ton.}$$

$$W = 3.19 \text{ Ton}$$

$$W = 7.47 \text{ Ton.}$$

Para H=5 m.

$$Z = 2.5$$

Para H=6 m.

$$Z=3$$

Para H= 7 m.

$$Z= 3.5$$

$$W = \frac{4.788}{0.334} =$$

$$W = \frac{8.100}{0.334} =$$

$$W = \frac{12.544}{0.334} =$$

$$W = 14.33 \text{ Ton.}$$

$$W = 24.25 \text{ Ton.}$$

$$W = 37.55 \text{ Ton.}$$

BEAUDEVIN:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/M}^3.$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.10$$

$$K = 2.5$$

Para H=1 m.

$$W = K K_s \left(\frac{1}{\cot \alpha - 0.8} - 0.15 \right) \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= 0.25 \left(\frac{1}{1.96 - 0.8} - 0.15 \right) \frac{(1)^3 (2.65)}{(2.65 / 1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{0.471}{3.98} =$$

$$W = 0.118 \text{ Ton.}$$

Para H= 2 m.

$$W = \frac{3.768}{3.98} =$$

W= 0.946 Ton.

Para H= 3 m.

$$W = \frac{12.717}{3.98} =$$

W= 3.19 Ton.

Para H= 4 m.

$$W = \frac{30.144}{3.98} =$$

W = 7.57 Ton.

Para H= 5 m.

$$W = \frac{58.875}{3.98} =$$

W= 14.79 Ton.

Para H= 6 m.

$$W = \frac{101.736}{3.98} =$$

W = 25.56 Ton.

Para H= 7 m.

$$W = \frac{161.553}{3.98} =$$

W= 40.59 Ton.

HEDAR:DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.015$$

Para H= 1 m.

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.015) (1)^3 (2.65)}{(0.891 - 0.453)^3 (2.65 / 1.025 - 1)^3} = \frac{0.039}{0.334} =$$

W = 0.119 Ton.

Para H= 2 m.

$$W = \frac{0.318}{0.334} =$$

W = 0.952 Ton.

Para H= 3 m.

$$W = \frac{1.073}{0.334} =$$

W = 3.21 Ton.

Para H= 4 m.

$$W = \frac{2.544}{0.334} =$$

W = 7.61 Ton.

Para H= 5 m.

$$W = \frac{4.968}{0.334} =$$

W = 14.87 Ton.

Para H= 6 m.

$$W = \frac{8.586}{0.334} =$$

W = 25.70 Ton.

Para H= 7 m.

$$W = \frac{13.634}{0.334} =$$

W = 40.82 Ton.

HEDAR

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$K = 0.1113 \times 10^3$$

Para $\alpha = 27^\circ$ $K_1 = 5.936$ (extrapolando)

$$\mu = 1.11$$

Para H= 1 m.

$$W = \frac{K K_1^3 H^3 \rho_s}{(\mu \cos \alpha - \text{sen} \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.1113 \times 10^3) (5.936)^3 (1)^3 (1) (2.65)}{[(1.11) (0.891) - (0.453)]^3 (2.65/1.025-1)^3}$$

$$W = \frac{0.061}{0.612} =$$

$$W = 0.099 \text{ Ton.}$$

Para H= 2 m.

Para H= 3 m.

Para H= 4 m.

$$W = \frac{0.488}{0.612} =$$

$$W = \frac{1.647}{0.612} =$$

$$W = \frac{3.904}{0.612} =$$

$$W = 0.797 \text{ Ton.}$$

$$W = 2.69 \text{ Ton.}$$

$$W = 6.37 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.

Para H= 6 m.

Para H=7 m.

$$W = \frac{7.625}{0.612} =$$

$$W = \frac{13.176}{0.612} =$$

$$W = \frac{20.923}{0.612} =$$

$$W = 12.45 \text{ Ton.}$$

$$W = 21.52 \text{ Ton.}$$

$$W = 34.18 \text{ Ton.}$$

SVEE:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.12$$

Para H = 1 m.

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{\cos^3 \alpha (\rho_s/\rho_w - 1)^3} = \frac{(0.12) (1)^3 (2.65)}{(0.891)^3 (2.65/1.025 - 1)^3} = \frac{0.318}{2.815} =$$

$$W = 0.112 \text{ Ton.}$$

Para H = 2 m.

$$W = \frac{2.544}{2.815} =$$

$$W = 0.903 \text{ Ton.}$$

Para H = 3 m.

$$W = \frac{8.586}{2.815} =$$

$$W = 3.05 \text{ Ton.}$$

Para H = 4 m.

$$W = \frac{20.352}{2.815} =$$

$$W = 7.22 \text{ Ton.}$$

Para H = 5 m.

$$W = \frac{39.75}{2.815}$$

$$W = 14.12 \text{ Ton.}$$

Para H = 6 m.

$$W = \frac{68.688}{2.815}$$

$$W = 24.40 \text{ Ton.}$$

Para H = 7 m.

$$W = \frac{109.074}{2.815}$$

$$W = 38.74 \text{ Ton.}$$

SN-92-60:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.025$$

$$L = 20 \text{ H}$$

Para H=1 m.

L=20

$$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot^3}} \frac{H^2 L \rho_s}{(\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{0.025 (1)^2 (20) (2.65)}{\sqrt{1 + 7.55} (2.65/1.025 - 1)^3} = \frac{1.325}{11.637}$$

$$W = 0.113 \text{ TON}$$

Para H=2 m.

L= 40 m.

$$W = \frac{10.60}{11.637} =$$

$$W = 0.910 \text{ Ton.}$$

Para H= 3 m

L = 60 m.

$$W = \frac{35.775}{11.637} =$$

$$W = 3.07 \text{ Ton}$$

Para H= 4 m

L = 80 m.

$$W = \frac{84.80}{11.637}$$

$$W = 7.29 \text{ Ton.}$$

Para H=5 m.

L=100 m.

$$W = \frac{165.625}{11.637} =$$

$$W = 14.23 \text{ Ton.}$$

Para H=6 m.

L=120 m.

$$W = \frac{286.20}{11.637} =$$

$$W = 24.59 \text{ Ton.}$$

Para H=7 m.

L=140

$$W = \frac{454.475}{11.637} =$$

$$W = 39.05 \text{ Ton.}$$

RYBTCHEVSKY:DATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.015$$

$$L = 20 \text{ H}$$

Para H=1 m.

L=20 m.

$$W = \frac{K}{\cos^3 \alpha} \frac{H^2 L \rho_s}{\sqrt{\cot^3 \alpha} (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.015) (1)^2 (20) (2.65)}{(0.891)^3 \sqrt{1.96^3} (2.65/1.025-1)^3}$$

$$= \frac{0.795}{7.725} =$$

$$W = 0.102 \text{ Ton.}$$

Para H=2 m

L=40 m.

$$W = \frac{6.36}{7.725} =$$

$$W = 0.823 \text{ Ton.}$$

Para H=3 m.

L=60 m.

$$W = \frac{21.465}{7.725} =$$

$$W = 2.77 \text{ Ton.}$$

Para H=4 m.

L=80 m.

$$W = \frac{50.88}{7.725} =$$

$$W = 6.58 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.
L=100 m.

$$W = \frac{99.375}{7.725} =$$

W = 12.86 Ton.

Para H= 6 m.
L=120 m.

$$W = \frac{171.72}{7.725} =$$

W = 22.22 Ton.

Para H= 7 m.
L= 140 m.

$$W = \frac{272.685}{7.725} =$$

W = 35.29 Ton.

METELICYNA:

DATOS

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.025$$

$$K_s = 1.5$$

Para H= 1 m.

$$W = \frac{K \quad K_s \quad H^3 \quad \rho_s}{\cos^3(23^\circ + \alpha) \quad (\rho_s/\rho_w - 1)^3} = \frac{(0.025) (1.5) (1)^3 (2.65)}{(0.642)^3 (2.65/1.025 - 1)^3} = \frac{0.099}{1.053} =$$

W = 0.094 Ton.

Para H= 2 m.

$$W = \frac{0.795}{1.053} =$$

$$W = 0.754$$

Para H= 3 m.

$$W = \frac{2.683}{1.053} =$$

$$W = 2.54 \text{ Ton}$$

Para H= 4 m.

$$W = \frac{6.36}{1.053} =$$

$$W = 6.03 \text{ Ton.}$$

Para H= 5 m.

$$W = \frac{12.421}{1.053} =$$

$$W = 11.79 \text{ Ton.}$$

Para H= 6 m.

$$W = \frac{21.465}{1.053} =$$

$$W = 20.38 \text{ Ton.}$$

Para H= 7 m.

$$W = \frac{34.085}{1.053} =$$

$$W = 32.37 \text{ Ton.}$$

GOLDSCHTEIN AND KONONENKODATOS.

$$\rho_s = 2.65 \text{ Ton/m}^3$$

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 1.4 \text{ (para: } H < 5 \text{ m)}$$

Para H = 1 m.

$$W = 0.3 K Tg^{1.83} \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$= (0.3) (1.4) (0.509)^{1.83} \frac{(1)^3 (2.65)}{(2.65/1.025 - 1)^3} = \frac{0.323}{3.98} =$$

W = 0.081 Ton.

Para H = 2 m.

$$W = \frac{2.584}{3.98} =$$

W = 0.649 Ton.

Para H = 3 m.

$$W = \frac{8.721}{3.98} =$$

W = 2.19 Ton.

Para H = 4 m.

$$W = \frac{20.672}{3.98} =$$

W = 5.19 Ton.

NOTA:

Para los siguientes valores de $H > 5m$,
K ya no vale 1.4. Pero para fines -
de comparación, nosotros seguiremos -
aplicando el mismo valor

Para H = 5 m.

$$W = \frac{40.37}{3.98} =$$

W = 10.14 Ton.

Para H = 6 m.

$$W = \frac{69.76}{3.98} =$$

W = 17.52 Ton.

Para H = 7 m.

$$W = \frac{110.78}{3.98} =$$

W = 27.83 Ton.

AUTOR	H/W	1	2	3	4	5	6	7
CASTRO		0.048	0.389	1.31	3.11	6.08	10.52	16.71
IRIBARREN		0.179	1.45	4.92	11.67	22.80	39.41	62.58
IRIBARREN		0.061	0.493	1.66	3.95	7.71	13.33	21.17
MATHEWS		0.081	0.652	2.20	5.22	10.20	17.63	28.00
HICKSON/RODOLF		0.119	0.960	3.24	7.68	15.00	25.93	41.17
HUDSON	$K_D=15.9$	0.021	0.170	0.576	1.36	2.67	4.61	7.32
HUDSON	$K_D=3.2$	0.106	0.849	2.86	6.79	13.27	22.93	36.41
LARRAS		0.120	0.955	3.19	7.47	14.33	24.25	37.55
BEAUDEVIN		0.118	0.946	3.19	7.57	14.27	25.56	40.59
HEDAR		0.119	0.952	3.21	7.61	14.87	25.70	40.82
HEDAR		0.099	0.797	2.69	6.37	12.45	21.52	34.18
SVEE		0.112	0.903	3.05	7.22	14.12	24.40	38.74
SN-92-60		0.113	0.910	3.07	7.28	14.23	24.59	39.05
RYBTCHEVSKY		0.102	0.823	2.77	6.58	12.86	22.22	35.29
METELICYNA		0.094	0.754	2.54	6.03	11.79	20.38	32.37
GOLDSCHTEIN AND KONONENKO		0.081	0.649	2.19	5.19	10.14	17.52	27.83

TABLA 2.

Fig. 7

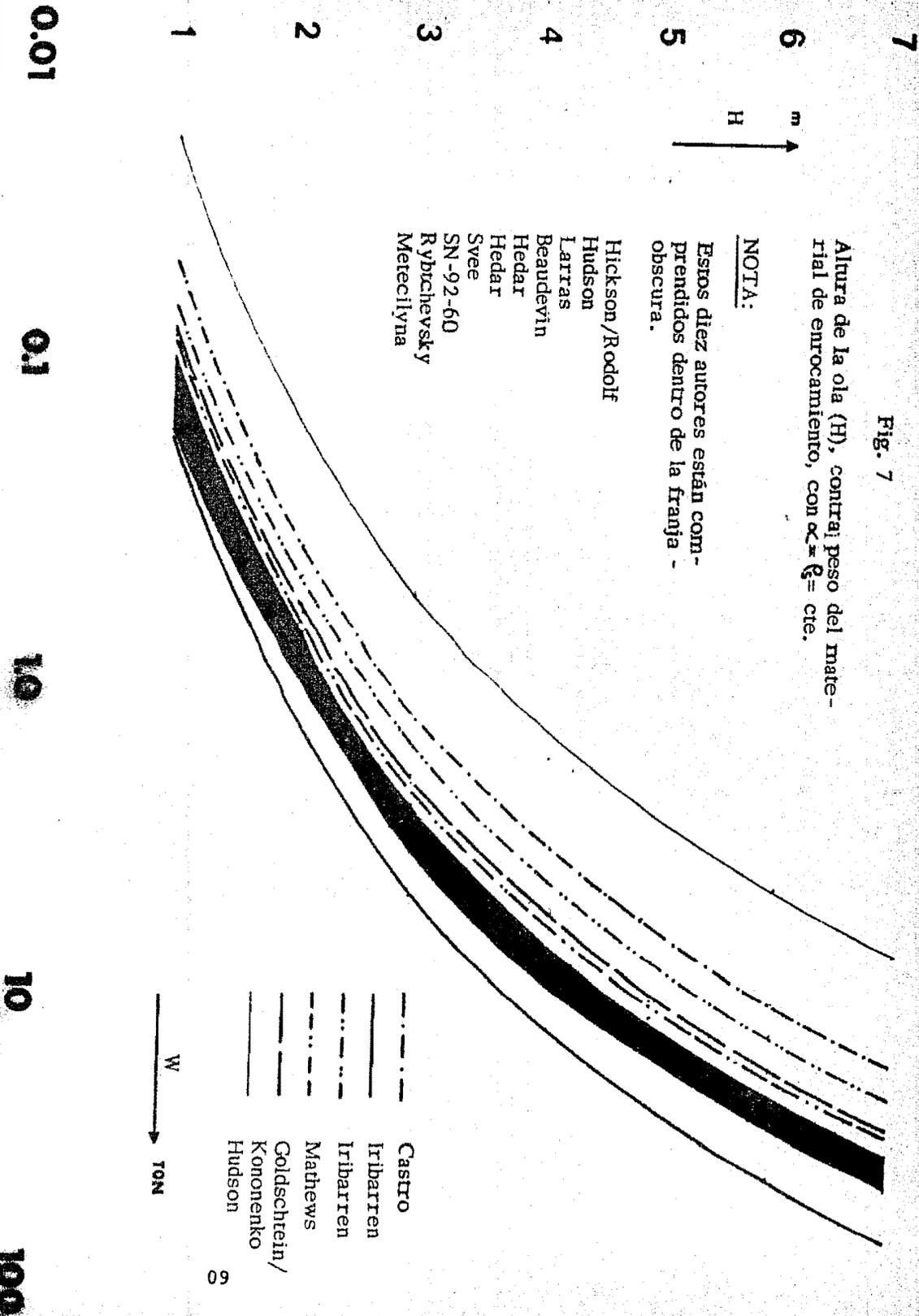
Altura de la ola (H), contra peso del material de enrocamiento, con $\alpha = \beta = \text{cte.}$

NOTA:

Estos diez autores están comprendidos dentro de la franja oscura.

- Hickson/Rodolf
- Hudson
- Larras
- Beaudevin
- Hedar
- Hedar
- Svee
- SN-92-60
- Rybichevsky
- Mercilvna

- Castro
- Iribarren
- Iribarren
- Mathews
- Goldschtein/
Kononenko
- Hudson



TERCER CASO:

A continuación hacemos variar la densidad (ρ_s), comprendida de 1.5 a 3.5 Ton/m³, y haciendo permanecer constantes la altura de la ola y el ángulo de inclinación (α) del rompeolas.

CASTRO:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$\text{Para } \underline{\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3}$$

$$W = \frac{0.704 H^3 \rho_s}{(\cot \alpha + 1)^2 \sqrt{\cot \alpha - 2/\rho_s (\rho_s/\rho_w - 1)^3}}$$

$$= \frac{(0.704) (4.5)^3 (1.5)}{(1.96+1)^2 \sqrt{1.96-1.33} \left(\frac{1.5}{1.025} - 1\right)^3} =$$

$$W = \frac{96.228}{0.692} =$$

$$W = 139.05 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0 \text{ Ton/m}^3$:

$$W = \frac{128.304}{7.388} =$$

$$W = 17.36 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5 \text{ Ton/m}^3$:

$$W = \frac{160.38}{28.179} =$$

$$W = 5.70 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0 \text{ Ton/m}^3$:

$$W = \frac{192.456}{71.445} =$$

$$W = 2.69 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5 \text{ Ton/m}^3$:

$$W = \frac{224.532}{145.218} =$$

$$W = 1.54 \text{ Ton.}$$

IRIBARREN:

DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.023$$

(Para $d \leq 0.066$)

$$d = 10 + 1.5 = 11.5 \text{ m.}$$

Suponiendo $L = 100.0 \text{ m.}$

$0.06 L = 0.06 (100.0) = 6.0 \text{ m.}$. . . No cumple con la condición $d \leq 0.06$ ya que $11.5 \text{ m} > 6.0 \text{ m}$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \text{sen} \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3}$$

NOTA:

No es aplicable la fórmula debido a que no cumple con la condición anterior. Sólo la utilizaremos para fines de comparación.

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{(0.023) (4.5)^3 (1.5)}{(0.891 - 0.453)^3 (1.5 / 1.025 - 1)^3} = \frac{3.143}{0.008}$$

$$W = 392.87 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{4.191}{0.072} =$$

$$W = 58.20 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{5.239}{0.250} =$$

$$W = 20.95 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{6.287}{0.600} =$$

$$W = 10.47 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5 \text{ Ton/m}^3$,

$$W = \frac{7.335}{1.181} =$$

$$W = 6.21 \text{ Ton.}$$

IRIBARREN,

DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.43$$

$$\mu = 2.38$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\mu \cos \alpha - \text{sen} \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.43) (4.5)^3 (1.5)}{[(2.38) (0.891) - 0.453]^3 \left(\frac{1.5}{1.025} - 1\right)^3} =$$

$$W = \frac{58.77}{0.461} =$$

$$W = 127.48 \text{ Ton}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.0$$

$$W = \frac{78.367}{3.990} =$$

$$W = 19.64 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.5$$

$$W = \frac{97.959}{13.813} =$$

$$W = 7.09 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.0$$

$$W = \frac{117.551}{33.168} =$$

$$W = 3.54 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.5$$

$$W = \frac{137.143}{65.242} =$$

$$W = 2.10 \text{ Ton.}$$

MATHEWS:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$T = 2.5 \text{ H}$$

$$T = 11.25$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{0.0149 \quad H^2 \quad T \quad \rho_s}{(\cos \alpha - 0.75 \text{ Sen } \alpha)^2 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.0149) (4.5)^2 (11.25) (1.5)}{[0.891 - (0.75) (0.453)]^2 (1.5/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{5.091}{0.030}$$

$$W = 169.7 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{6.788}{0.261} =$$

W= 26.0 Ton.

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{8.486}{0.905} =$$

W= 9.37 Ton.

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{10.183}{2.173} =$$

W= 4.68 Ton.

Para $\rho_s = 3.5$

$$W = \frac{11.880}{4.275} =$$

W= 2.77 Ton.

HICKSON-----RODOLF:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$T = 2.5$$

$$T = 11.25$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{0.0162 H^2 T \rho_s}{Tg^3 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) (\rho_s/\rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(10.0162) (4.5)^2 (11.25) (1.5)}{Tg^3 \left(45^\circ - \frac{27^\circ}{2} \right) (1.5/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{5.535}{0.022} =$$

$$W = 251.59 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{7.381}{0.193} =$$

$$W = 38.24 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{9.226}{0.669} =$$

$$W = 13.79 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{11.071}{1.607} =$$

$$W = 6.88 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5$

$$W = \frac{12.916}{3.162}$$

$$W = 4.08 \text{ Ton.}$$

HUDSON:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 15.9 \text{ para } 30 - 60\% \text{ de da\~{n}o}$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{1}{K_D} \frac{H^3 \rho_s}{\cot \alpha (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(1) (4.5)^3 (1.5)}{(15.9) (1.96) (1.5/1.025-1)^3} =$$

$$= \frac{136.68}{3.100} =$$

$$W = 44.09 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.0$$

$$W = \frac{182.25}{26.81} =$$

$$W = 6.79 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.5$$

$$W = \frac{227.31}{92.83} =$$

$$W = 2.45 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.0$$

$$W = \frac{273.37}{222.91} =$$

$$W = 1.22 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.5$$

$$W = \frac{318.93}{438.47} =$$

$$W = 0.727 \text{ Ton.}$$

Ahora consideramos $K_D = 3.2$ para 0-1% de daño

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{136.68}{0.624}$$

$$W = 219.03 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{182.25}{5.39}$$

$$W = 33.81 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{227.81}{18.68}$$

$$W = 12.19 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{273.37}{44.86} =$$

$$W = 6.09 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5$

$$W = \frac{318.93}{88.24} =$$

$$W = 3.61 \text{ Ton.}$$

LABRAS:

DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.0152$$

$$L = 100.0 \text{ m.}$$

$$z = \frac{H}{2} \text{ y } \frac{H}{L} < 0.10 \text{ se cumple para } H = 4.5 \text{ m.}$$

$$z = 2.25$$

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{K \left[\frac{2\pi H}{L} \right]^3 \left[\frac{4\pi z}{L} \right] H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3} = \frac{0.0152 \left[\frac{2 \times 3.14 \times 4.5}{100} \right]^3 (4.5)^3 (1.5)}{(0.891 - 0.453)^3 (1.5/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{1.998}{0.008} =$$

$$W = 249.75 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{2.664}{0.072} =$$

$$W = 37.0 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{3.330}{0.250} =$$

$$W = 13.32 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{3.996}{0.600} =$$

$$W = 6.66 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5$

$$W = \frac{4.662}{1.181} =$$

$$W = 3.94 \text{ Ton.}$$

BEAUDEVIN:DATOS.

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.10$$

$$K_s = 2.5$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3.$$

$$W = K K_s \left(\frac{1}{\cot \alpha - 0.8} - 0.15 \right) \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$0.25 \left(\frac{1}{1.96 - 0.8} - 0.15 \right) \frac{(4.5)^3 (1.5)}{1.5 / (1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{24.332}{0.0990} =$$

$$W = 245.77 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2$$

$$W = \frac{32.443}{0.866} =$$

$$W = 37.46 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.5$$

$$W = \frac{40.554}{2.929} =$$

$$W = 13.61 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.0$$

$$W = \frac{48.665}{7.153} =$$

$$W = 6.80 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.5$$

$$W = \frac{56.776}{14.07} =$$

$$W = 4.03 \text{ Ton.}$$

HEDAR:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.015$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.015) (4.5)^3 (1.5)}{(0.891 - 0.453)^3 (1.5 / 1.025 - 1)^3} = \frac{2.050}{0.008} =$$

$$W = 256.25 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.0$$

$$W = \frac{2.733}{0.072} =$$

$$W = 37.95 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.5$$

$$W = \frac{3.417}{0.250} =$$

$$W = 13.66 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.0$$

$$W = \frac{4.100}{0.600} =$$

$$W = 6.83 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.5$$

$$W = \frac{4.784}{1.181} =$$

$$W = 4.05 \text{ Ton.}$$

HEDERA:DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.1113 \times 10^3$$

$$\text{Para } \alpha = 27^\circ \quad K_1 = 5.936 \quad (\text{Extrapolando})$$

$$\mu = 1.11$$

$$\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$W = \frac{K K_1^3 H^3 \rho_s}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\rho_s / \rho_w - 1)^3} =$$

$$= \frac{(0.1113 \times 10^3) (5.936)^3 (4.5)^3 (1.5)}{[(1.11) (0.891) - 0.453]^3 (1.5/1.025 - 1)^3} =$$

$$W = \frac{31.182}{0.015} =$$

$$W = 212.13 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.0$$

$$W = \frac{4.242}{0.132} =$$

$$W = 32.13 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 2.5$$

$$W = \frac{5.303}{0.458} =$$

$$W = 11.57 \text{ Ton.}$$

$$\text{Para } \rho_s = 3.0$$

$$W = \frac{6.364}{1.101} =$$

$$W = 5.78 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5$

$$W = \frac{7.424}{2.166} =$$

$$W = 3.42 \text{ Ton.}$$

SVEE:

DATOS.

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.12$$

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{K H^3 \rho_s}{\cos^3 \alpha (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.12) (4.5)^3 (1.5)}{(0.891)^3 (1.5/1.025-1)^3} = \frac{16.40}{0.070} =$$

$$W = 234.28 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{21.870}{0.608} =$$

$$W = 35.97 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{27.337}{2.10} =$$

$$W = 13.01 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{32.805}{5.059} =$$

$$W = 6.48 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{38.272}{9.952} =$$

$$W = 3.84 \text{ Ton.}$$

SN= 92 - 60:

DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.025$$

$$L = 20 H$$

$$L = 90.0 \text{ m.}$$

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$.

$$W = \frac{K H^2 L \rho_s}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha} (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.025) (4.5)^2 (90) (1.5)}{\sqrt{1 + 7.55} (1.5/1.025 - 1)^3} = \frac{68.343}{0.290}$$

$$W = 235.66 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{91.125}{2.516} =$$

$$W = 36.21 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{113.906}{8.710} =$$

$$W = 13.07 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{136.687}{20.915} =$$

$$W = 6.53 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s=3.5$

$$W = \frac{159.46}{41.141} =$$

$$W = 3.87 \text{ Ton.}$$

RYBTICHEVSKY:

DATOS

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 0.015$$

$$L = 20 H$$

$$L = 90.0 \text{ m.}$$

Para $\rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{K H^2 L \rho_s}{\cos^3 \alpha \sqrt{\cot \alpha} (\rho_s / \rho_w - 1)^3} = \frac{(0.015) (4.5)^2 (90) (1.5)}{(0.891)^3 \sqrt{(1.96)^3} \left(\frac{1.5}{1.025} - 1\right)^3} =$$

$$= \frac{41.00}{0.193} =$$

$$W = 212.43 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.0$

$$W = \frac{54.675}{1.672} =$$

$$W = 32.70 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 2.5$

$$W = \frac{68.343}{5.789} =$$

$$W = 11.80 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s = 3.0$

$$W = \frac{82.01}{13.902} =$$

$$W = 5.89 \text{ Ton.}$$

Para $\rho_s=3.5$

$$W = \frac{95.68}{27.346} =$$

$$W = 3.49 \text{ Ton.}$$

METELICYNA:

DATOS

$$w = 1.025 \text{ Ton/m}^3.$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$= 27^\circ$$

$$K = 0.025$$

$$K_s = 1.5$$

Para $s=1.5 \text{ Ton/m}^3$

$$W = \frac{K K_s H^3 s}{\cos^3(23^\circ +) (s/w-1)^3} = \frac{(0.025) (1.5) (4.5)^3 (1.5)}{(0.642)^3 (1.5/1.025-1)^3} =$$

$$= \frac{5.125}{0.026} =$$

$$W = 197.11 \text{ Ton.}$$

Para $s=2.0$

$$W = \frac{6.834}{0.227} =$$

$$W = 30.10 \text{ Ton.}$$

Para $s=2.5$

$$W = \frac{8.542}{0.788} =$$

$$W = 10.84 \text{ Ton.}$$

Para $s=3.0$

$$W = \frac{10.251}{1.892} =$$

$$W = 5.41 \text{ Ton.}$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 3.5}$$

$$W = \frac{11.96}{3.723} =$$

$$W = 3.21 \text{ Ton.}$$

GOLDSCHTEIN AND KONONENKO:

DATOS.

$$\rho_w = 1.025 \text{ Ton/m}^3$$

$$H = 4.5 \text{ m.}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

$$K = 1.4 \quad (\text{para } H < 5 \text{ m})$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 1.5 \text{ Ton/m}^3}$$

$$W = 0.3 K Tg^{\frac{1.83}{\alpha}} \frac{H^3 \rho_s}{(\rho_s/\rho_w - 1)^3} = (0.3)(1.4)(0.509)^{1.83} \frac{(4.5)^3 (1.5)}{\left(\frac{1.5}{1.025} - 1\right)^3} =$$

$$= \frac{16.682}{0.099}$$

$$W = 168.50 \text{ Ton.}$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 2.0}$$

$$W = \frac{22.243}{0.860} =$$

$$W = 25.86 \text{ Ton.}$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 2.5}$$

$$W = \frac{27.80}{2.979} =$$

$$W = 9.33 \text{ Ton.}$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 3.0}$$

$$W = \frac{33.365}{7.153} =$$

$$W = 4.66 \text{ Ton.}$$

$$\underline{\text{Para } \rho_s = 3.5}$$

$$W = \frac{38.926}{14.07} =$$

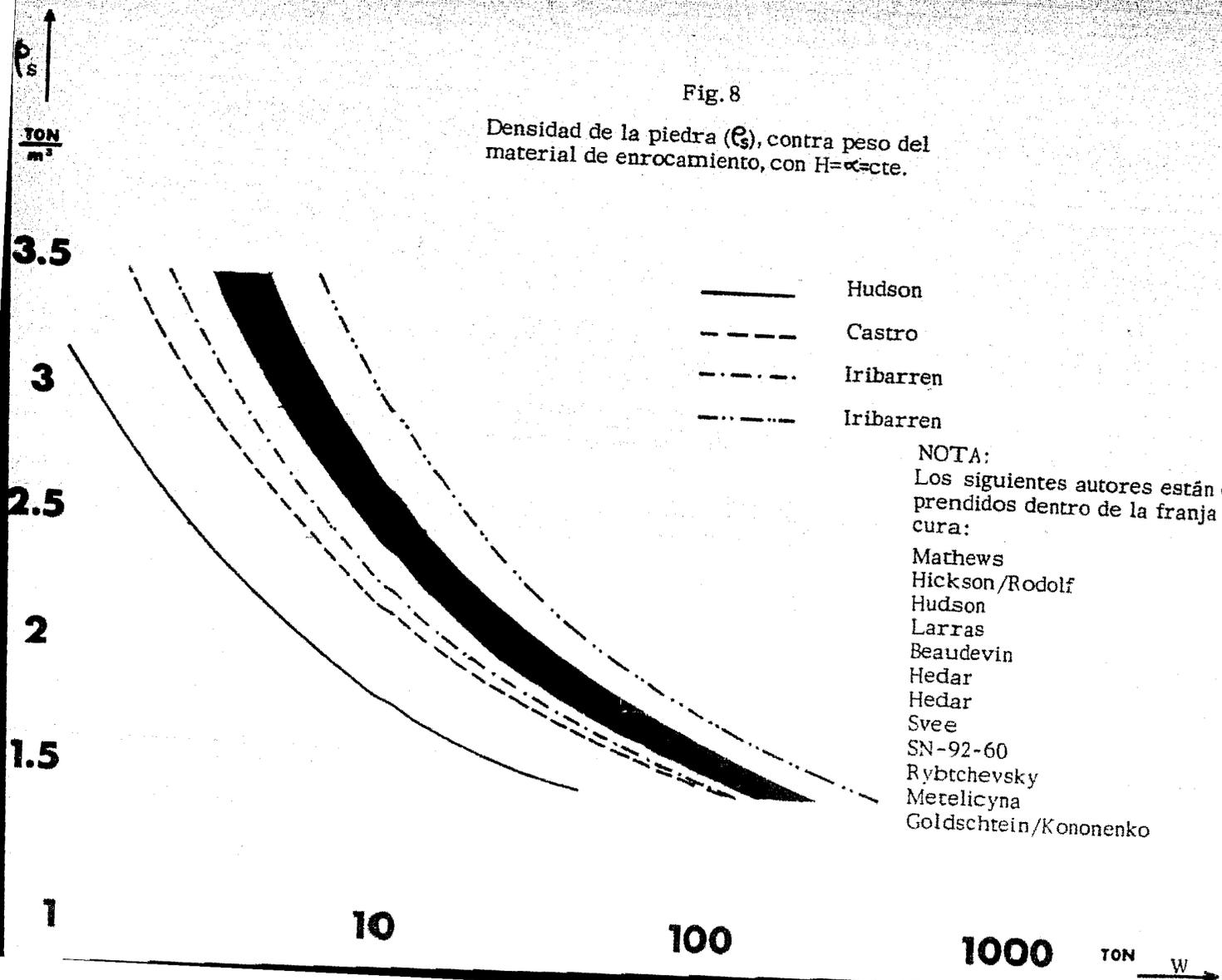
$$W = 2.76 \text{ Ton.}$$

AUTOR	$e_{S/W}$	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
CASTRO		139.05	17.36	5.70	2.69	1.54
IRIBARREN		392.87	58.20	20.95	10.47	6.21
IRIBARREN		127.48	19.64	7.09	3.54	2.10
MATHEWS		169.7	26.0	9.37	4.68	2.77
HICKSON/RODOLF		251.59	38.24	13.79	6.88	4.08
HUDSON	$K_D=15.9$	44.09	6.79	2.45	1.22	0.727
HUDSON	$K_D=3.2$	219.03	33.81	12.19	6.09	3.61
LARRAS		249.75	37.0	13.32	6.66	3.94
BEAUDEVIN		245.77	37.46	13.61	6.80	4.03
HEDAR		256.25	37.95	13.66	6.83	4.05
HEDAR		212.13	32.13	11.57	5.78	3.42
SVEEE		234.28	35.97	13.01	6.48	3.84
SN-22-60		235.66	36.21	13.07	6.53	3.87
RYBTCHEVSKY		212.43	32.70	11.80	5.89	3.49
METELICYNA		197.11	30.10	10.84	5.41	3.21
GOLDSCHTEIN AND KONONENKO		168.50	25.86	9.33	4.44	2.76

TABLA 3

Fig. 8

Densidad de la piedra (ρ_s), contra peso del material de enrocamiento, con $H=\alpha=cte.$



NOTA:
Los siguientes autores están comprendidos dentro de la franja oscura:
Mathews
Hickson/Rodolf
Hudson
Larras
Beaudevin
Hedar
Hedar
Svee
SN-92-60
Rybtchevsky
Metelicyna
Goldschtein/Kononenko

CAPITULO II

1.- PRINCIPIOS BASICOS PARA LA CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS .

- a).- MATERIALES A EMPLEAR.- El material utilizado en la construcción de rompeolas de enrocamiento procede generalmente de la explotación de una cantera o pedrera, de la cual se obtienen piedras de diferentes tamaños. También se obtienen de depósitos de roca natural fragmentada, (piedra de pepena) y elementos manufacturados tales como bloques de concreto, tetrápodos, etc.
- b).- EXPLOTACION DE PEDRERAS.- El procedimiento de explotación se fijará por tanto, a manera de obtener piedras de peso máximo requerido según cálculo. En forma tal, que la obtención de materiales concuerde con los requerimientos de la secuencia establecida para la construcción de las diferentes capas de roca que integran la estructura del enrocamiento, logrando el mínimo de material de desperdicio.

c).- TRANSPORTE DEL ENROCAMIENTO.- Después de ser --
efectuado cada tronada y antes de efectuar operacio-
nes de carga, debe clasificarse la roca derrumbada -
de acuerdo con los diferentes rangos que marque el -
proyecto y con las tolerancias del mismo. Una vez
clasificadas las rocas el transporte se efectuará -
en vehículos (plataformas de F.C. o Euclids).

d).- COLOCACION DEL ENROCAMIENTO.

1.- NUCLEO.- Se inicia la construcción del núcleo de
la obra al "volteo", después de haber marcado so-
bre el terreno los alineamientos del eje de la -
obra y las trazas de las distintas capas consti-
tutivas del rompeolas (Fig. 9), cada 5 m. se -
colocan boyarines de diferentes colores en los -
puntos de intersección del talud de cada capa --
con el fondo natural. El material del núcleo --
forma su ángulo de reposo, tanto hacia el frente
(pérfil longitudinal) como lateralmente (sección
transversal). Para completar la sección de nú-
cleo proyectado hay necesidad de utilizar cual-
quiera de los procedimientos que a continuación
se describen: colocar el material utilizando los

servicios de un chalán en el cual va montada - una grúa con lo que se mueven y colocan las piedras, hasta completar la sección, verificando el trabajo con seccionamientos continuos.

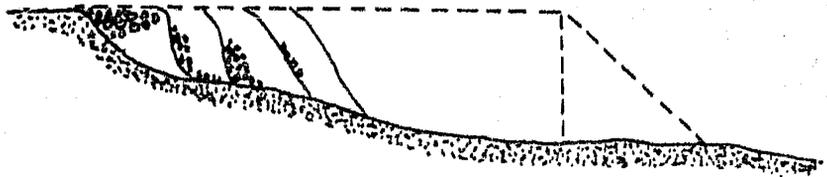


Fig. 9 Perfil Longitudinal

- 2.- CAPA SECUNDARIA.- Terminando el núcleo en una sección, se procede a recubrir con la primera capa de piedras y clasificadas, acomodando, desde la propia obra, las que alcancen las grúas montadas sobre ello y colocando, con la ayuda de la grúa flotante, lo que no sea factible colocar desde tierra; esta operación se efectúa ayudándose con los alineamientos desde tierra, los boyarines y el continuo seccionamiento

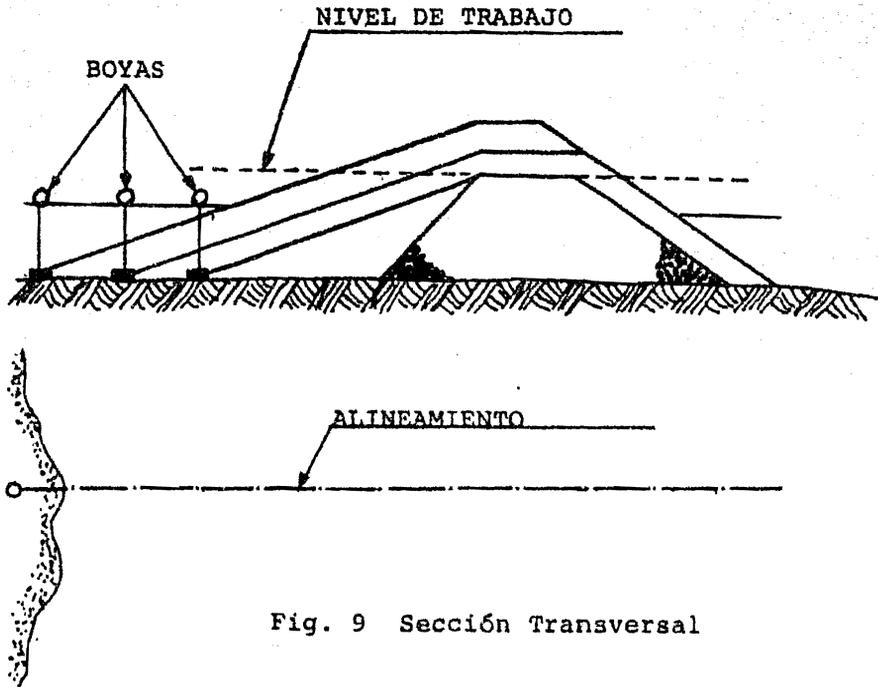


Fig. 9 Sección Transversal

3.- CORAZA.- Este revestimiento se coloca en igual forma; parte desde tierra y parte con la grúa montada sobre el chalán.

Si no se dispone de grúa flotante y la de tierra no alcanza a colocar piedra en la base del talud, es necesario utilizar el siguiente procedimiento (fig. 10).

Terminado el revestimiento de la coraza hasta donde es posible trabajando desde tierra, con el mismo

material grueso del revestimiento, se construye una berma de tal manera que la grúa de tierra pueda colocarse sobre ella y terminar la base del talud. Como esa berma queda fuera de la obra avanzada, es necesario avanzar la construcción del núcleo la menor longitud posible, sin que éste quede recubierto.

Al construir el núcleo, será siempre necesario colocar material grueso en su parte exterior, de tal manera que resista la acción del oleaje restante, sin que al reacomodarse el material del núcleo se salga de la sección de proyecto.

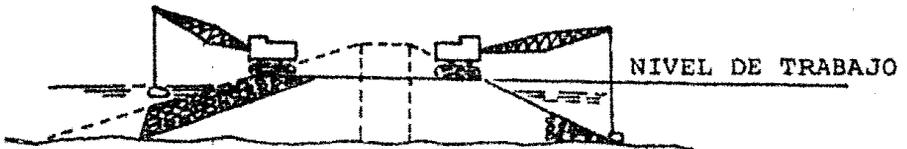


Fig. 10

CAPITULO III

DIFERENTES TIPOS DE CORAZA

- 2) ENROCAMIENTO.- La estructura de enrocamiento se adapta a cualquier profundidad de agua y puede prácticamente construirse sobre cualquier clase de suelo. Este tipo de estructura se usa ampliamente en E. U. A. y en nuestro país. Las ventajas principales de las estructuras de enrocamiento son: los daños son fácilmente reparables; los asentamientos la componen, incrementando su estabilidad en lugar de originar fracturas en toda la estructura, y la acción del oleaje reflejado es mucho menor que el que se presenta en una estructura a base de un muro sólido. Las principales desventajas de una construcción de enrocamiento son, la gran cantidad de material que se requiere, lo cual representa -- un alto costo inicial si no se dispone de material satisfactorio dentro de una distancia económica de acarreo y la cantidad de energía del oleaje que se propaga a través de la estructura, si el núcleo no es lo suficientemente alto e impermeable.

La estructura de enrocamiento es más o menos un conjunto de piedras naturales de diferentes tamaños y formas, colocadas ya sea al volteo (al azar) o en alguna forma especial. Los taludes y el peso de las piedras se diseñan de tal forma que la estructura pueda resistir la acción del oleaje esperado.

- b) ELEMENTOS PREFABRICADOS.- En aquellos lugares o tamaños adecuados, se emplean formas geométricas construidas de concreto. Desde que se han empleado en este país elementos de concreto precolado principalmente para el mantenimiento de las estructuras existentes, se ha visto que se justifican económicamente como materiales básicos de construcción, si no se dispone de roca natural cerca del sitio propuesto para la instalación.

Se han usado diferentes formas. Inicialmente las más comunes fueron el cubo y el tetraedro.

Recientemente se han desarrollado más tipos o formas de elementos de concreto precolado como son: los tetrápodos,

tribarras, dolos, doms, etc. Estas últimas formas están patentadas y su uso requiere el pago de derechos.

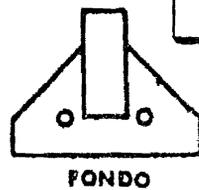
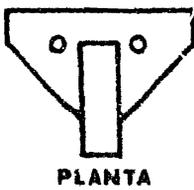
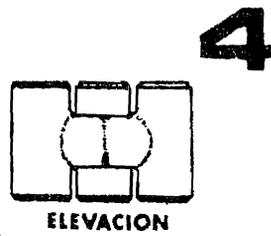
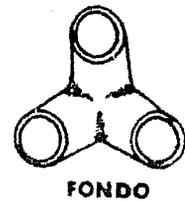
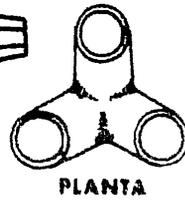
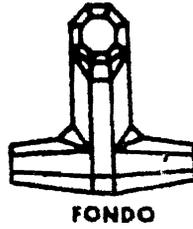
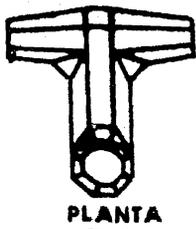
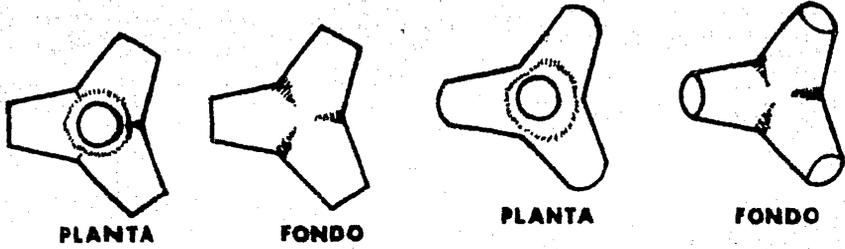
El tetrápodo fué desarrollado y patentado por la Incorporación NEYRPIC, de Grenoble, Francia. Los tetrápodos son formas totalmente de concreto, que consisten en un corazón o núcleo central del cual salen radial y simétricamente espaciadas, cuatro patas cónicas truncadas. Estos elementos se usan solamente sobre el talud de la estructura que ve hacia el mar, y se apoyan en la corona en una capa de concreto de suficiente peso para evitar su desplazamiento, debido a las olas que sobrepasan la corona. La ventaja principal de los tetrápodos es su tendencia a interconectarse, a trabarse, y como consecuencia a proporcionar mayor estabilidad mediante un peso menor, permitiendo taludes más inclinados y menor volumen de material.

Un elemento de concreto más reciente es la tribarra, desarrollada y patentada por Palmer de Hawai, la tribarra, es un elemento de concreto sin refuerzo que consiste en tres barras ligadas entre sí por tres brazos radiales. La tribarra se usó en la construcción de 655 m. del rompeolas de Nawiliwili. En E. U. A. se permite el uso libre de las tribarras. El cua

dripodo fué desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de E. U. A., sin embargo, se considera dentro de los límites de la patente del tetrápodo. El cuadripodo es un elemento de concreto sin refuerzo, compuesto por cuatro patas truncadas, tres de las cuales están en el mismo plano y son radiales a un punto central. Las cuatro patas se proyectan desde un mismo centro, formando sus ejes un ángulo de 90 -- grados en el plano de cada una de las demás (ver lámina 1). Los cuadripodos se usaron en el Puerto Santa Cruz, California.

El cubo modificado y el hexápodo, son otros elementos que se han probado en modelos en este país, en otros países se han desarrollado estructuras diferentes por ejemplo: en Inglaterra el tetraedro hueco; el akmon tiene una forma de doble cuña desarrollado en Holanda; el bloque Svec de Noruega; el bloque cuadrado hueco y el bloque tetraedro hueco han sido desarrollados en Japón.

LAMINA 1



- 1. -CUADRIPOIXOS
- 2. -TETRAPOIXOS
- 3. -DOIXOS
- 4. -TRIBARRAS
- 5. -DOIXOS

CAPITULO IV

FENOMENOS SECUNDARIOS ORIGINADOS POR LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS.

Como se ha visto, al concluir cualquier rompeolas, se altera el equilibrio de las playas adyacentes, provocando azolves o erosiones.

La disposición de los rompeolas será tal, que las erosiones provocadas no afecten a otras instalaciones (generalmente urbanas). Los azolves provocados no deberán, en ningún caso, rebasar el extremo de los rompeolas, para lo cual es necesario que la línea de la playa en equilibrio estático (normal a la dirección resultante del oleaje) sea cortada por la obra de protección y que ésta proporcione amplio almacenamiento a los acarrees litorales.

En los rompeolas, su función principal es la de proporcionar abrigo al oleaje, pero a su vez defienden de la invasión de azolves.

Para evitar el obturamiento de la desembocadura de ríos -- o esteros e impedir la formación de barras, se construyen -- obras de encauzamiento de corrientes (propias del río, o de marea en el caso de los esteros), que en este caso se les denomina escolleras. Estas a su vez, tienen como función un tanto secundaria, la de proporcionar abrigo al oleaje.

En algunos casos, para evitar la entrada de arenas a los puertos, se construyen rompeolas tendientes a estabilizar las playas adyacentes que no se encuentran en el preciso lugar del -- puerto.

DESEMBOCADURA DE RIOS Y ESTEROS.- En los lugares en que las -- aguas interiores se comunican con el mar, se presentan corrientes originadas por las mareas y las propias de los ríos.

Generalmente a los lados de las desembocaduras, existen playas arenosas sujetas a cierto régimen costero.

Los acarreos litorales encuentran una discontinuidad al llegar a la desembocadura ,ya que las corrientes hacen efecto similar al de un espigón, e interrumpen el paso de las arenas, provocando azolvamientos y erosiones a uno y otro lado de la corriente.

Sin embargo, dado que el régimen de las corrientes es variable, la efectividad de la barrera formada por la corriente, al paso de las arenas frente a la desembocadura, es también variable. En los ríos, y en época de avenidas, la barrera es efectiva, manteniéndose en su cauce profundidades grandes; en época de estiaje, la acción de la corriente del río disminuye y las arenas litorales invaden la desembocadura, dando origen a la formación de barras.

En el caso de esteros, en donde las corrientes son originadas por las variaciones de marea, su efecto se modifica de acuerdo con el ciclo correspondiente, es decir, cada seis horas se invierte la dirección de las corrientes y, consecuentemente en ese mismo lapso se presentan corrientes máximas y nulas. Si se tienen acarreos litorales y las corrientes son pequeñas, las arenas invaden la desembocadura y 6 horas después, al presentarse las corrientes fuertes, barren las arenas depositadas, logrando, parte de ellas, cruzar la desembocadura y nutrir la playa al otro lado.

En resumen, puede decirse que en toda desembocadura entran en juego dos fuerzas principales: la corriente y los acarreo litorales.

El objeto de las escolleras es precisamente anular la fuerza de los acarreo litorales, obteniendo así desembocadura libre.

CAPITULO V

SISTEMA DE CONTROL EN LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS.

SUMINISTRO DE MATERIALES.- El contratista deberá verificar, de inmediato y antes de iniciar la operación para la extracción de roca, todos los datos relativos a la calidad y potencia, así como sus características de las pedreras (bajo el punto de vista geológico, físico, químico y mecánico)

Las normas que deberán satisfacer las rocas naturales que se apliquen al proyecto, son las siguientes:

- | | | |
|-----|--|----------------------------------|
| 1.- | Resistencia a la compresión en estado húmedo | 150 Kg/cm ²
mínimo |
| 2.- | Resistencia a la compresión en estado húmedo aplicando la carga paralelamente a los planos de formación, cuando los haya | 100 Kg/cm ²
mínimo |
| 3.- | Absorción en por ciento | 4 máximo |
| 4.- | Densidad | 2.3 mínima |

- 5.- Resistencia al intemperismo acelerado (Sanidad), por ciento de pérdida en peso 10 máximo
- 6.- Resistencia al desgaste determinado por la prueba de los Angeles, en por ciento 40 máximo.

Y la determinación de la potencia de las zonas rocosas que indique el proyecto a fin de comprobar si satisfacen los requerimientos establecidos.

EXTRACCION DEL MATERIAL.- La explotación de la cantera la debe realizar el contratista, de tal forma que los materiales obtenidos sean los requeridos para la secuencia en la construcción de las distintas capas de roca que se van a integrar en la estructura de enrocamiento.

Cada formación rocosa presenta condiciones típicas propias y en consecuencia no se considera conveniente delimitar sistemas de extracción de material a emplear y es por eso que queda a la experiencia del contratista de elegir los sistemas óptimos para obtener el material requerido, pero se es-

tablece claramente que si por el empleo, de operaciones inadecuadas en la extracción de roca, el Contratista llegara a fisurar la formación rocosa en explotación, en forma tal que inutilizare el banco, para seguirlo explotando eficientemente, será por su cuenta el importe de los trabajos que resulten necesarios, para localizar, acondicionar y abrir una nueva formación rocosa que resulte aceptable, así como todos los importes que resulten de acondicionamiento de caminos nuevos de acceso y obras complementarias. Si el nuevo banco se encuentra a mayor distancia del deteriorado, no se pagará el aumento que resulte por tonelada kilómetro de acarreo.

CLASIFICACION DEL MATERIAL EN EL BANCO.- Una vez efectuada la tronada, se deberá proceder a la clasificación de la roca o piedra según su peso para posteriormente ser llevada a los sitios previamente acondicionados para el almacenaje de la misma.

Se seleccionará la piedra que debe ser moneada, la cual será aproximadamente el 7.5% del volumen extraído.

CARGA, ACARREO, DESCARGA Y COLOCACION.- La carga del mate--

rial clasificado se efectuará de acuerdo como sea requerido por la secuencia de construcción de las capas que forman el enrocamiento. El material será cargado preferentemente dentro de charolas o cajas metálicas de volteo, soportadas por las plataformas de camión o de ferrocarril, según el sistema de transporte que sea usado. Las charolas estarán convenientemente diseñadas de acuerdo con el tipo de plataformas que se usen, los tamaños de la roca a transportar y el equipo que se emplee en la descarga para la formación del enrocamiento.- El diseño de las charolas o cajas de volteo, deberá ser tal, - que no dejen salir el material, durante el trayecto a la zona de tiro.

La carga de material podrá hacerse por medio de grúas provistas de equipo para cargar roca, garra, palas mecánicas y cargadores, cuyo número y características, formarán parte del equipo del Contratista contenido en su proposición.

El Contratista deberá contar con el equipo adecuado para la carga de los elementos de la coraza.

Los procedimientos normales para cuantificar los volúmenes de obra son por peso, empleando una báscula en la que se re-

gistra todo el material que pasa a la obra (previa aceptación de dicho material por un inspector).

PROBLEMAS EN LA CONSTRUCCION.- Deberá tenerse cuidado en la formación de una "Poza" en el extremo del avance de la obra por efecto de la reflexión del oleaje incidente, la que origina que se desplante a una mayor profundidad, incrementando los volúmenes.

La acción eventual del oleaje mayor durante la construcción origina la degradación de un cierto tramo y consecuentemente aumentan los volúmenes de proyecto.

La acción continua de oleaje mayor obliga a modificar las especificaciones, principalmente del núcleo, para poder continuar el avance de la obra ,colocando material de dimensiones mayores el cual además de tener generalmente un costo mayor, no cumple la condición de filtro, si esta última condición se trata de mejorar combinando con material pequeño para que ocupe los huecos que deja el material grande, generalmente se manifiesta una resistencia por parte del constructor a su realización argumentando que el ritmo disminuye, La supervisión se debe incrementar, además de insistir que dicho material se está perdiendo sin ningún beneficio y que inclusive incremen-

ta su costo.

SECUENCIA EN LA COLOCACION DEL MATERIAL. - El primer paso para la construcción del enrocamiento es la formación del núcleo, se pueden presentar dos casos: cuando el nivel de la corona del núcleo esté colocada al nivel (0.00) o más abajo.

La elevación 0.00 estará referida al Nivel de Marea Baja Media Inferior en el Océano Pacífico y al Nivel de Marea Baja Media en el Golfo de México y Mar Caribe.

En el primer caso para acomodar el material a sus líneas y niveles, es necesario que el Contratista utilice chalanes -- tolva, charolas de volteo manejadas con grúa, o cualquier -- otro sistema similar que pueda depositar el material a las -- líneas y niveles bajo el agua.

En el segundo caso, el núcleo podrá construirse en una parte con camiones a volteo, pero los taludes finalmente deberán -- ser terminados colocando la piedra, utilizando charolas de -- volteo manejados con grúa o cualquier otro sistema similar.

Para evitar que la acción del oleaje desaloje el material de los taludes y/o corona del núcleo, al ser terminado un cierto

tramo de éste, el Contratista procederá de inmediato a cubrirlo con la roca de la capa secundaria que le corresponda y cubrirá todo el área terminada del mismo, de manera tal, que la roca de la capa secundaria no permita que sea desalojado el material del tramo del núcleo en cuestión, llevándose a término totalmente el espesor del tramo de capa secundaria en la zona de que se trate. Si la construcción del enrocamiento se está realizando con un cierto grado de agitación del mar, deberá procederse a recubrir de inmediato la capa secundaria con la capa de roca de coraza.

El Ingeniero determinará en cada caso y dependiendo de la violencia del oleaje, la longitud de núcleo que pueda permanecer sujeta a esta acción, sin ser removida por ella, antes de ser protegida por la capa secundaria. El Contratista cumplirá estrictamente con lo especificado por el Ingeniero a este respecto.

Antes de continuar con la construcción de un nuevo tramo de núcleo, se cubrirá con la roca de la capa de coraza, toda el área terminada de la capa secundaria y una vez cubierta ésta, como lo indique el proyecto, se continuará la construcción de un nuevo tramo de núcleo, repitiéndose la misma secuencia ya -

descrita.

CONTROL DE PESO.- Dependiendo de cada caso en particular, el Ingeniero le indicará al Contratista en que forma se realizará el control de las unidades vacías, ya sea efectuando el peso de las mismas después de descargar cada viaje o sacando un promedio de los pesos del vehículo en el primero y último viaje que realice cada día. Estos datos quedarán debidamente registrados en una libreta especial que el representante del Ingeniero tendrá permanentemente en la caseta de control.

Cada unidad debe pesarse, cuando ésta se encuentre estacionada totalmente dentro de la plataforma para pesaje, o centrando cada eje si la báscula por sus dimensiones no admite el vehículo completo.

EQUIPO REQUERIDO.- El equipo que a continuación se relaciona, formará parte de la proposición del Contratista, ya sea parcial o totalmente según lo indique la Secretaría para cada caso en particular.

- a) Extracción de material.- El equipo necesario para la extracción de la roca de la cantera, consistirá -

principalmente en máquinas perforadoras con sus correspondientes fuentes de aire comprimido, con todos sus accesorios, repuestos y materiales necesarios, así también, los explosivos, herramientas y equipo, que satisfagan el suministro requerido.

- b) Clasificación y carga.- El equipo necesario para clasificación, almacenamiento y carga de la roca extraída de la cantera, consistirá principalmente en grúas con garra, palas mecánicas, traxcavos, tractores y -- equipo auxiliar.
- c) Transporte y descarga del material.- Si el transporte del material se efectuara por carretera de la cantera al lugar del proyecto, será requerido equipo de camiones de volteo y/o de plataformas, provistos de charolas o cajas metálicas de volteo. Si el transporte se efectuase por ferrocarril, proporcionará las charolas de volteo necesarias, para cargar las plataformas del equipo ferroviario en la cantera.

En la descarga y colocación del material para formar-

el enrocamiento, el Contratista proporcionará las -- grúas para la descarga y colocación de roca provistas de garras para el manejo de ellas, chalanes tolva, o chalanes de cubierta a volteo, grúas flotantes y remolcadores, chalanes de cubierta plana y tractores.

Para la totalidad de los casos el Contratista deberá utilizar una grúa provista de garras o equipo similar en la colocación del material de capa secundaria y co raza.

CAPITULO VI

PRINCIPIOS BASICOS PARA EL ESTUDIO DE
COSTOS EN LA CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS
DE ENROCAMIENTO.

Para fijar el precio unitario en la obra de construcción de enrocamiento, se deberá tener en cuenta como factores primordiales:

- a) Las características de las formaciones pétreas que se requiera explotar para la obtención de los materiales requeridos para la construcción de rompeolas.
- b) Las distancias y caminos de acceso de las formaciones rocosas a la localización de los enrocamientos.
- c) El programa de operaciones que se establezca para coordinar el ataque de las formaciones rocosas y/o bancos en concordancia con la secuencia requerida para la construcción de los enrocamientos.

- d) Explotación y apertura de nuevos bancos que puedan ser necesarios.
- e) La explotación de una formación rocosa requiere desmontes, levantamientos topográficos, despalmes y ---- abrir el frente y/o frentes necesarios de ataque, extracción de la roca, acondicionamiento de patios de clasificación de materiales, clasificación y carga - del material.
- f) Construcción de caminos, acondicionamiento de los -- existentes, reparación y conservación de todas las - vías de comunicación entre los bancos y la obra.
- Acondicionamiento y uso de vías férreas.
- g) Programa de las operaciones a seguir en la extracción, carga, transporte y colocación del material rocoso.

Lo que incluyen los precios unitarios: - Por el precio unitario del contrato por tonelada de roca natural extraída, clasi

ficada y cargada para la construcción de rompeolas, se cubrirá el importe de los gastos que requiera erogar el contratista para acondicionar y explotar las formaciones rocosas, clasificación y carga del material, pago de alquiler o derechos por extracción del material del banco y/o bancos.

Por el precio unitario del contrato para transportar el material pétreo para la ejecución del proyecto, se cubrirá el importe de los gastos que requiera erogar el Contratista para transportar el material del banco y/o bancos al lugar de desarrollo del proyecto, que incluya, además del importe del acarreo en sí, los gastos para acondicionar, construir, reparar y conservar los caminos de acceso de los bancos al proyecto, así como pagos por servidumbre que fuese necesario cubrir, permisos, etc.; cuando se trate de utilizar vías férreas existentes para transportar el material del banco a la obra, se cubrirá al Contratista el importe de los gastos que requiera erogar para construir, espuelas o laderos necesarios, fletes ferroviarios, alquiler de plataformas, pago de fletes al F.F.C.C.- así como levantado de vías y retiro del material, al terminar el trabajo.

Por el precio unitario de descarga del material y construcción de los enrocamientos que implique el proyecto se cubrirá al Contratista el importe de los gastos que requiera erogar para pesar el material, consistente en suministro, instalación y puesta en servicio de básculas, conservación y verificación de ellos durante todo el tiempo, el importe de los gastos de descarga y colocación del material de acuerdo con el proyecto para formar los enrocamientos.

El Contratista adjuntará, como parte integrante de su proposición, el precio de hora máquina de los siguientes equipos: grúas provistas de garra, palas, tractores, cargadores, compresores, camiones para transporte de material, chalanes tolva, grúas flotantes, remolcadores y en general todo el equipo pesado incluido en su oferta.

DIFERENTES TIPOS DE PERSONAL.- Los precios unitarios estipulados en el catálogo de conceptos de trabajo, deberán incluir: las erogaciones por parte del Contratista para sostener una planta de personal idóneo y eficiente que pueda llevar a cabo la realización del proyecto o cumplir satisfactoriamente, con las siguientes actividades:

- a) Personal directivo.- Este personal estará capacitado para dirigir y manejar las actividades de la Empresa en tal forma que cumpla con los requisitos de Programa y calidad de obra, como lo determina el -- Proyecto y cumpliendo con las instrucciones que dé la Secretaría.
- b) Personal de construcción.- Este personal estará - capacitado para llevar a cabo las obras de construcción en forma eficiente y correcta de tal manera -- que se cumpla con todos los requisitos que pida la- Secretaría.
- c) Personal de Ingeniería.- Este personal estará capacitado para interpretar, tanto los ordenamientos técnicos que indique el Ingeniero como los planos y especificaciones del proyecto y será en número sufi--ciente para atender todo lo relativo a extracción, carga, transporte y colocación de material pétreo, - operaciones de sondeos, trazos y niveles en la construcción de los enrocamientos con base en estas especificaciones siguiendo las líneas y niveles que -

indique el Proyecto.

En conclusión, los factores principales que intervienen en el estudio de costos en la construcción de rompeolas de enrocamiento son: Materiales, mano de obra y equipo.

CONCLUSIONES GENERALES

Como podemos observar de la fig. 6, donde se relaciona el -- ángulo de inclinación (α) del rompeolas, y el peso del material de enrocamiento, los siguientes autores: HUDSON, SVEE e IRIBARREN son los que mejor interpretan los resultados para este caso específico, ya que debido a las limitaciones económicas de nuestro país, son las fórmulas adecuadas para el diseño.

De la fig. 7, podemos decir que los autores que están comprendidos dentro de la franja obscura, son los que coinciden en el peso requerido para el cálculo del rompeolas, si analizamos la tabla 2, los que resultan mas seguros y económicos -- son" METELICYNA, HEDAR y HUDSON.

Quando se relaciona la densidad de la piedra (ρ_s), contrapeso de material de enrocamiento como se ve en la fig. 8, nos damos cuenta que a medida que aumenta la densidad (ρ_s), disminuye el peso (W). Por lo consiguiente, las fórmulas que

se recomiendan son las que caen dentro del rango, de acuerdo a las condiciones específicas de nuestro problema.

En México, debido a la influencia que tiene los E.U.A. sobre nuestro país, la fórmula que se utiliza en el Departamento de Estudios y Laboratorios de la Dirección General de Obras Marítimas, es la de HUDSON.

Para la construcción de un rompeolas de enrocamiento, los factores mas importantes son los siguientes, que el material a emplear se encuentre en buenas condiciones, que la explotación de las pedreras se haga con sumo cuidado, que el transporte del enrocamiento sea lo más eficiente, que la colocación del enrocamiento sea por secciones y utilizando la maquinaria adecuada. Que los sistemas de control se efectuen con la debida precaución y se apeguen a las normas y especificación de construcción.

Deberán de tomarse todas las medidas de seguridad, antes de construir el rompeolas, debido a fenómenos que pudiesen presentarse al alterarse el equilibrio de las playas adyacentes.

Para el estudio de costos en la construcción de un rompeolas los factores más importantes son materiales, mano de obra y equipo.

BIBLIOGRAFIA

PERMANENT INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF NAVIGATION
CONGRESSES (BELGICA)

Final report of the
International Commission
for the study of waves
Annex to bulletin No.25
(vol.III/1976)

U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING
RESEARCH CENTER

Shore protection planning
and design. Technical
report No.4 3 th Edition
1966

INGENIERIA MARITIMA

Roberto Bustamante Ahumada
Ediciones Temas Marítimos,
S.de R.L.
2a. Edición 1976

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES,
SUBSECRETARIA DE PUERTOS Y
MARINA MERCANTE
DIRECCION GENERAL DE OBRAS
MARITIMAS

Especificaciones complementarias para la construcción de Rompeolas, Escolleras, Espigones y Pedraplenes. 1976.

CURSO DE OBRAS MARITIMAS

Centro de Educación Continua U.N.A.M. -1977

I N D I C E

CAPITULO I

1

Descripción General de Sistemas de Diseño de Rompeolas.

- Rompeolas ligados a la costa.
- Rompeolas paralelos a la costa.
- Cálculo de rompeolas de enrocamiento
- Altura máxima del deslizamiento hacia arriba de la ola a lo largo del recubrimiento de un rompeolas de enrocamiento
- Selección de alturas de la ola de diseño para estructuras costeras
- Discusión de diversas fórmulas para diseño de rompeolas

81

CAPITULO II

82

Principios Básicos para la Construcción de Rompeolas.

- Materiales a emplear
- Explotación de pedreras
- Transporte del enrocamiento
- Colocación del enrocamiento

86

CAPITULO III

87

Diferentes Tipos de Coraza

- Enrocamiento
- Elementos prefabricados

91

CAPITULO IV		92
	Fenómenos Secundarios Originados por la Construcción del Rompeolas.	
	- Desembocadura de ríos y esteros	95
CAPITULO V		96
	Sistemas de Control en la Construcción del Rompeolas.	
	- Suministro de materiales	
	- Extracción del material	
	- Clasificación del material en el banco	
	- Carga, acarreo, descarga y colocación.	
	- Problemas en la construcción	
	- Secuencia en la colocación del material	
	- Control de peso	
	- Equipo requerido	105
CAPITULO VI		106
	Principios Básicos para el Estudio de Costos en la Construcción de Rompeolas de Enrocamiento.	
	- Diferentes tipos de personal	111
CONCLUSIONES GENERALES		112
BIBLIOGRAFIA		115