

2  
25



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE COEFICIENTES DE  
REFLEXION DEL TALUD DE VARADO DE  
EMERGENCIA Y DE LOS PARAMETROS  
PROYECTADOS PARA UNA TERMINAL  
MARITIMA.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

**MIGUEL ANGEL ANDRADE AGUIRRE**

**ASESOR: ING. VALENTE TORRES ORTIZ**

México

1999

273752

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco, primeramente a DIOS;  
Por concederme la dicha de la vida.*

*Agradezco a mis Padres,  
Por su paciencia, comprensión y  
Apoyo que siempre han tenido la  
Virtud de brindarme.*

*A mis Hermanos que "siempre" me han apoyado.*

*A mis Maestros, por su virtud de transmitir  
Sus conocimientos y sabiduría.*

*Especialmente  
A mi Asesor y demás Maestros que  
Me apoyaron y que tuvieron la  
Paciencia necesaria  
para realizar está Tesis.*

*A mis Amigos y Compañeros  
Especialmete a: el Osito bimbo, Beiser, Javier,  
El chico-ché, Juan Diego, Cascas, El Pato, Sil & Sil,  
El Vampiro, Martín y los que me faltaron.*

*Además de todas las  
Personas que de alguna manera u otra  
Han intervenido para con mi formación como  
Persona.*

*GRACIAS.*

*Agosto 99.*

# INDICE

	<b>PAGINA</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURAS ENSAYADAS</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>METODO EXPERIMENTAL</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>PROYECTO DEL MODELO</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>INSTALACIONES EXPERIMENTALES</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>CONDICIONES DE OLEAJE EN LOS ENSAYOS</b>	<b>32</b>
<b>3.4</b>	<b>CALCULO DE LA SEÑAL DE OLEAJE IRREGULAR</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>METODO DE ANALISIS</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>TEORIA DE LA SEPARACION DEL ESPECTRO DE OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>CALCULO DE LA SEPARACION ENTRE SENSORES</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>CALCULO DEL COEFICIENTE DE REFLEXION</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUCCION

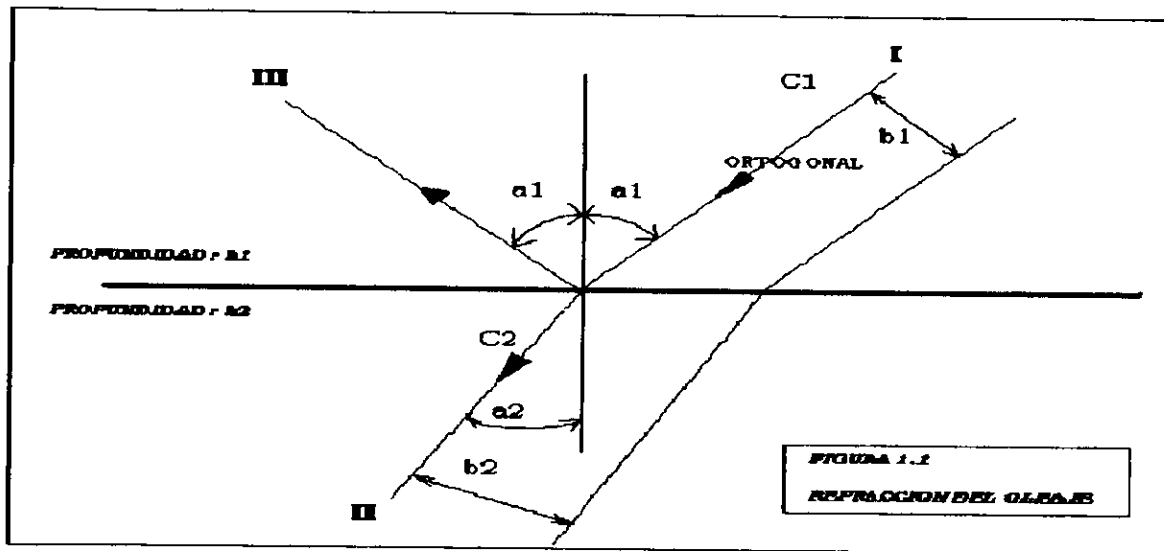
El principal objetivo que se persigue al realizar el estudio del coeficiente de reflexión en un talud de varado de emergencia de una estructura predeterminada, es el de valorar el efecto del fenómeno en la estructura, así como sus posibles consecuencias. Además de, presentar los resultados experimentales de los valores del coeficiente de reflexión utilizando el oleaje irregular, para un talud de varado de emergencia y los parametros proyectados para una terminal marítima

El coeficiente de reflexión tiene su importancia en el diseño de las estructuras marítimas; ya que es un fenómeno derivado de la interacción entre el fenómeno de refracción y difracción del oleaje.

El fenómeno de refracción ocurre por el cambio local de la celeridad del oleaje correspondiendo a un cambio en la profundidad. Es por eso que se debe considerar los cambios de dirección y la altura de la ola.

Cuando el oleaje incide oblicuamente y avanza de una profundidad  $h_1$  a una profundidad  $h_2$ , el oleaje se refracta sobre la línea de frontera y la celeridad del oleaje cambia, como se muestra en la figura 1.1.

Suponiendo si, el intervalo entre dos líneas de la dirección del oleaje cambia de  $b_1$  a  $b_2$ ; y si se puede considerar que la energía del oleaje se conserva entre las dos líneas de la dirección del oleaje, y si no hay pérdida de energía del oleaje por fricción en el fondo del mar, entonces las proporciones de  $H_2$  que corresponde a la profundidad  $h_2$ , y  $H_1$  que corresponde a la profundidad  $h_1$  se presentan con la fórmula siguiente por continuidad de la energía transportada:



$$\frac{H_2}{H_1} = \sqrt{\frac{C_{G1}}{C_{G2}}} \cdot \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}$$

Donde:

$C_{G1}, C_{G2}$  = Celeridad de grupo en la profundidad  $h_1$  y  $h_2$ , respectivamente.

$b_1, b_2$  = Intervalo de la línea u ortogonal de la dirección del oleaje en la profundidad  $h_1$  y  $h_2$ , respectivamente.

La importancia de la refracción del oleaje estriba en el hecho de que prácticamente todas las estructuras marítimas se constituyen en aguas bajas o intermedias, donde las olas sufren considerables cambios debido a su efecto. Por lo tanto, el estudio del fenómeno de refracción es materia obligada para la determinación de las características del oleaje y sus acciones, como por ejemplo:

- Deducir las características de las olas finitas, a partir de las correspondientes en aguas profundas, en donde no tiene influencia el fondo; así como definir la altura de ola en cada punto.
- Determinar concertaciones.
- Determinar arrastres y sedimentos.
- Definir los ángulos de incidencia de los frentes de ola con respecto a la línea de costa, lo que permite calcular la tendencia y magnitud del transporte litoral.
- Definir fronteras de modelos hidráulicos.

Además de la refracción causada por el fondo, las olas pueden refractarse por corrientes o por algún otro fenómeno que provoque que parte de las olas se desplace más rápidamente que otra.

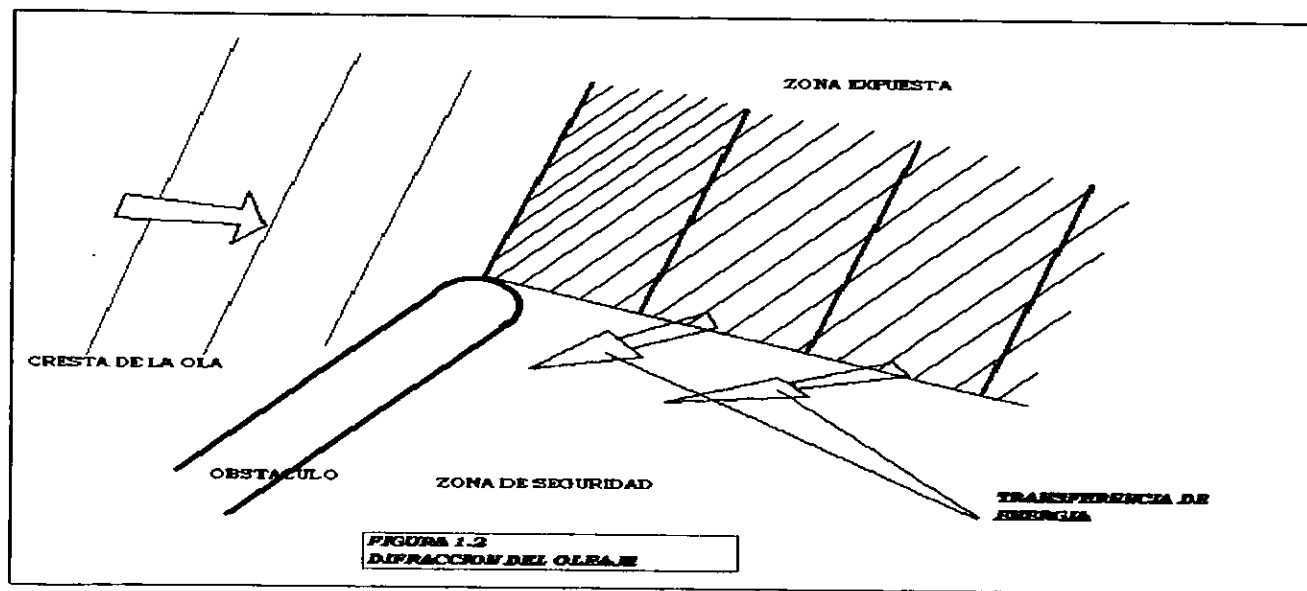
La difracción del oleaje es principalmente una transferencia de la energía de una zona a otra; se presenta cuando el oleaje es interrumpido por un obstáculo que impide su paso a la zona posterior del mismo. El obstáculo puede ser natural, como una isla; o artificial, como un rompeolas; las ondas se curvan a su alrededor y penetran dentro de la zona protegida, diciéndose que se presenta una "Expansión lateral" como se muestra en la figura 1.2.

Para el análisis de la difracción como el de refracción; se suponen unas hipótesis de partida, las cuales son:

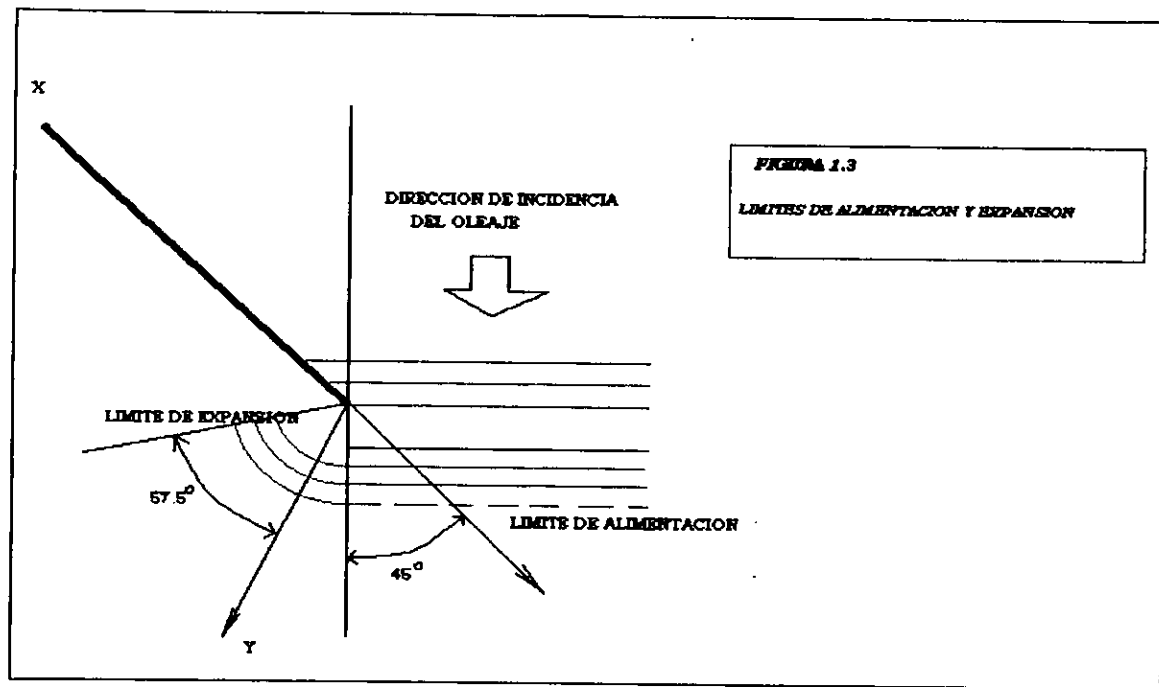
- Onda monocromática.
- Periodo constante.
- Cresta indefinida.
- Energía constante entre ortogonales y celeridad que dependen exclusivamente de la profundidad del punto donde se desplaza.

Siguiendo estos lineamientos se tiene que al incidir una ola sobre el morro de una estructura marítima, hay unas zonas donde la ola no se modifica, la cual se encuentra restringida por el límite de expansión y alimentación; tal como se muestra en la figura 1.3.

El límite de expansión es una recta tangente al morro, que forma un ángulo de  $57^{\circ}31'$  con la perpendicularidad a él; por su parte el límite de alimentación queda definido por la línea tangente al morro, colineal a las ortogonales de la ola incidente.







La reflexión adquiere más importancia cuando el oleaje es menor o tiende a ser menos agresivo.

Si una persona se encontrara de pie en una playa y observa el mar, podría ver que arriban a ella olas de diversos periodos, y por consecuencia de diversas alturas. Horas después, en la misma playa, el observador notará que la línea de la costa ha retrocedido o ha avanzado, con respecto a la primera posición que éste había notado; esto se debe a efecto producido por la variación del oleaje y otros factores físicos que intervienen en el comportamiento del oleaje. Las partes principales que componen una onda de oleaje son la cresta y el valle; como se muestra en la figura 1.4.

La altura de ola "H", se define como la distancia vertical entre la cresta y el valle, o seno de una ola determinada; por su parte la longitud "L" es la distancia horizontal medida entre dos crestas o valles consecutivos. Otra característica importante de la onda de oleaje es el hecho de que esta dada por un periodo "T", el cual se define como el tiempo que tarda en pasar por un punto fijo dos crestas o dos valles consecutivamente; la celeridad "C" de onda, es la velocidad con la cual se desplaza la ola, es decir:

$$C=L/T$$

Para definir las características del perfil de una ola, se utiliza a lo que se llama relación de esbeltez; que es la relación que existe entre la altura y la longitud de la ola; y esta definida por la siguiente formula:

$$\gamma = H/L$$

El oleaje considerado para el diseño de las estructuras para estimar la agitación en el atracadero debe ser determinado basándose en datos del comportamiento del oleaje actual y/o datos estimados estadísticamente; además de considerar la deformación del oleaje.

El procedimiento para determinar el oleaje de diseño se presenta en la figura 1.5.

En esta figura, los datos del oleaje estimados como los del mar agitado, los de huracanes y los datos registrados en periodos largos. Las estadísticas del oleaje se deben analizar dividiéndolos en dos casos: del mar agitado y del mar ordinario utilizando métodos diferentes de análisis. Para que el primer análisis se realice para el diseño de las estructuras y el segundo es para estimar el número de días de menor agitación en el atracadero y el porcentaje de posibilidad de carga y descarga.

La deformación del oleaje significa transformar las condiciones de mar adentro a algún lugar en donde se necesitan los datos de oleaje; es decir, la deformación incluye la refracción, la difracción, la reflexión, el efecto de fondo y rompimiento del oleaje.

El oleaje actual en el mar es considerado como la continuación de las olas altas y bajas; así como las largas y las cortas. Hay dos procedimientos basándose en los diferentes conceptos para analizar las características de estas olas irregulares. Analizando principalmente las siguientes características: Primeramente se da una definición de altura y periodo para cada una de las olas y después se analizan las características de altura y periodo en el tren de oleaje, basándose en la suposición de que el oleaje es la continuación de olas que tienen muchas alturas y muchos periodos diferentes. El otro concepto se basa en el oleaje actual, que en el mar es la acumulación de muchos oleajes regulares y los cuales tienen muchas alturas y muchos periodos diferentes; las

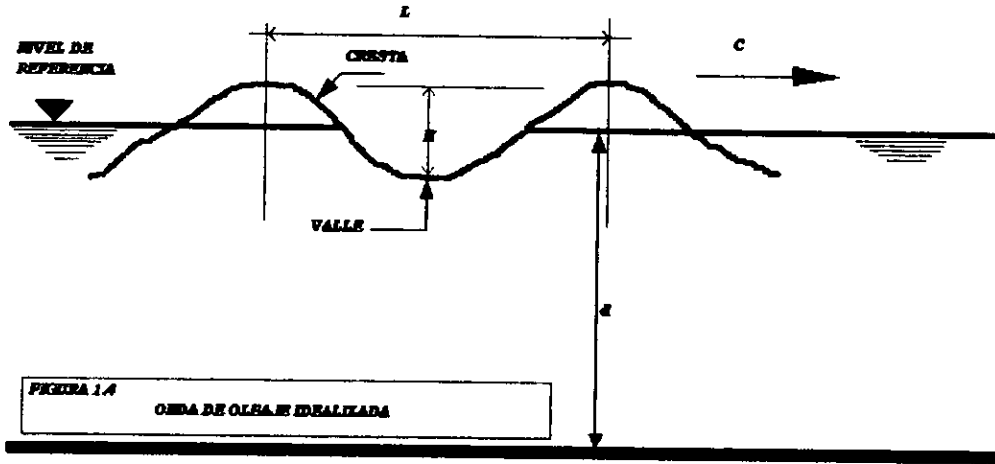


FIGURA 1.4  
ONDA DE OLEAJE IDEALIZADA

## **DATOS DE OLEAJE ESTADISTICO**

*(1) DATOS DE MEDIDAS ACTUALES*

*(2) DATOS ESTIMADOS*

### **ANALISIS ESTADISTICO**

**(1) OLEAJE DE MAR ORDINARIO**

**(2) OLEAJE DE MAR AGITADO**

**\* PROBABILIDAD DE OCURRENCIA EN AGUAS PROFUNDAS**

**\* OLEAJE DE DISENO EN AGUAS PROFUNDAS**

**\* DEFORMACION DEL OLEAJE**

**\* DEFORMACION DEL OLEAJE**

**\* PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL OLEAJE EN EL LUGAR OBJETO.**

**\* DIMENSION DEL OLEAJE DE DISENO:  
(1) OLEAJE SIGNIFICANTE  
(2) OLEAJE MAXIMO**

**(1) AGITACION DEL ATRACADERO  
(2) PORCENTAJE DE POSIBILIDAD Y EL NUMERO DE DIAS POSIBLES. DE CARGA Y DESCARGA.  
(3) ENERGIA DEL OLEAJE QUE SE TRANSPORTA.  
(4) ETC.**

**(1) FUERZA DEL OLEAJE QUE ACTUA SOBRE LAS ESTRUCTURAS.  
(2) LA CANTIDAD DE AGUA DEL MAR QUE REBASA EL ROMPEOLAS, DIQUES Y MALECONES.  
(3) ETC.**

**FIG. 1.5 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL OLEAJE DE DISENO**

características del tren de oleaje se analiza basándose en los resultados del análisis de oleaje regular individual. Cuando el oleaje es reflejado por una estructura, causa un incremento de la agitación enfrente de ella, la cual se propaga hacia alguna distancia provocando disturbios en zonas de calma y provocando en algunos casos, socavación al pie de la estructura o la consiguiente erosión en la costa del lado aguas debajo de la defensa, por lo que resulta necesario en lo posible disminuir la reflexión del oleaje.

La reflexión del oleaje es importante en el diseño del recinto protegido de un puerto, ya que por su entrada pueden penetrar ondas que aunque estén difractadas son reflejadas por las paredes verticales de los muelles y muros. Si la relación entre la longitud del oleaje y las dimensiones del puerto se produce resonancia, hay posible peligro de destrucción de las embarcaciones al chocar contra esas paredes. Esto se evita reduciendo la reflexión en algunas zonas o cambiando las dimensiones del puerto o de algún muelle o atracadero.

Si el oleaje no incide normalmente a la pared es reflejado con un ángulo igual al de incidencia; como se muestra en la siguiente figura 1.6.

La separación que existe en las líneas punteadas; o sea, las líneas antinodales; son igual a:  $(L/2) \cos \beta$ . Este problema de disipación de la energía del oleaje se le conoce como la estimación de la propagación del oleaje reflejado.

Concerniente a la disipación de la energía del oleaje, el grado de reflexión del oleaje necesita ser cuantificado, para este propósito el coeficiente de reflexión  $K_R$ , se define como la relación del oleaje reflejado  $H_R$  y el oleaje incidente  $H_I$  y se expresa como:

$$K_R = \frac{H_R}{H_I}$$

La magnitud de  $K$  podría variar de 1.0, para una reflexión total o pura, a 0.00, para un efecto de amortiguamiento; sin embargo, un valor pequeño de este coeficiente no necesariamente implica disipación de la energía de la ola, dado que la energía podría ser transmitida a través de la estructura, si ésta es permeable como el caso de un rompeolas o escollera. Al inducir el oleaje en una estructura, parte de su energía se refleja, otra se transmite a la estructura y otra parte se puede llegar a disipar si la ola se rompe.

Los coeficientes de reflexión para la mayoría de las estructuras son estimados usualmente por medio de ensayos en modelo hidráulico, porque un análisis teórico del problema no es posible debido al rompimiento parcial del oleaje por la estructura asociado a la reflexión.

Los valores aproximados del coeficiente de reflexión son reportados por varias referencias internacionales, sin embargo es necesario tomar en cuenta las diferentes variables que intervienen en el fenómeno para cada estructura en particular.

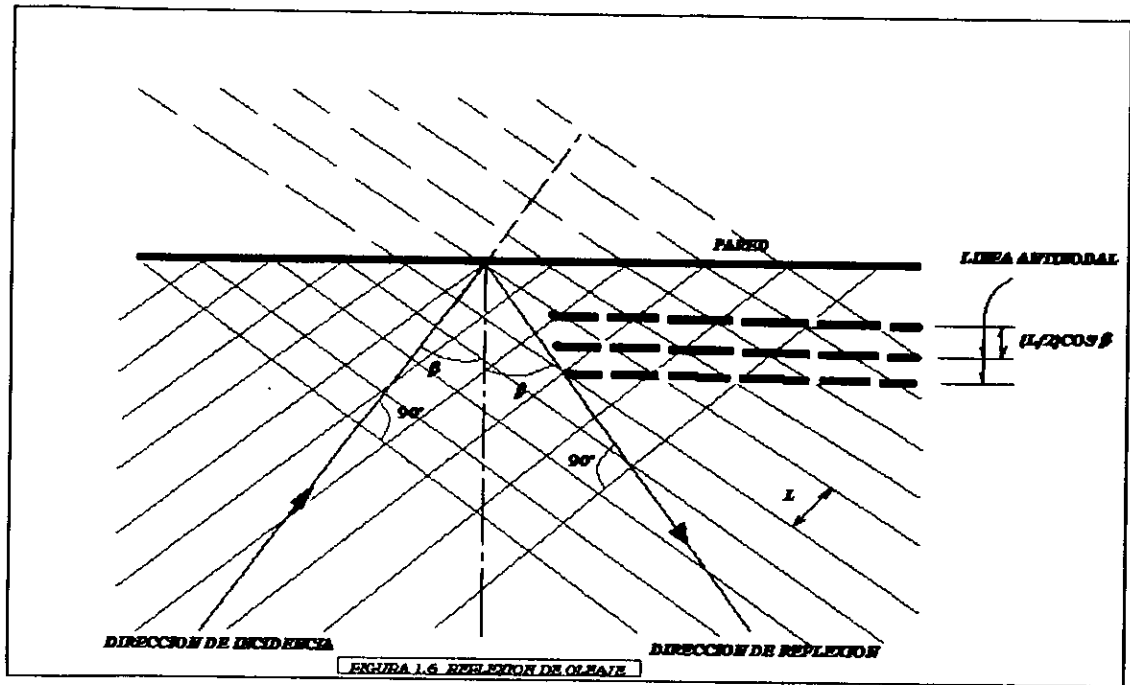
Por ejemplo un rango en los coeficientes de reflexión para cada estructura con pared vertical depende del grado de sobre elevación del oleaje (overtopping), es decir si la elevación de la corona se incrementa los coeficientes se incrementan también.

Generalmente los valores del coeficiente de reflexión oscilan entre 1.0 y 0.2 como se expresa en la siguiente tabla:

**TIPO DE ESTRUCTURA****VALOR DE KR**

Muros verticales o casi verticales	0.8-1.0
Estructuras con taludes comprendidos entre 2 y 3	0.4-0.8
Estructuras de bloques de concreto	0.2-0.4
Terraplenes	0.3-0.5
Playa natural	0.1-0.2

Para una pared vertical perforada, usada para disipar la energía del oleaje. El coeficiente de reflexión depende de la forma de la estructura, del ancho de la sección disipadora de la energía relativa a la longitud del oleaje incidente, y de otros factores por lo tanto es necesario realizar en lo posible, ensayos en modelo hidráulico para estimar el coeficiente de reflexión para cada tipo de estructura en particular para las condiciones del oleaje dado.



## 2 ESTRUCTURAS ENSAYADAS

Las estructuras portuarias las podemos dividir en dos grupos, para manejarlas de una manera general; el primero serían las estructuras de protección como lo son los rompeolas y las escolleras; el otro grupo serían los elementos de amarre y atraque; que son las estructuras que principalmente se están enfocando en este estudio.

Para obtener el mejor aprovechamiento de un puerto; se planea o se diseña con la mayor longitud de muelle posible, esto provoca que existan lugares que se encuentran encajonados o de alguna manera encerrados donde la disipación de la energía de la ola es más problemática y es principalmente ese lugar donde el coeficiente de reflexión cobra más importancia. Las estructuras de atraque y amarre pueden subdividirse a su vez en estructuras pesadas, sobre las cuales pueden moverse grúas y vehículos de grandes dimensiones; y estructuras ligeras, que solo pueden sostener tuberías, correas transportadoras y vehículos ligeros.

Las estructuras pesadas; que se denominan muelles; pueden ser marginales, es decir: paralelas a la línea de la costa, estas estructuras serán la base de nuestro estudio; las estructuras ligeras, que se proyectan también hacia aguas más profundas, se denominan espigones.

Los muros de un muelle pueden variar debido a que existen varias formas de construcción, cada una de las cuales es adecuada para ciertas condiciones. Cabe citar para ejemplificar a: 1) los muros de contención de bloques, 2) los muros de tablaestacas ancladas y 3) los muelles marginales de pilotes descubiertos.



### 1) Muro de contención de bloques.

Este tipo de muro, que se muestra en la figura 2.1, requiere unos cimientos firmes, no erosionables, preferiblemente de piedra o arcilla dura, pero puede utilizarse una capa de piedra sobre el suelo fragmentada para impedir la socavación.

El muro puede construirse con bloques separados, colocados generalmente bajo el agua. Entre las posibles variantes podemos mencionar la disposición homogénea de los bloques, en la que estos se colocan en hiladas horizontales; la disposición de los bloques en capas, en la que los bloques van dispuestos en un plano inclinado, lo cual permite que el muelle se adapte al asentamiento del terreno; y la utilización de bloques huecos, que reduce el peso de los elementos que han de manipularse. Si el muro puede construirse en seco, es muy adecuada la construcción con hormigón en masa.

Los cajones de hormigón pueden utilizarse para la construcción de los muros de muelle, teniendo principal cuidado al ser transportado por flotación para posteriormente ser hundidos y colocados en forma definitiva en el lugar dispuesto para ello; excavado hasta el nivel deseado.

La elección entre estos dos tipos de muelle depende mucho de las condiciones del suelo. Generalmente solo se utilizan bloques y cajones flotantes cuando el muelle se pretenda construir en aguas donde la profundidad se aproxime a la deseada de dragado. Puede construirse un cajón en su forma definitiva cuando el muelle está en tierra y cuando el terreno por encima del nivel de dragado es blando.

### 2) Tablaestacados anclados.

Los muros de contención hechos a base de tablaestacas de acero ancladas, que se muestran en la figura 2.2; se han utilizado frecuentemente como muros de muelle y deben recomendarse especialmente cuando la altura del muelle no tiene que ser excesivamente grande y cuando el suelo es arena de densidad media.

Pueden obtenerse muros de muelle de altura utilizando las tablaestacas metálicas compuestas. Para reducir el momento de flexión del muro se emplea una doble fila de barras de anclaje o construir una plataforma para reducir la carga por encima del tablaestacado. En este tipo de muro pueden utilizarse tablaestacas de hormigón, pero las tablaestacas de hormigón son más pesadas, más difíciles de hincar y hay problemas para lograr que la arena no se escape entre ellas.

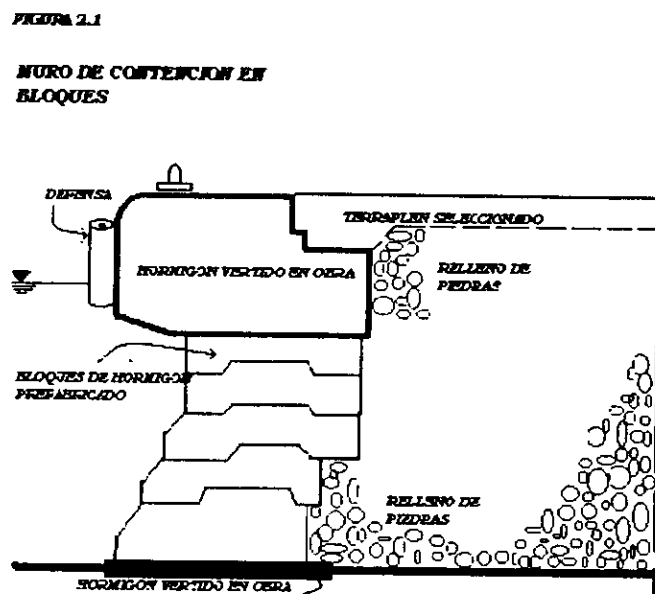
### 3) Malecones sobre pilotes descubiertos.

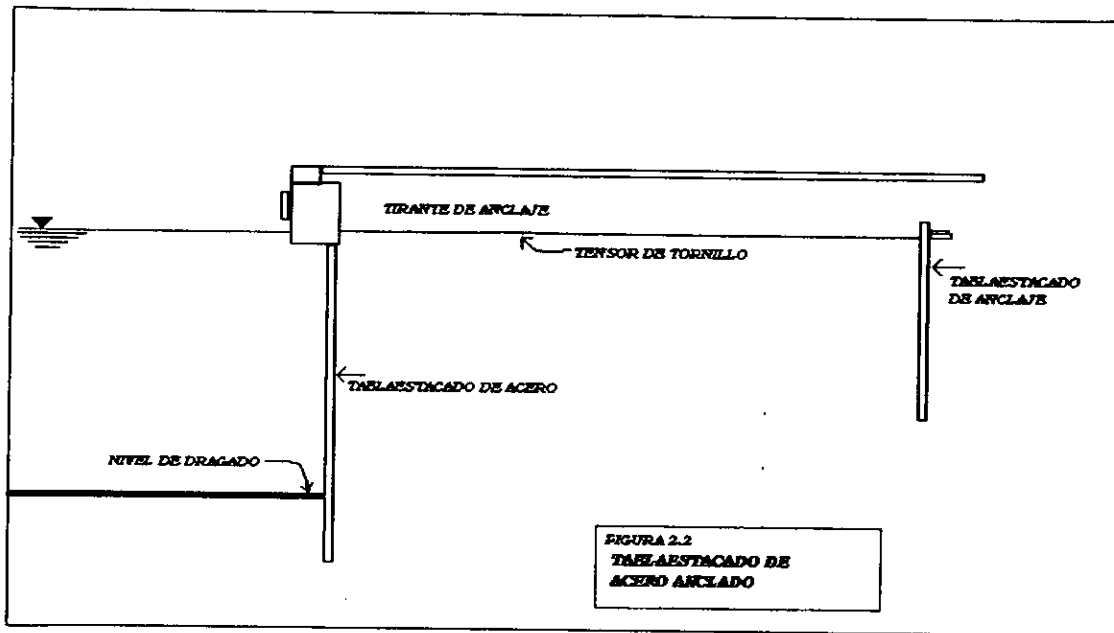
Una de las formas más frecuentemente utilizadas para la construcción de malecones es la plataforma sobre pilotes descubiertos como se muestra en la figura 2.3; esta forma de muelle puede comprender, además de los pilotes verticales normales, pilotes hincados con inclinación y/o barras de anclaje unidas a bloques de anclaje colocados a cierta distancia detrás del muelle. Este tipo de muelle se construye sobre un talud revestido de piedra (talud con un paramento de piedra más dura) (o sobre un terraplén o dique de piedra que sirve para retener los materiales más finos; generalmente materiales de relleno; situados detrás del muelle.

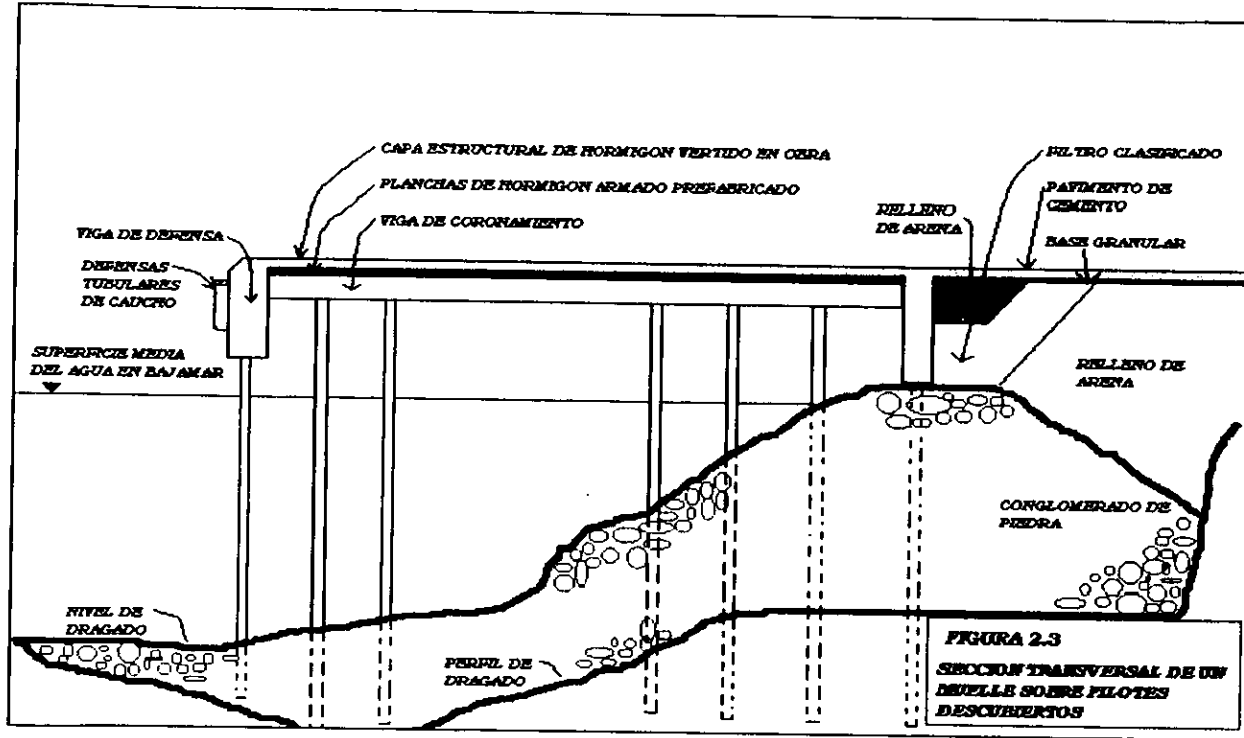
Los espigones permiten que los buques puedan atracar a cierta distancia de la costa por una estructura de caballetes o una calzada elevada sobre la que puede haber una carretera, tuberías o correas transportadoras. En ciertos casos especiales se pueden prescindir de las estructuras de acceso utilizando, por ejemplo, oleoductos submarinos

FIGURA 2.1

MURO DE CONTENCIÓN EN BLOQUES







**FIGURA 2.3**  
**SECCION TRANSVERSAL DE UN**  
**DEQUE SOBRE PILOTES**  
**DESCUBIERTOS**

para el petróleo, o teleféricos para el mineral a granel. Pueden construirse espigones en las aguas protegidas de los puertos para crear un puesto de atraque relativamente económico destinado a los buques de carga especializada, y; en esos casos; solo se necesita una corta estructura de acceso.

En otros casos, los espigones pueden construirse en mar abierto frente a la costa, con una larga estructura de acceso para llegar a aguas suficientemente profundas. Un espigón puede ser un medio muy económico de proporcionar una instalación para buques cisterna y buques granaleros, pero antes de adoptar esta solución hay que tener en cuenta las condiciones desfavorables de la construcción y los periodos en que no puede utilizarse el puesto de atraque debido a las condiciones atmosféricas.

Mientras que en el caso de los muros de muelle normales la estructura realiza las dos funciones de ofrecer un puesto de atraque para el buque y una plataforma de trabajo par las operaciones de carga y descarga, en el caso de un espigón suele resultar económico separar la dos funciones desde el punto de vista estructural. Así pues, en la plataforma de trabajo, o morro del espigón, se sitúa el equipo de manipulación de la carga a granel, los dispositivos de manipulación de las tuberías, etc. .

Conociendo las características principales de las estructuras ligeras y pesadas solo se definirán los diferentes tipos de estructuras ensayadas y denominadas como tipos de estructuras: 1, 2, 3, 4, 5, 5A,6 y 7. Son las estructuras que se describen a continuación:

#### ESTRUCTURA TIPO 1

Esta estructura se construyó de tipo impermeable, con ancho de corona de 9.00 m, y con un nivel de desplante a -14.00 m. Esta estructura estuvo definida por medio de un paramento vertical comprendido entre el nivel de coronamiento (+ 5.00 m) y el nivel + 2.50 m, por un talud con valor de 1:1 comprendido entre el nivel +2.50 m y el nivel - 3.00 m, y finalmente por otro paramento vertical comprendido entre el nivel - 3.00 m y el nivel de desplante de la estructura (- 14.00 m); como se muestra en la figura 2.4.

#### ESTRUCTURA TIPO 2

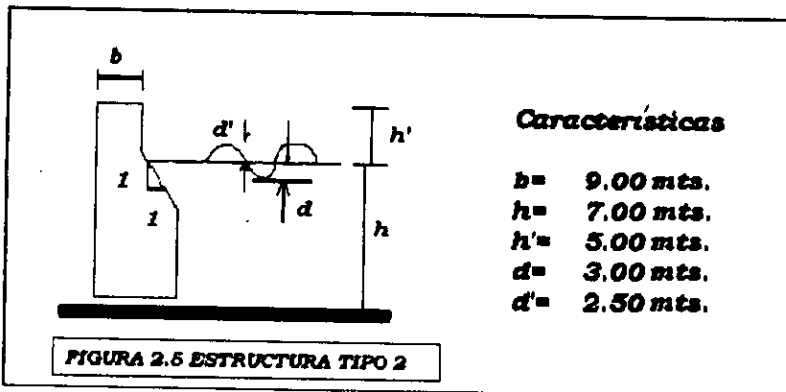
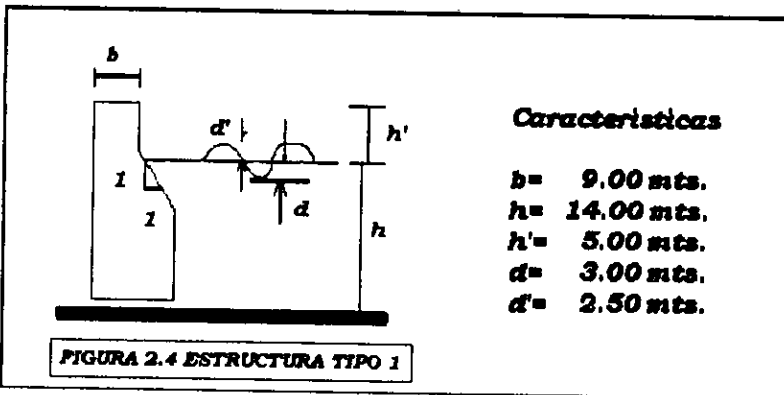
Esta estructura se construyó de tipo impermeable, con nivel de desplante a -7.00 m. y con las mismas características indicadas en el caso de la estructura Tipo 1. Como se muestra en la figura 2.5.

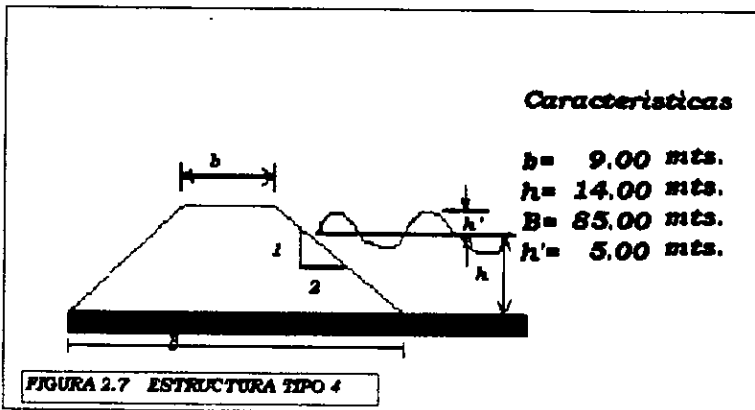
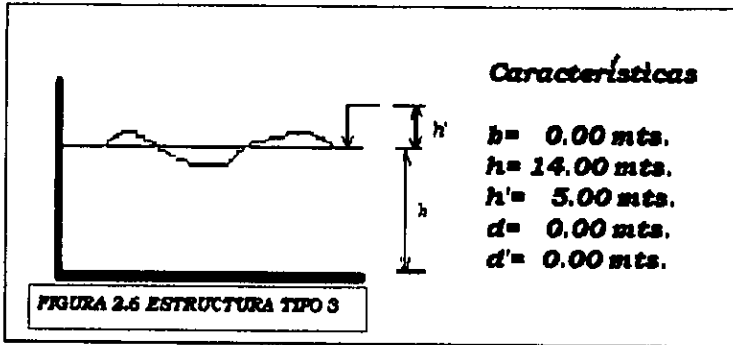
#### ESTRUCTURA TIPO 3

Esta estructura se construyó de tipo impermeable, y estuvo definida por un paramento vertical comprendido entre el nivel de coronamiento (+5.00 m.) y el nivel de desplante de la estructura (-14.00 m). Como se muestra en la figura 2.6.

#### ESTRUCTURA TIPO 4

Esta estructura se construyó de tipo impermeable, con ancho de corona de 9.00 mts y nivel de desplante a -14.00 mts., y nivel de coronamiento a +5.00 m. Esta estructura estuvo definida por medio de una sección de enrocamiento en el núcleo, capa secundaria y coraza con talud en el lado inferior y exterior con valor de 2:1. Como se muestra en la figura 2.7.





#### ESTRUCTURA TIPO 5

Esta estructura se construyó de tipo impermeable, con ancho de corona de 9.00 m., nivel de desplante a -14.00 m., y nivel de coronamiento a +5.00 m. Esta estructura estuvo definida por medio de una sección de enrocamiento en el núcleo, capa secundaria y coraza con talud en el lado interior y exterior con valor de 1.5:1. Como se muestra en la figura 2.8.

#### ESTRUCTURA TIPO 5A

Esta estructura se construyó de tipo permeable, con nivel de desplante a -7.00 m., y con las mismas características indicadas para el caso de la estructura Tipo 5. Como se muestra en la figura 2.9.

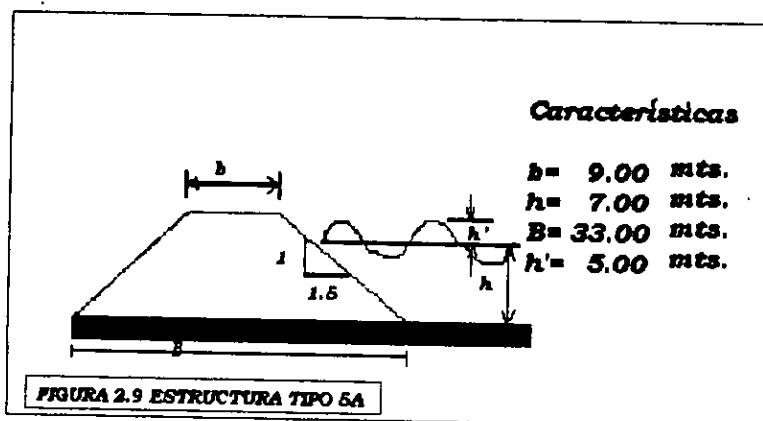
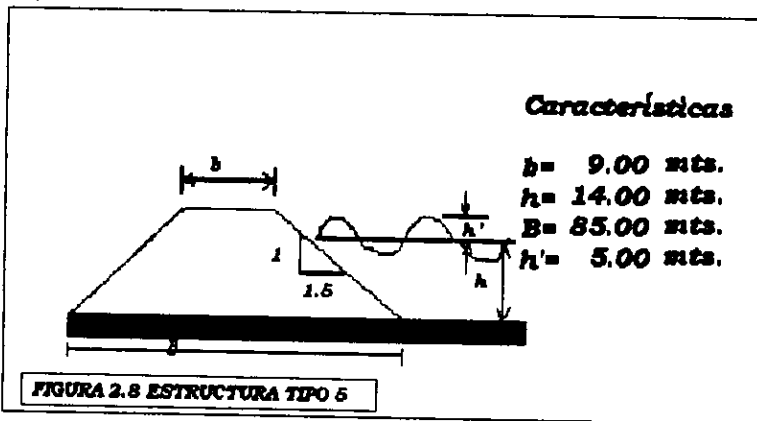
#### ESTRUCTURA TIPO 6

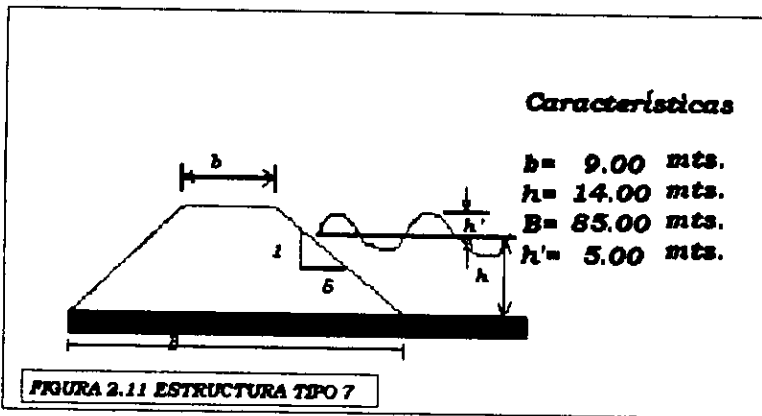
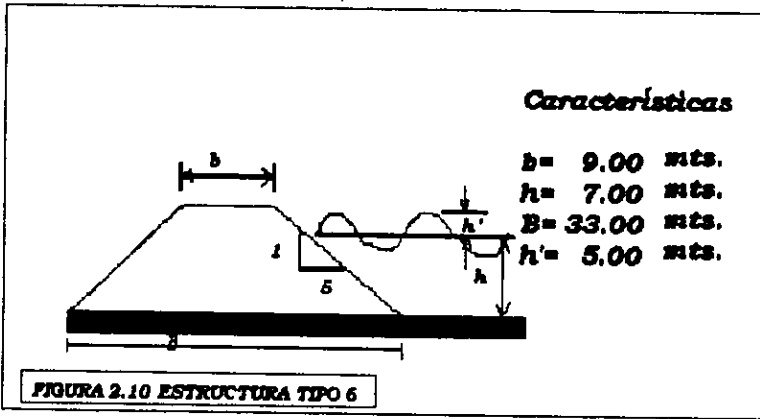
Esta estructura se construyó de tipo permeable, con ancho de corona de 9.00 m., nivel de desplante a -7.00 m., y nivel de coronamiento a +5.00 m. Esta estructura estuvo definida por medio de una sección de enrocamiento en el núcleo y capa secundaria, colocando en la coraza elementos artificiales (cubos ranurados) con talud en el lado interior y exterior con valor de 5:1. Como se muestra en la figura 2.10.

#### ESTRUCTURA TIPO 7

Esta estructura se construyó de tipo permeable, con nivel de desplante a -14.00 mts., y con las mismas características indicadas para el caso de la estructura 6. Como se muestra en la figura 2.11.







### 3 METODO EXPERIMENTAL

#### 3.1 PROYECTO DEL MODELO.

En vista que el principal fenómeno por estudiar fue el de reflexión del oleaje. El modelo por construirse no debería ser distorsionado, es decir, debería poseer la misma escala horizontal y vertical, ya que en caso contrario se alterarían las condiciones de l fenómeno. Dado que el oleaje del mar, son ondas de gravedad, el modelo deberá satisfacer las condiciones de Froude. Tomando en cuenta las características del canal de olas, las características del perfil de playa que existen en el canal y las características del oleaje prototipo. Se decidió construir las secciones a ensayar con una escala de líneas horizontales y verticales de 1: 30. Tomando en cuenta la ley de similitud de Froude y la escala de líneas seleccionada, se tuvieron las siguientes complementarias:

Escala de longitudes horizontales y verticales.	$L_e =$	1: 30
Escala de longitudes de onda	$L_e = L_e$	1: 30
Escala de periodos de oleaje	$T_e = L_e^{1/2}$	1: 5.47
Escala de celeridades de onda.	$C_e = L_e^{1/2}$	1: 5.47
Escala de alturas de oleaje.	$H_e = L_e$	1: 30

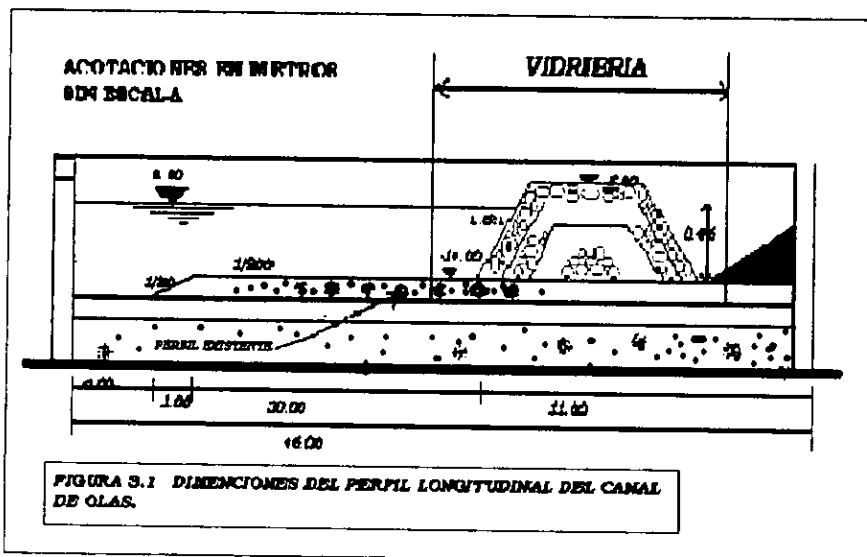
### 3.2 INSTALACIONES EXPERIMENTALES

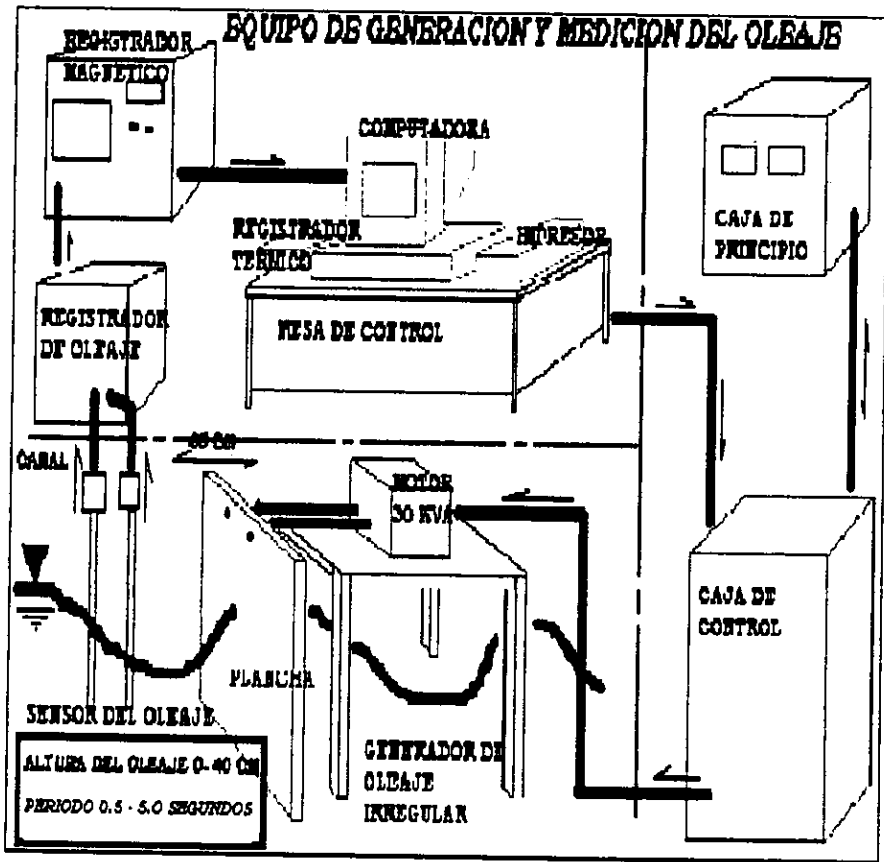
En el canal del oleaje mencionado en el inciso anterior, se puede generar el oleaje regular e irregular por medio de un batidor que se mueve con una señal de cualquier espectro frecuencial mandado por computadora. El oleaje se registró con un ológrafo de tipo capacitivo que manda la señal a un registrador térmico y a un registrador de cinta magnética, en donde se pueden guardar los datos del oleaje incidente y reflejado para después analizarlos por medio de la computadora, en las figura 3.1 y 3.2, se muestra en forma esquemática los equipos de generación y medición el oleaje utilizados en los ensayos.

### 3.3 CONDICIONES DE OLEAJE EN LOS ENSAYOS

Las estructuras mencionadas en el capítulo 2, se ensayaron con oleaje irregular, las condiciones de oleaje utilizadas en los ensayos correspondieron a lo siguiente :

<b>CASO No.</b>	<b>H<sub>1/3</sub> (m)</b>	<b>T<sub>1/3</sub> (SEG)</b>
1	1.50	5.0
2	3.00	5.0
3	1.50	7.50
4	3.00	7.50
5	1.50	10.00
6	3.00	10.00
7	1.50	12.00
8	3.00	12.00





**FIGURA 3.2 EQUIPO DE GENERACION Y MEDICION DEL OLAJE**

Para generar oleaje irregular en el modelo, resulta necesario calcular la señal del oleaje irregular. Es decir calcular las posiciones del bastidor en el tiempo, en función de las características del oleaje significativo para cada caso en estudio. Utilizando la distribución espectral de Bretschneider - Mitsuyasu.

3.4 CALCULO DE LA SEÑAL DE OLAJE IRREGULAR.

La señal de oleaje irregular que corresponde a la posición del bastidor en un determinado tiempo, y poder generar el oleaje irregular se hace uso de la ecuación que se expresa a continuación:

$$\xi(n) = \sum_{m=1}^M a_m \cos ( n \sigma_m \Delta t + \varepsilon_m ) \dots\dots\dots( 1 )$$

Donde:

- $\xi(n)$  = Posición de la plancha.
- $n$  = Tiempo.
- $M$  = Número de componentes (se recomienda de 3 a 100).
- $a_m$  = Amplitud de cada componente.
- $\varepsilon_m$  = Fase ( de 0 a 2 ) de cada componente:
- $\sigma_m$  = Frecuencia angular de cada componente.

Para determinar los valores de la amplitud ( $a_m$ ) y frecuencia angular de cada componente ( $\sigma_m$ ), se hace uso del espectro frecuencial.

En el espectro frecuencial se define como  $S(f)$  a la densidad de la energía del oleaje la cual es una función de la frecuencia  $f$ .

La frecuencia angular  $\sigma$  se deduce de las relaciones entre el periodo y la frecuencia  $f$  como sigue:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\sigma} \quad ; \quad f = \frac{\sigma}{2\pi} = \frac{1}{T}$$

$$\sigma = 2\pi / T \quad ; \quad \sigma = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots( 2 )$$

Por otro lado, la amplitud de cada componente de oleaje se define como:

$$a_m = \sqrt{ ( 1/F ) 2 ( \int_{f_{m1}}^{f_{m2}} s(f) df ) \dots\dots\dots(3)}$$

Donde:

- $F$  = Eficiencia del generador de oleaje.
- $s(f)$  = Espectro frecuencial en [ cm<sup>2</sup>/seg ]
- $f$  = Frecuencia en [ 1/seg ]

Si el intervalo entre  $f_{m1}$  y  $f_{m2}$  es pequeño  $f_m = f_{m2} - f_{m1}$ , se considerara:

$$a_m = \sqrt{(1/F) 2s(f_m)\Delta f_m} \dots\dots\dots(4)$$

El espectro frecuencial de oleaje irregular considerado con el criterio de Bretschneider - Mitsuyasu se expresa como:

$$S(f) = 0.257 H^2_{1/3} T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \{ -1.03 (T_{1/3} f)^{-4} \} \quad (5)$$

Donde:

$H_{1/3}$  = Altura de ola significativa en [ cm ]

$T_{1/3}$  = Periodo de ola significativa en [ seg ].

Por todo lo anterior expresado, el cálculo de la señal de oleaje irregular se realizó utilizando un programa de computadora;este contempla lo siguiente:

- El espectro frecuencial de Bretschneider - Mitsuyasu, se divide en bandas " M " de frecuencia.
- La altura de ola de cada componente, correspondiente al area de la banda en cuestión. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$\frac{H_i^2}{8} = \int S(f) df$$

Donde:

$H_i$  = Altura del oleaje regular (  $i = 1,2...M$  ) de cada componente.

$\int S(f) =$  Area del espectro de influencia de cada banda.

- El periodo del oleaje de cada componente correspondiente a la frecuencia representativa, se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_i = 1 / f_{ci}$$

Donde :

$T_i$  = es el periodo en [ seg ]

$f_{ci}$  = Es la frecuencia representativa (  $i = 1,2,3 \dots M$  )

- El valor de  $f_{ci}$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_{ci} = \{ (1.896 M^{1/2}) / T_{1/3} \} \{ \phi (2 L_n [ M/(i-1) ]^{1/2} - \phi (2L_n [ M/i ]^{1/2}) \}^{1/2}$$

Donde:

$T_{1/3}$  = Es el periodo significativo en [ seg ].

$M$  = Es el número de componentes.

$\phi$  = Es una función de errores .



- La función de errores se define con la ecuación que a continuación se expresa:

$$\phi(z) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_0^z \exp(-t^2/2) dt$$

- El cálculo de las fases "  $c_m$  " de las componentes se realizó, generando números aleatorios comprendidos entre 0 y  $2\pi$ .
- La señal de oleaje irregular calculada, se almacena en un archivo en disco flexible después de ejecutado el programa.

#### 4 METODO DE ANALISIS

El método de análisis utilizado en el presente estudio, para el oleaje incidente y reflejado, así como el coeficiente de reflexión. Corresponde con el presentado por ZOSHIMI GODA y ZASUMASA YUSUKI en 1976.....

##### 4.1 TEORIA DE SEPARACION DEL ESPECTRO DE OLAJE INCIDENTE Y REFLEJADO.

Supóngase que se genera oleaje regular utilizando el bastidor en un canal de olas y se refleja por la presencia de la estructura utilizada como modelo. El oleaje reflejado por la estructura regresa al batidor y este lo re-refleja nuevamente hacia la zona del modelo, repitiéndose este proceso repetidamente hasta atenuarse totalmente al sistema de multi-reflexión formado.

El sistema de multi-reflexión puede considerarse como la superposición de un número de oleajes propagándose en las direcciones positivas y negativas de la coordenada X. (figura 4.1)

El oleaje que se propaga en la dirección positiva es llamado oleaje incidente y el que se propaga en dirección negativa es llamado oleaje reflejado. La amplitud  $z$  el ángulo de fase para el oleaje incidente  $z$  reflejado son  $a_1, \epsilon_1, z, a_2, \epsilon_2$  respectivamente.

Considerando el oleaje senoidal de la figura 4.1 la altura de ola en el sensor 1 esta dada por la siguiente ecuación:

$$\eta = a_1 \cos(kx - \sigma t + \epsilon_1) + a_2 \cos(kx - \sigma t + \epsilon_2) + \dots \quad (6)$$

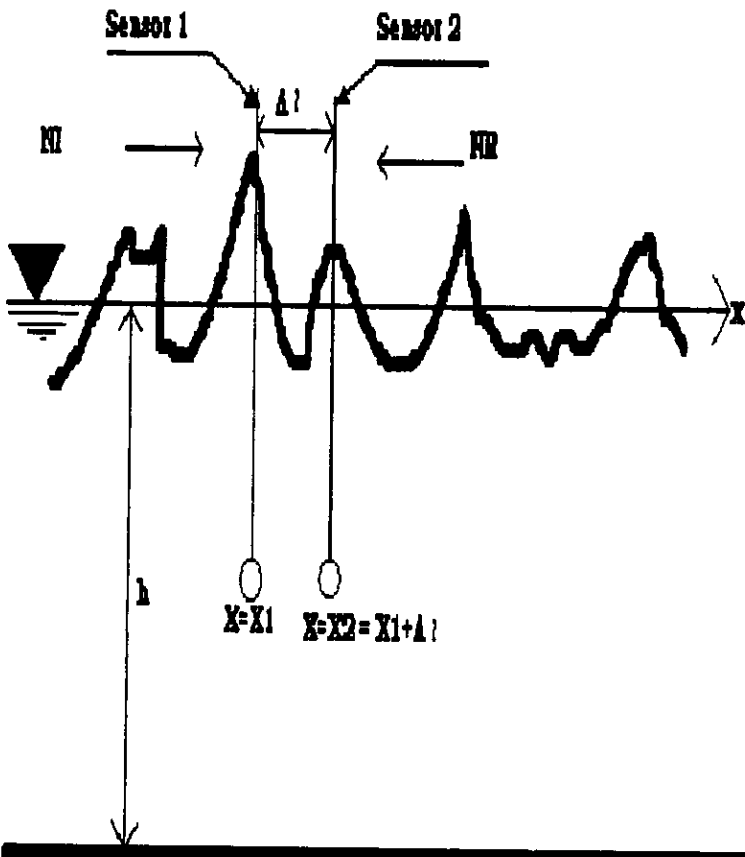


FIGURA 4.1

SUPER POSICION DEL OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO EN EL CANAL DE OLAS.

Donde los perfiles del oleaje incidente y reflejado ( $\eta_I$  y  $\eta_R$ ) se expresan con amplitud "a", numero de oleaje "k" y fase "c", como se indica a continuaci3n:

$$\eta = a_I \cos(kx - \sigma t + \epsilon_I) \dots\dots\dots(7)$$

$$\eta = a_R \cos(kx - \sigma t + \epsilon_R) \dots\dots\dots(8)$$

Sustituyendo las ecuaciones 7 y 8 en 6 resulta la ecuaci3n 9:

$$\eta = (a_I \cos(kx_1 + \epsilon_I) + a_R \cos(kx_1 + x_R)) \cos \sigma t + (a_I \sin(kx_1 + \epsilon_I) + a_R \sin(kx_1 + x_R)) \sin \sigma t \dots\dots\dots(9)$$

Suponiendo que:

$$\phi_I = kx_1 + \epsilon_I ; \phi_R = kx_1 + kx_R$$

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= a_I \cos \phi_I + a_R \cos \phi_R \\ B_1 &= a_I \sin \phi_I + a_R \sin \phi_R \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

Sustituyendo la suposiciones anteriores en la ecuaci3n 9 resulta:

$$\eta_1 = A_1 \cos \sigma t + B_1 \sin \sigma t \dots\dots\dots(11)$$

De la misma manera, la altura de ola en el sensor 2 esta dada por la siguiente ecuaci3n:

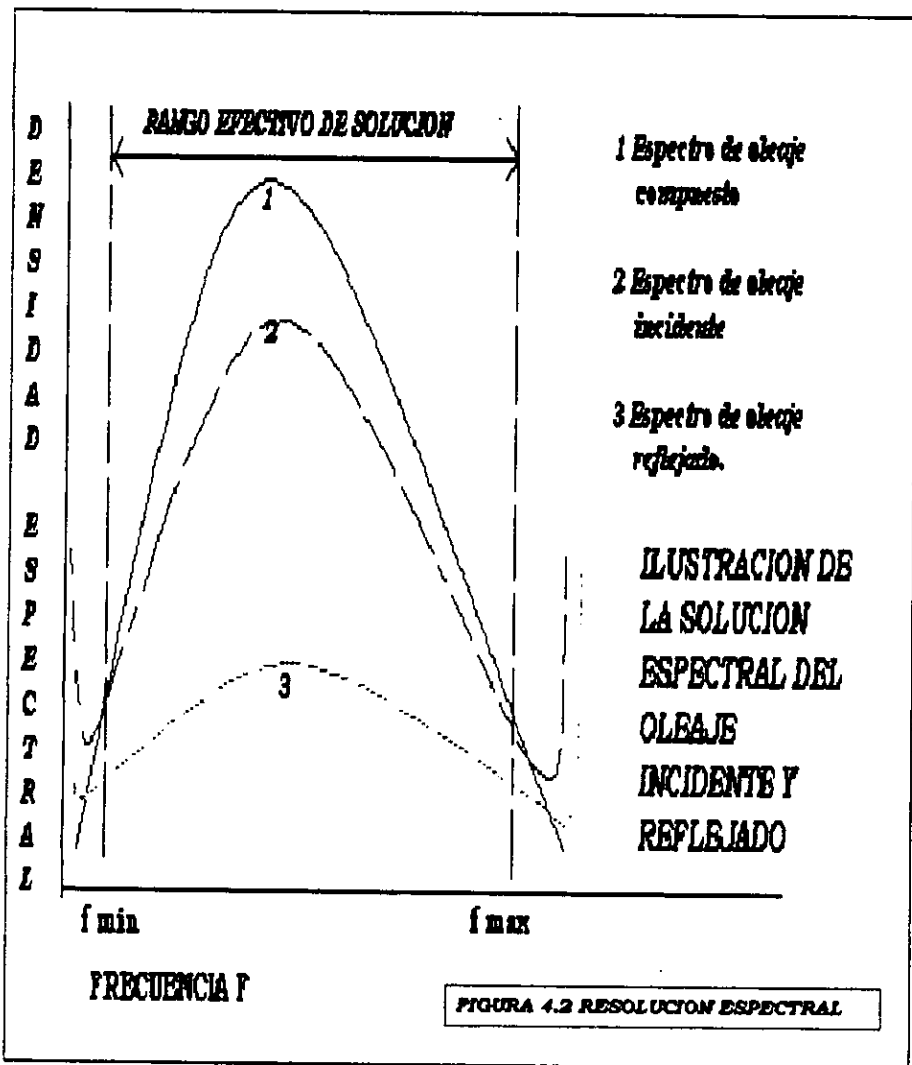
$$\eta_2 = (\eta_I + \eta_R)_x = x_1 + \Delta l$$

$$\eta_2 = (a_I \cos(k\Delta l + \phi_I) + a_R \cos(k\Delta l + \phi_R)) \cos \sigma t + (a_I \sin(k\Delta l + \phi_I) - a_R \cos(k\Delta l + \phi_R)) \sin \sigma t \dots\dots\dots(12)$$

Utilizando las mismas suposiciones consideradas en el oleaje registrado en el sensor 1, para el sensor 2 resulta:

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= a_I \cos(k\Delta l + \phi_I) + a_R \cos(k\Delta l + \phi_R) \\ B_2 &= a_I \sin(k\Delta l + \phi_I) + a_R \sin(k\Delta l + \phi_R) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

$$h_2 = A_2 \cos \sigma t + B_2 \sin \sigma t \dots\dots\dots(14)$$



Al ordenar las ecuaciones 10 y 13 resulta el siguiente sistema:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= a_1 \cos \phi_1 + a_R \cos \phi_R \\ B_1 &= a_1 \sin \phi_1 + a_R \sin \phi_R \\ A_2 &= a_1 \cos (k \Delta l + \phi_1) + a_R \cos (k \Delta l + \phi_R) \\ B_2 &= a_1 \sin (k \Delta l + \phi_1) - a_R \sin (k \Delta l + \phi_R) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

El sistema de ecuaciones 15, contienen cuatro cantidades conocidas  $a_1$ ,  $a_R$ ,  $\phi_1$  y  $\phi_R$ . Eliminando  $a_R$  y  $\phi_R$  de las expresiones para  $A_2$  y  $B_2$  del sistema 15, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= (A_1 \cos k \Delta l + B_1 \sin k \Delta l) - 2a_1 \sin k \Delta l \sin \phi_1. \\ B_2 &= (-A_1 \sin k \Delta l + B_1 \cos k \Delta l) + 2a_1 \sin k \Delta l \cos \phi_1. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

La cantidad  $a_1$ , se puede obtener eliminando los términos contenidos  $\phi_1$  en la ecuación 16,realiyando lo mismo para  $a_R$  resulta:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= [1/(2 \sin k \Delta l)] \{ (A_2 - A_1 \cos k \Delta l - B_1 \sin k \Delta l)^2 + (B_2 + A_1 \sin k \Delta l - B_1 \cos k \Delta l)^2 \}^{1/2}. \\ a_R &= [1/(2 \sin k \Delta l)] \{ (A_2 - A_1 \cos k \Delta l - B_1 \sin k \Delta l)^2 + (B_2 - A_1 \sin k \Delta l - B_1 \cos k \Delta l)^2 \}^{1/2}. \end{aligned} \right\} \dots(17)$$

Siendo las dos anteriores ecuaciones en conjunto las numero 17.

Las amplitudes del oleaje incidente y reflejado  $a_1$  y  $a_R$ , puede calcularse usando las expresiones en el cuadro de amplitudes  $A_1, B_1, A_2, B_2$  y  $K \Delta l$  de la ecuación 17.

Lo escrito anteriormente es válido para el oleaje monocromático, el cual se considera como senoidal.

El método de solución es el mismo para el oleaje irregular que para el oleaje regular, debido a que el oleaje irregular puede ser tratado como la superposición de un gran número de componentes de oleaje con amplitudes y frecuencias constantes. El método de solución anteriormente mencionado en el caso de ensayos realizados con oleaje irregular, es aplicado a cada componente de Fourier de los perfiles del oleaje irregular registrado por dos sensores, localizados en dos posiciones separados por una distancia apropiada.

Después de que el registro de oleaje irregular ha sido descompuesto en series de Fourier. Una consideración en este análisis deberá ser satisfecha, tal consideración consiste en la relación de dispersión expresada como:

$$\sigma^2 = g k \tan h * kh$$

Se satisfaga entre el número de oleaje  $k$  y la frecuencia  $f$  en el rango de análisis.

El resultado de la resolución espectral siguiendo la metodología presentada anteriormente, se expresa en forma esquemática en la figura 4.2 .

4.2 CALCULO DE LA SEPARACION ENTRE SENSORES

Considerando el oleaje senoidal representado en la figura 4.3, y analizando el comportamiento de la función descrita en dicha figura se tiene:

El número de oleaje **k** se define como:

$$k = 2\pi/L .$$

Al multiplicar por  $\Delta L$  (separación entre sensores) ambos miembros de la ecuación anterior resulta :

$$k\Delta l = 2\pi (\Delta l / L) \dots\dots\dots(18)$$

Analizando el denominador de la ecuación 17, se observa que el valor de  $a_1$  y  $a_n$  tiene el valor indeterminado para cualquier valor expresado por la condición  $k\Delta l = \eta\pi$  para  $\eta = 0,1,2,\dots$

Lo anterior debido a como se puede observar en la figura 4.3 debido a que los valores de  $\eta = 0,1,2,\dots$  para la función senoidal valen cero, por lo que la ecuación 17 tendrá valores indeterminados y físicamente posibles en el rango comprendido entre  $0 < k\Delta l < \eta\pi$  para valores de  $\eta = 1,2,3,\dots$ ,

Sustituyendo los valores de  $k\Delta l = 0$  y  $k\Delta l = \pi$  en la ecuación 18 de forma independiente, resulta:

(1) Si  $k\Delta l = 0$  se tiene:

$$\Delta l / L = 0 / \pi = 0$$

(2) Si  $k\Delta l = \pi$  se tiene:

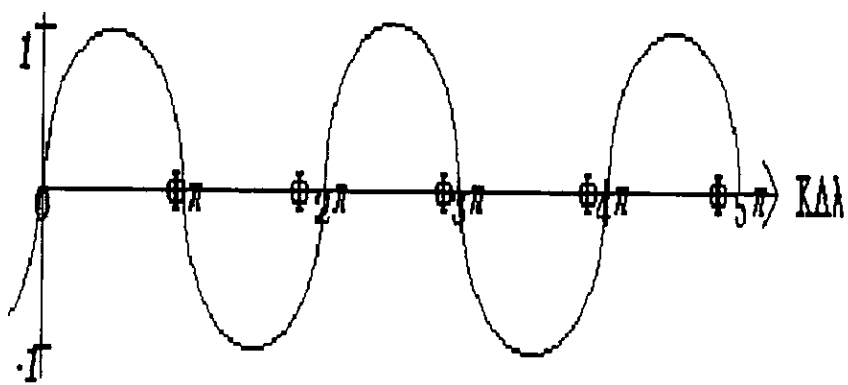
$$\Delta l / L = \pi / 2\pi = 1/2$$

El resultado de lo puntos anteriores indica que el intervalo del cálculo del método descrito en la ecuación 4.1 está definido por lo siguiente:

$$0 < \Delta l / L < 0.50$$

Sin embargo por experiencias obtenidas en el Port and Harbour Research Institute del Ministerio de Transporte de Japón. Se recomienda el intervalo usado en el presente estudio, el cual se presenta a continuación:

$$0.05 < \Delta l / L < 0.43$$



FUNCIÓN SENOIDAL

FIGURA 4.3 OLEAJE SENOIDAL



El rango expresado anteriormente se puede escribir también como:

- Límite superior ( $f_{\max}$ ) :  $\Delta l / L_{\min} = 0.43$
- Límite inferior ( $f_{\min}$ ) :  $\Delta l / L_{\max} = 0.05$

$L_{\min}$  y  $L_{\max}$  denota las longitudes de ola correspondientes a los límites superior e inferior del rango de frecuencias efectivas respectivamente.

#### 4.3 CALCULO DEL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN.

El coeficiente de reflexión para el oleaje irregular puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$K_R = E_i / E_R \quad \dots\dots\dots(19)$$

Donde:

$K_R$  = Coeficiente de reflexión

$E_i$  = Energía del oleaje incidente

$E_R$  = Energía del oleaje reflejado.

Tomando en cuenta que la energía del oleaje es proporcional al cuadrado de la altura de ola, el coeficiente de reflexión se puede expresar como:

$$K_R = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_R^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}} \quad \dots\dots\dots(20)$$

La suma del cuadrado del oleaje incidente y reflejado es igual al cuadrado del oleaje compuesto  $H_s$ , definido como el valor de alturas de ola registrado por los sensores en dos localizadores y se expresa como:

$$H_s^2 = H_i^2 + H_R^2 \quad \dots\dots\dots (21)$$

Donde:

$H_s$  =Altura del oleaje compuesto.

$H_i$  =Altura del oleaje incidente.

$H_R$  =Altura del oleaje reflejado.

Por otro lado se debe que:

$$K_R = H_R / H_I \dots\dots\dots(22)$$

Sustituyendo la expresión anterior en la ecuación 21 tiene:

$$H_s^2 = H_I^2 + K_R^2 H_I^2 \dots\dots\dots (23)$$

$$= H_I^2 ( 1+ K_R^2 )$$

$$H_I^2 = ( 1/( 1+ K_R^2 )) H_s^2 \dots\dots\dots (24)$$

Por otro lado, sustituyendo la ecuación 24 en la ecuación 21, se tiene:

$$H_R^2 = H_s^2 - H_I^2 = H_s^2 - ( 1/( 1+ K_R^2 )) H_s^2$$

$$= H_s^2 ( 1 - ( 1/( 1+ K_R^2 )) )$$

$$= H_s^2 ( K_R^2 / ( 1+ K_R^2 ))$$

$$H_R = H_s ( K_R / ( 1+ K_R^2 ))^{1/2} \dots\dots\dots (25)$$

Las alturas de ola  $H_I$ ,  $H_R$  y  $H_S$  presentadas en las ecuaciones 23, 24 y 25 se puede referir a la altura de ola significativa, a la altura de ola media o a otras alturas de ola. La altura del oleaje compuesto  $H_S$ , se puede obtener de los registros obtenidos en los sensores 1 y 2.

## 5 RESULTADOS

En las figuras 5.1 a 5.6 se muestran los rango efectivos de solución del coeficiente de reflexión para las estructuras tipos 1 y 2 respectivamente, en ella se pueden observar los espectros correspondientes a los oleajes incidentes y reflejado calculados en la metodología presentada en el capítulo anterior.

Los resultados obtenidos al ensayar las estructuras mencionadas en el capítulo 2 se presentan en las tablas 5.1 a 5.8. El significado de cada una de las columnas es el siguiente:

1. La columna N° 1 indica el número del caso ensayado para el tipo de estructura en estudio.
2. La columna N°2 indica la profundidad del agua de el ensayo en el modelo.
3. La columna N°3 indica la separación entre sensores.
4. La columna N°4 indica la altura de ola máxima registrada en el sensor 1.
5. La columna N°5 indica la altura de ola significante registrada en el sensor 1.
6. La columna N°6 indica la altura de ola media registrada en el sensor 1.
7. La columna N°7 indica el periodo significante registrado en el sensor 1.
8. La columna N°8 indica la altura de ola máxima registrada en el sensor 2.
9. La columna N°9 indica la altura de ola significante registrada en el sensor 2.
10. La columna N°10 indica la altura de ola media registrada en el sensor2.

11. La columna N° 11 indica el periodo **significante** registrado en el sensor 2.
12. La columna N° 12 indica la frecuencia máxima ( $f_{\max}$ ) del rango efectivo de solución, para la separación de espectros.
13. La columna N° 13 indica la frecuencia mínima ( $f_{\min}$ ) del rango efectivo de solución, para la separación de espectros.
14. La columna N° 14 indica la altura de ola **significante** incidente, al aplicar el método de análisis de espectro presentado en el capítulo 4.
15. La columna N° 15 indica la altura de ola **significante** reflejada, al aplicar el método de análisis de espectros presentado en el capítulo 4.
16. La columna N° 16 indica el coeficiente de reflexión al aplicar el método de análisis del espectros presentado en el capítulo 4.
17. La columna N° 17 indica el periodo **significante** promedio calculado como la semi-suma de los periodos **significantes** registrados en los sensores 1 y 2 respectivamente.

Es importante mencionar, que todas las magnitudes presentadas en las tablas 5.1 a 5.8 corresponden a modelo. Para transformarlas a prototipo, será necesario utilizar las escalas correspondientes.

En las figuras 5.7 a 5.14 se presentan las gráficas de los valores de  $H_{1/3}$  incidente en prototipo contra los correspondientes valores del coeficiente de reflexión, presentados en las columnas 14 y 16 de las tablas 5.1 a 5.8 para cada estructura en particular.

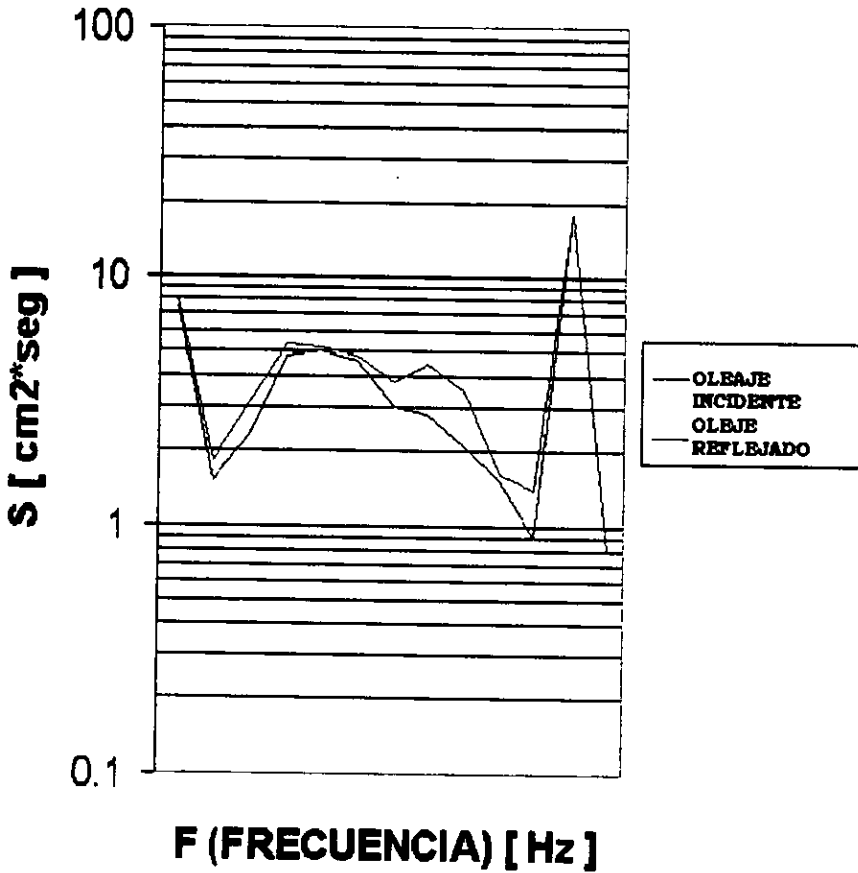
En las figuras 5.15 a 5.22 se presentan las gráficas de los valores de  $T_{1/3}$  promedio contra los correspondientes valores de coeficiente de reflexión presentados en la columna N° 16 de las tablas 5.1 a 5.8 para cada estructura en particular.

En las figuras 5.7 a 5.22 se observa que para la mayoría de los casos. Conforme la altura de ola incidente crece, el coeficiente de reflexión disminuye. Y cuando el periodo de oleaje crece, el coeficiente de reflexión también crece.

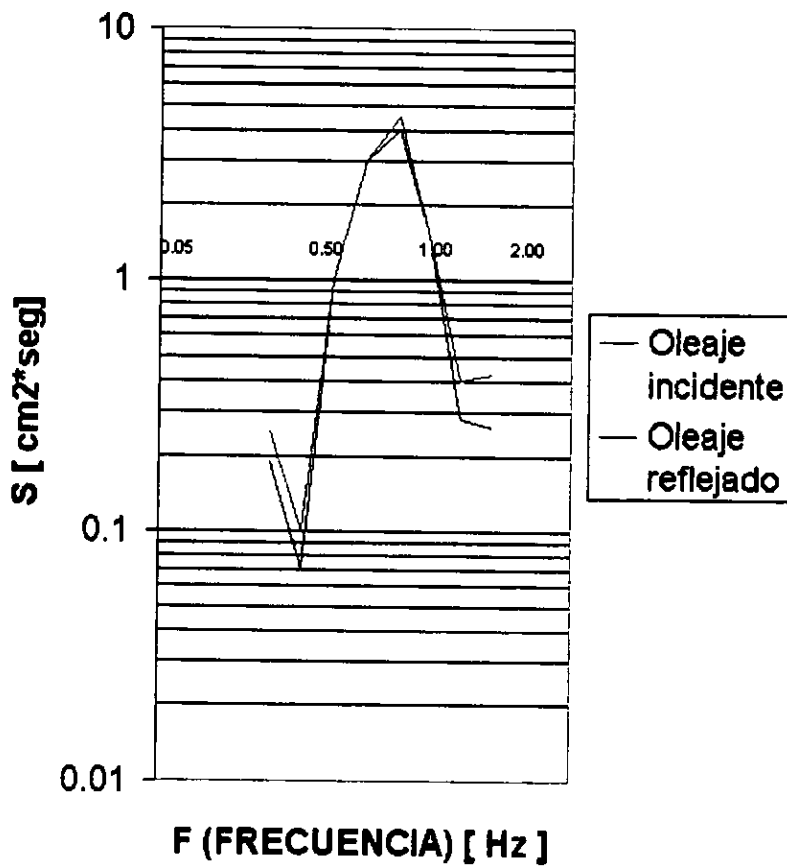
En las figuras 5.23 y 5.24 se presentan la distribución de los coeficientes de reflexión contra la relación de la profundidad de desplante de la estructura a la longitud de la ola, para todos los tipos de estructura y alturas de ola incidente de 1.5 a 3.0 m. respectivamente. En estas figuras se observan marcadamente tres clases de distribuciones, correspondiendo cada una de ellas a los coeficientes de reflexión bajo, medio y alto.

En la figura 5.25 se presenta la distribución de los coeficientes de reflexión contra la relación de la altura de ola **significante** incidente a la profundidad de desplante de las condiciones de oleaje. En esta figura se observa que conforme las alturas de ola aumentan los coeficientes de reflexión disminuyen, presentandose nuevamente tres clases o grupos de distribuciones de coeficiente de reflexión.

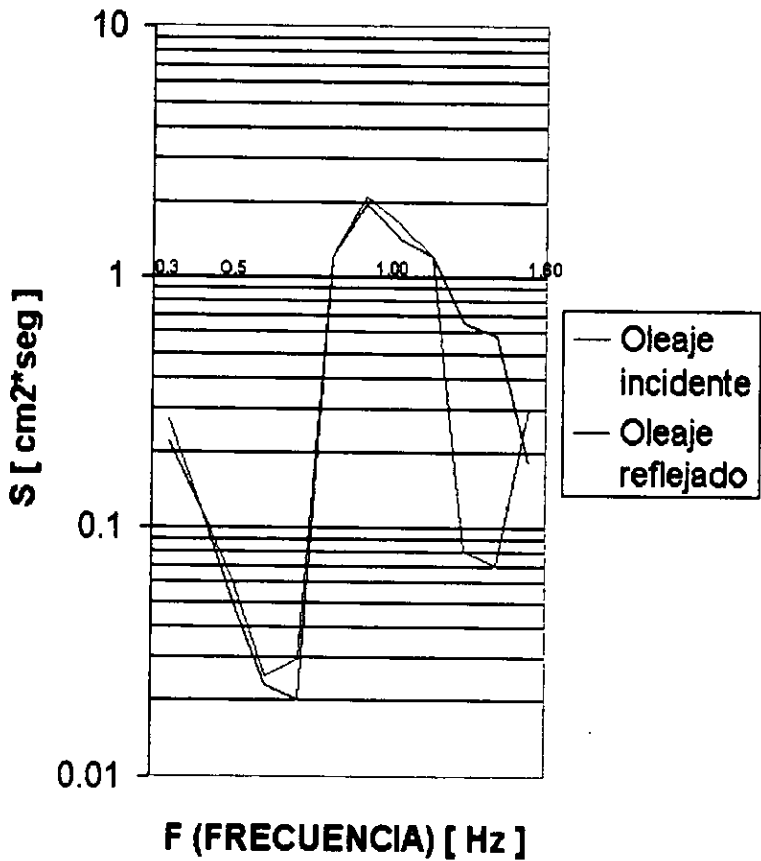
**FIGURA 5.1 SEPARACION DE LOS ESPECTROS DEL  
OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 2 CASO 6.**



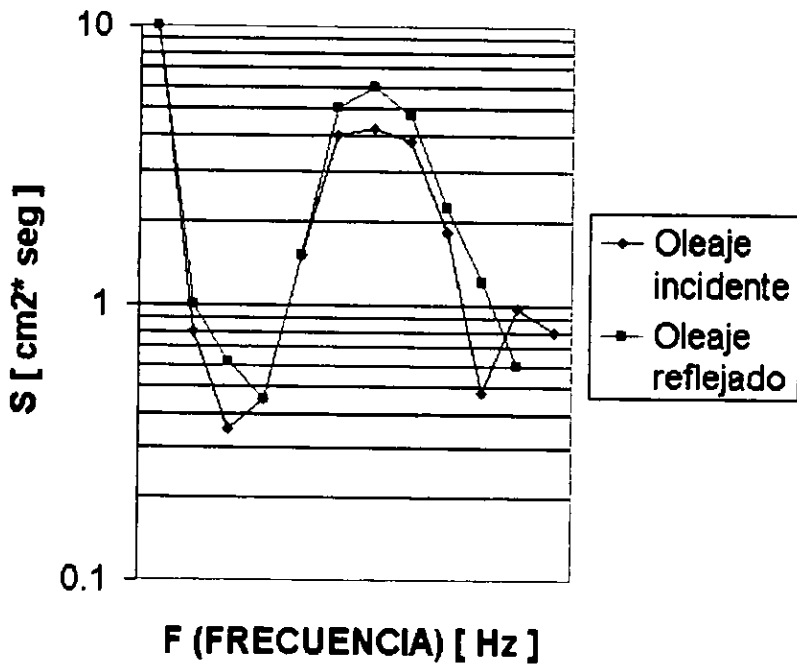
**FIGURA 5.2**  
**SEPARACION DE LOS ESPECTROS DE**  
**OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO PARA**  
**LA ESTRUCTURA TIPO 1 CASO 3**



**FIGURA 6.3**  
**SEPARACION DE LOS ESPECTROS DEL**  
**OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO PARA**  
**LA ESTRUCTURA TIPO 1 CASO 1**

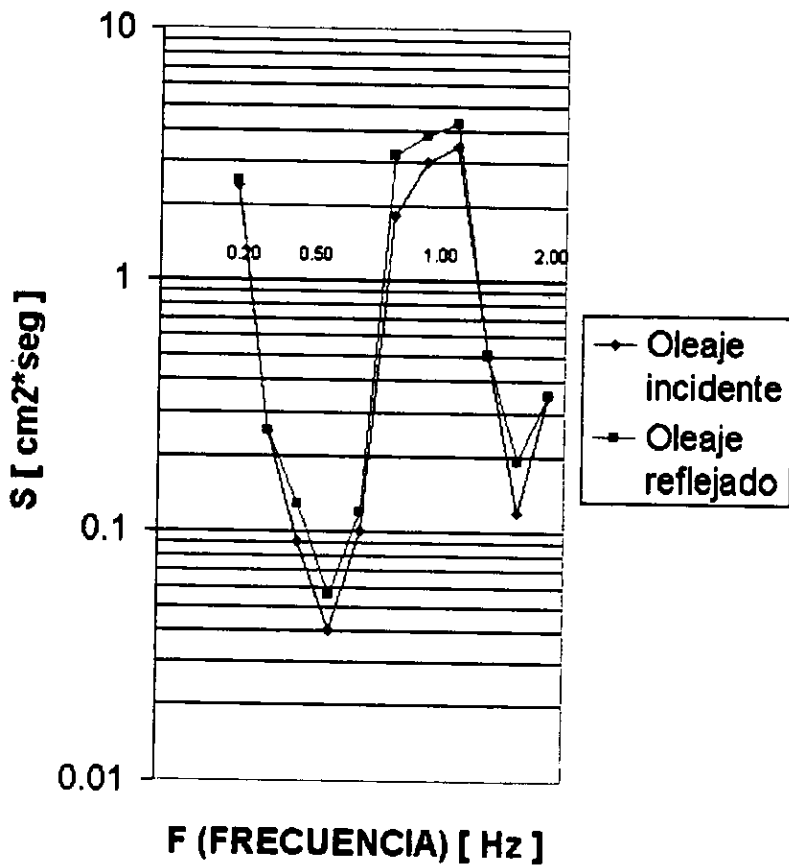


**FIGURA 5.4 SEPARACION DE LOS ESPECTROS DEL OLAJE INCIDENTE Y REFLEJADO PARA LA ESTRUCTURA TIPO 2 CASO 4.**

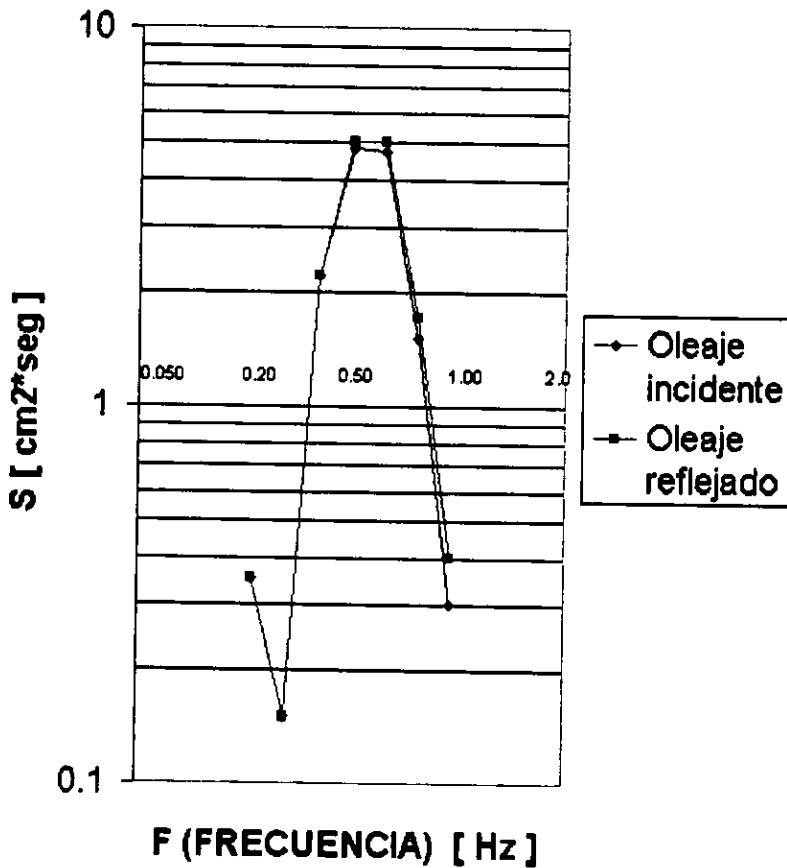




**FIGURA 6.5**  
**SEPARACION DE LOS ESPECTROS DE**  
**OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO PARA**  
**LA ESTRUCTURA TIPO 2 CASO 2.**



**FIGURA 6.6**  
**SEPARACION DE LOS ESPECTROS DE**  
**OLEAJE INCIDENTE Y REFLEJADO PARA**  
**LA ESTRUCTURA TIPO 1 CASO 5**



**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CILEAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA: 1

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
Nº	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H̄ (CM)	T <sub>0</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H̄ (CM)	T <sub>0</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (H) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>r</sub>
1	46.00	30.00	7.090	5.000	3.390	1.000	6.650	4.370	2.960	0.930	1.400	0.330	3.430	3.200	0.930
2	46.00	30.00	13.300	10.000	6.660	1.050	13.400	9.170	6.360	0.960	1.400	0.330	7.070	6.490	0.920
3	46.00	40.00	8.030	6.040	4.130	1.310	8.610	6.750	4.690	1.390	1.200	0.250	4.630	4.420	0.950
4	46.00	40.00	15.700	12.200	8.090	1.370	19.900	13.600	9.100	1.450	1.200	0.250	9.550	8.710	0.910
5	46.00	50.00	10.100	8.220	5.260	1.600	12.900	8.290	5.360	1.640	1.000	0.200	6.000	5.660	0.940
6	46.00	50.00	28.400	16.300	10.400	1.690	27.100	15.800	10.000	1.700	1.000	0.200	11.600	10.900	0.920
7	46.00	50.00	8.200	5.550	3.660	2.110	7.220	4.900	3.000	1.730	1.000	0.200	3.590	3.520	0.980
8	46.00	50.00	18.900	11.500	7.360	2.120	15.300	9.330	6.490	1.750	1.000	0.200	7.480	7.280	0.970

TABLA 5.1 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 1 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CLEAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA : 2

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
No	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (N) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>a</sub>
1	23.00	20.00	5.100	3.430	2.220	0.900	5.320	3.580	2.430	0.880	1.800	0.400	2.590	2.350	0.905
2	23.00	20.00	11.970	7.010	4.470	0.920	9.310	6.590	4.480	0.910	1.800	0.400	5.140	4.450	0.886
3	23.00	30.00	6.800	4.020	2.730	1.300	5.480	3.910	2.680	1.320	1.400	0.250	2.900	2.700	0.932
4	23.00	30.00	16.970	8.040	5.220	1.240	15.400	8.580	5.690	1.280	1.400	0.250	6.220	5.480	0.883
5	23.00	40.00	5.850	4.650	3.240	1.730	6.630	4.630	2.980	1.720	1.200	0.200	3.370	3.190	0.947
6	23.00	40.00	13.710	8.940	5.860	1.650	14.700	9.640	6.090	1.780	1.200	0.200	6.900	6.220	0.901
7	23.00	40.00	4.680	3.280	2.140	1.980	3.960	3.000	1.990	2.130	1.200	0.200	2.290	2.150	0.939
8	23.00	40.00	16.270	7.110	4.470	2.080	12.000	6.560	4.130	2.200	1.200	0.200	5.000	4.680	0.931

TABLA 5.2. RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 2 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CLEAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA : 3

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
No	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	F (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	F (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (N) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>R</sub>
1	46.00	30.00	5.350	3.590	2.390	0.920	5.400	3.520	2.270	0.960	1.400	0.330	2.610	3.200	0.923
2	46.00	30.00	10.760	6.800	4.610	0.930	13.390	6.920	4.530	0.960	1.400	0.330	5.040	6.490	0.924
3	46.00	40.00	5.680	3.780	2.480	1.320	5.840	4.140	2.720	1.280	1.200	0.250	2.920	4.420	0.920
4	46.00	40.00	11.320	7.500	4.730	1.300	12.130	8.330	3.500	1.320	1.200	0.250	5.870	8.710	0.903
5	46.00	50.00	8.960	4.770	3.090	1.820	6.400	4.480	2.860	1.750	1.000	0.200	3.470	5.660	0.907
6	46.00	50.00	13.410	9.160	6.020	1.720	13.590	8.760	5.700	1.730	1.000	0.200	6.710	10.900	0.866
7	46.00	50.00	4.390	2.940	1.930	2.040	3.820	2.670	1.740	1.970	1.000	0.200	2.110	3.520	0.882
8	46.00	50.00	8.500	5.940	4.000	2.180	10.760	6.120	3.870	2.090	1.000	0.200	4.530	7.280	0.878

TABLA 5.3 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 3 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL OLAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA: 4

CASO		SENSOR 1					SENSOR 2				RESUMEN				
No	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>1/2</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>1/2</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>1/2</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>1/2</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>1/2</sub> (Hz)	H <sub>1/2</sub> (N) (CM)	H <sub>1/2</sub> (REF) (CM)	K <sub>a</sub>
1	46.00	30.00	4.660	3.830	2.830	0.920	4.630	3.470	2.600	0.990	1.400	0.330	3.440	1.210	0.350
2	46.00	30.00	14.900	8.340	5.430	0.970	13.760	7.570	5.190	0.970	1.400	0.330	7.660	2.130	0.280
3	46.00	40.00	8.380	5.280	3.710	1.280	7.840	5.070	3.440	1.310	1.200	0.250	4.920	1.600	0.330
4	46.00	40.00	17.570	10.120	6.860	1.350	14.420	9.860	6.370	1.310	1.200	0.250	9.590	2.780	0.280
5	46.00	50.00	6.270	5.470	3.770	1.720	7.280	5.700	3.700	1.810	1.000	0.200	5.210	2.010	0.390
6	46.00	50.00	18.630	11.700	7.720	1.850	20.050	12.110	7.780	1.930	1.000	0.200	11.140	4.190	0.380
7	46.00	50.00	6.250	4.540	2.720	2.290	6.320	4.520	2.920	2.270	1.000	0.200	4.070	1.980	0.490
8	46.00	50.00	14.440	10.070	6.840	2.350	14.340	9.750	6.360	2.290	1.000	0.200	8.910	4.350	0.490

TABLA 5.4 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 4 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CLEAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA: 5

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
No	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (N) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>a</sub>
1	46.00	30.00	4.420	3.050	2.040	0.930	4.540	2.830	1.970	0.920	1.400	0.330	2.630	0.820	0.280
2	46.00	30.00	7.950	5.740	3.790	0.940	9.970	5.690	3.780	0.980	1.400	0.330	5.560	1.360	0.250
3	46.00	40.00	5.530	3.690	2.500	1.290	5.180	3.470	2.310	1.280	1.200	0.250	3.390	1.030	0.320
4	46.00	40.00	11.500	7.590	4.590	1.340	10.930	7.320	4.500	1.300	1.200	0.250	7.140	2.110	0.290
5	46.00	50.00	6.390	4.120	2.660	1.830	7.100	4.330	2.780	1.380	1.000	0.200	3.910	1.610	0.410
6	46.00	50.00	13.700	9.030	5.622	1.910	14.980	9.630	6.050	1.970	1.000	0.200	3.640	3.510	0.410
7	46.00	50.00	4.580	3.390	2.130	2.350	5.010	3.230	1.990	2.250	1.000	0.200	2.980	1.480	0.500
8	46.00	50.00	11.070	7.810	4.840	2.380	11.140	7.600	4.720	2.290	1.000	0.200	6.870	3.480	0.510

TABLA 5.5 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL OLEAJE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA : 5A

CASO		SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN					
No	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>1/2</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>1/2</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>1/2</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>1/2</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>min</sub> (Hz)	H <sub>1/2</sub> (N) (CM)	H <sub>1/2</sub> (REF) (CM)	K <sub>r</sub>
1	23.00	20.00	0.452	0.414	0.259	1.119	0.591	0.407	0.235	0.668	1.800	0.400	0.312	0.267	0.855
2	23.00	20.00	7.093	4.933	3.269	0.912	5.680	5.245	3.452	0.943	1.800	0.400	4.817	1.642	0.340
3	23.00	30.00	3.623	3.128	2.180	1.390	4.888	3.183	2.198	1.295	1.400	0.290	2.880	1.289	0.448
4	23.00	30.00	7.265	6.112	4.240	1.319	7.957	6.198	4.054	1.279	1.400	0.290	5.626	2.497	0.444
5	23.00	40.00	5.038	3.465	2.283	1.728	5.493	3.737	2.424	1.902	1.200	0.200	3.218	1.625	0.505
6	23.00	40.00	10.029	7.540	4.748	2.012	8.849	7.857	4.863	2.124	1.200	0.200	6.669	3.475	0.506
7	23.00	40.00	4.483	2.940	1.688	2.420	3.768	2.943	1.690	2.300	1.200	0.200	2.565	1.439	0.581
8	23.00	40.00	6.922	6.138	3.790	2.648	6.862	6.176	3.706	2.381	1.200	0.200	5.378	2.998	0.557

TABLA 5.6 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5A (CASO 1 A 8)



**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CLEAE EN ESTRUCTURAS**

TIPO DE ESTRUCTURA : 6

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
Nº	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	H (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (N) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>m</sub>
1	23.00	20.00	2.974	2.187	1.414	0.901	6.155	2.196	1.439	0.906	1.800	0.400	2.163	0.353	0.163
2	23.00	20.00	5.560	4.548	3.022	0.918	4.837	4.523	3.076	0.936	1.800	0.400	4.506	0.509	0.113
3	23.00	30.00	3.755	2.733	1.919	1.350	3.458	2.673	1.799	1.315	1.400	0.250	2.666	0.448	0.168
4	23.00	30.00	7.332	5.315	3.552	1.356	5.878	5.280	3.582	1.330	1.400	0.250	5.256	0.668	0.125
5	23.00	40.00	4.051	2.954	1.916	1.870	3.356	2.917	1.900	1.842	1.200	0.200	2.867	0.651	0.227
6	23.00	40.00	10.333	6.103	3.883	1.801	9.407	6.090	3.874	1.871	1.200	0.200	6.029	0.903	0.151
7	23.00	40.00	2.904	2.072	1.212	2.391	3.169	2.087	1.251	2.212	1.200	0.200	2.024	0.495	0.245
8	23.00	40.00	7.326	4.968	3.043	2.905	5.181	4.414	2.645	2.434	1.200	0.200	4.404	0.380	0.199

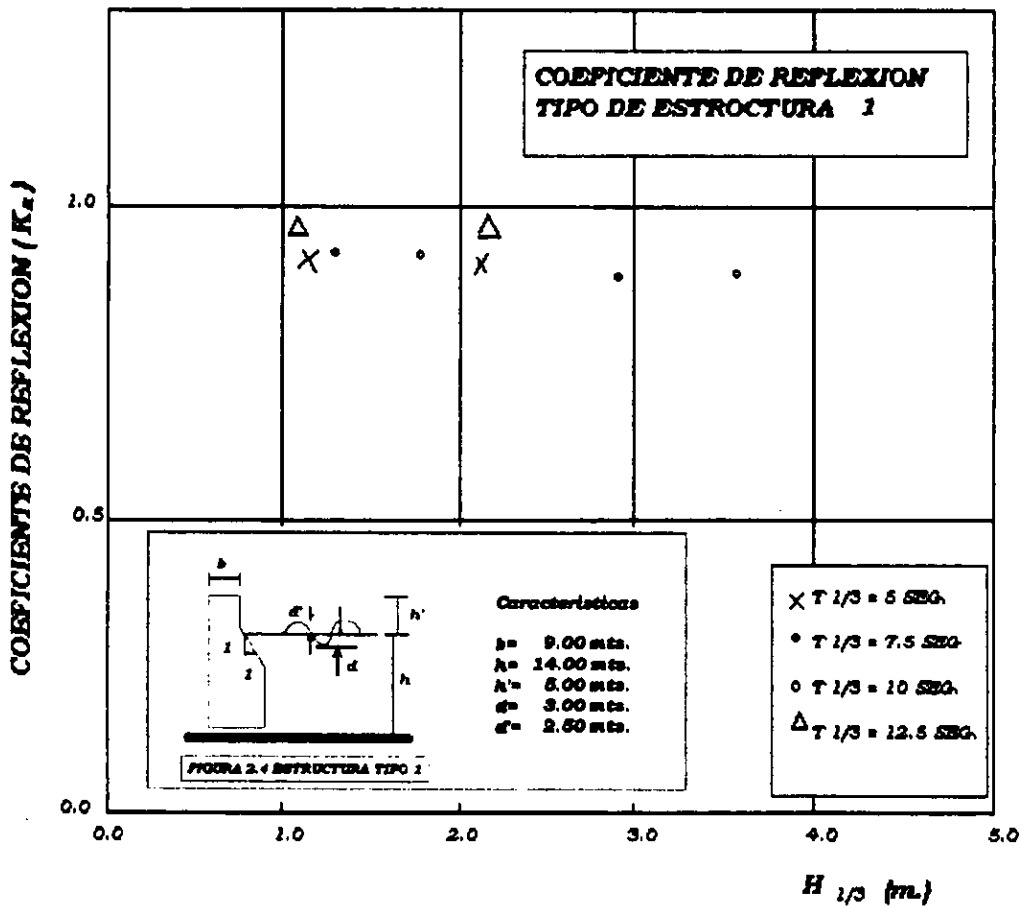
TABLA 5.7 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 6 (CASO 1 A 8)

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE REFLEXION DEL CLEAVE EN ESTRUCTURAS**

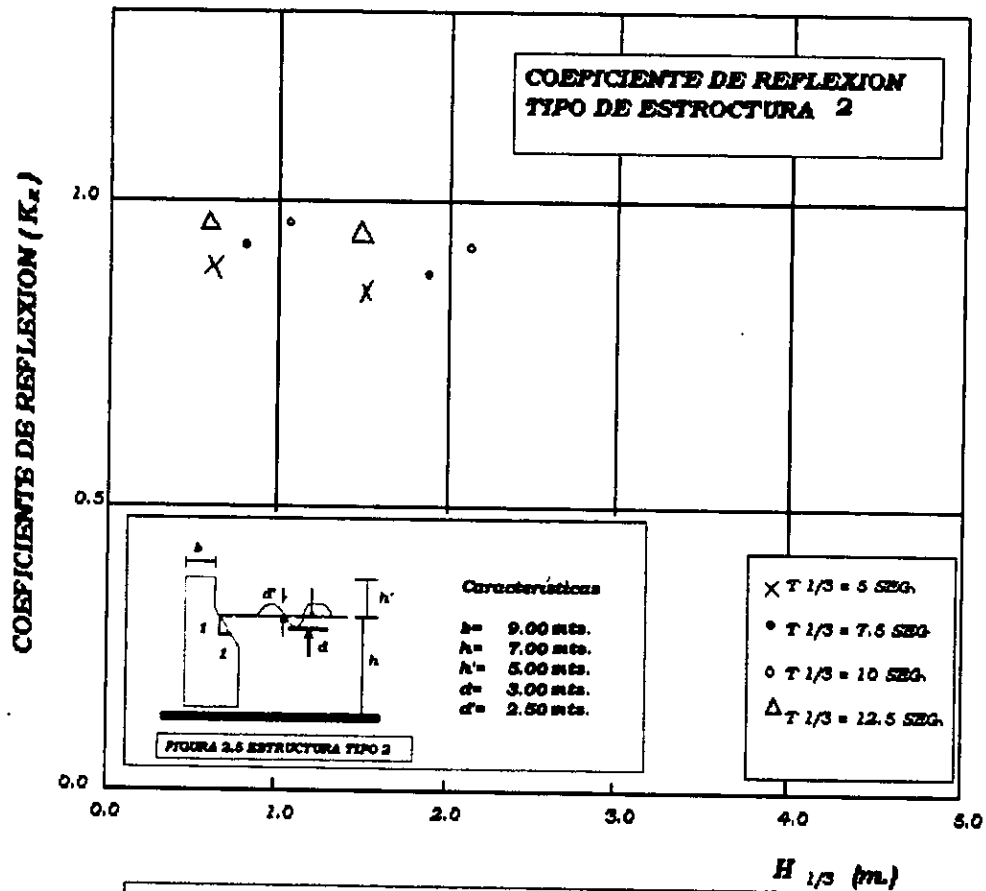
TIPO DE ESTRUCTURA : 7

CASO			SENSOR 1				SENSOR 2				RESUMEN				
Nº	h (CM)	AL (CM)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	F (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	H <sub>max</sub> (CM)	H <sub>m</sub> (CM)	F (CM)	T <sub>m</sub> (SEG)	f <sub>max</sub> (Hz)	f <sub>m</sub> (Hz)	H <sub>m</sub> (N) (CM)	H <sub>m</sub> (REF) (CM)	K <sub>a</sub>
1	46.00	30.00	3.318	2.800	2.010	0.977	3.715	2.729	1.966	0.966	1.400	0.330	2.727	0.452	0.166
2	46.00	30.00	8.028	6.112	4.182	0.941	7.636	6.100	4.167	0.967	1.400	0.330	6.051	0.843	0.139
3	46.00	40.00	5.593	3.791	2.966	1.352	5.083	3.707	2.566	1.342	1.200	0.250	3.690	0.661	0.179
4	46.00	40.00	9.767	6.925	4.524	1.346	9.682	7.288	4.833	1.339	1.200	0.250	7.018	1.115	0.199
5	46.00	50.00	4.782	3.917	2.528	1.723	5.510	4.014	2.656	1.871	1.000	0.200	3.691	0.769	0.199
6	46.00	50.00	9.089	7.850	4.920	1.810	11.779	8.156	5.111	1.749	1.000	0.200	7.873	1.432	0.182
7	46.00	50.00	4.593	2.697	1.718	1.931	3.973	2.811	1.718	2.113	1.000	0.200	2.788	0.609	0.219
8	46.00	50.00	7.957	5.464	3.473	2.149	7.523	5.624	3.540	2.291	1.000	0.200	5.451	1.009	0.186

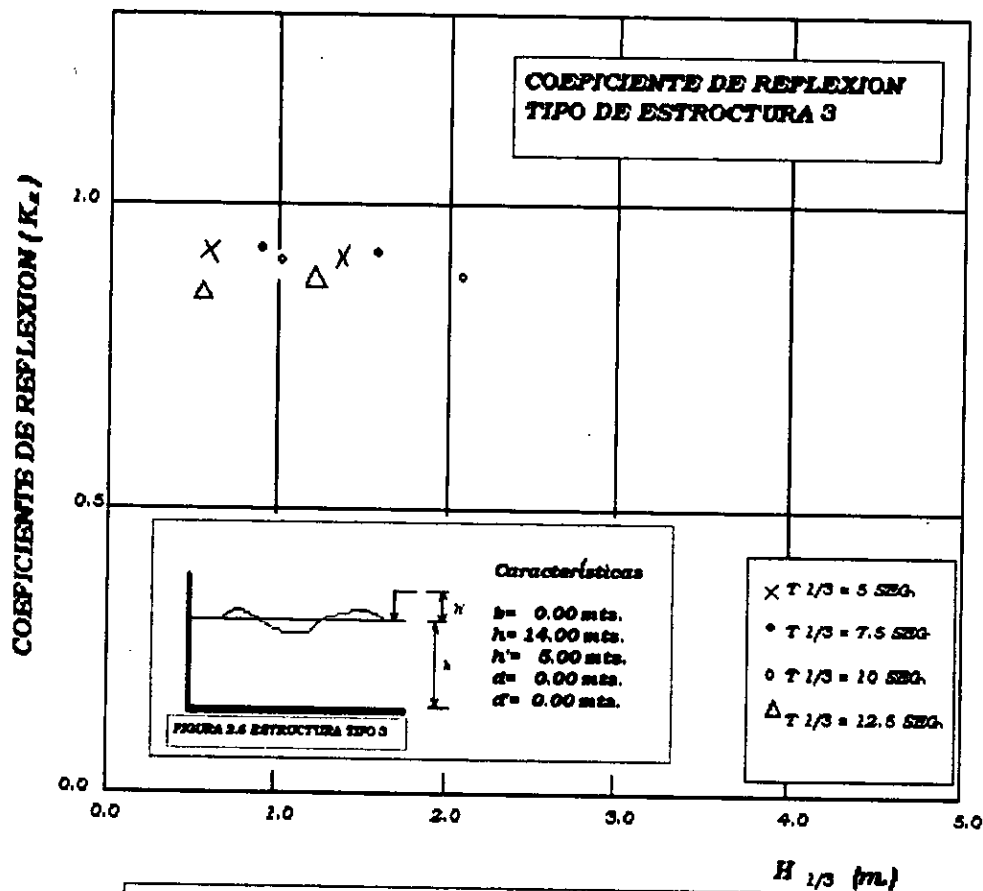
TABLA 5.8 RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 7 (CASO 1 A 8)



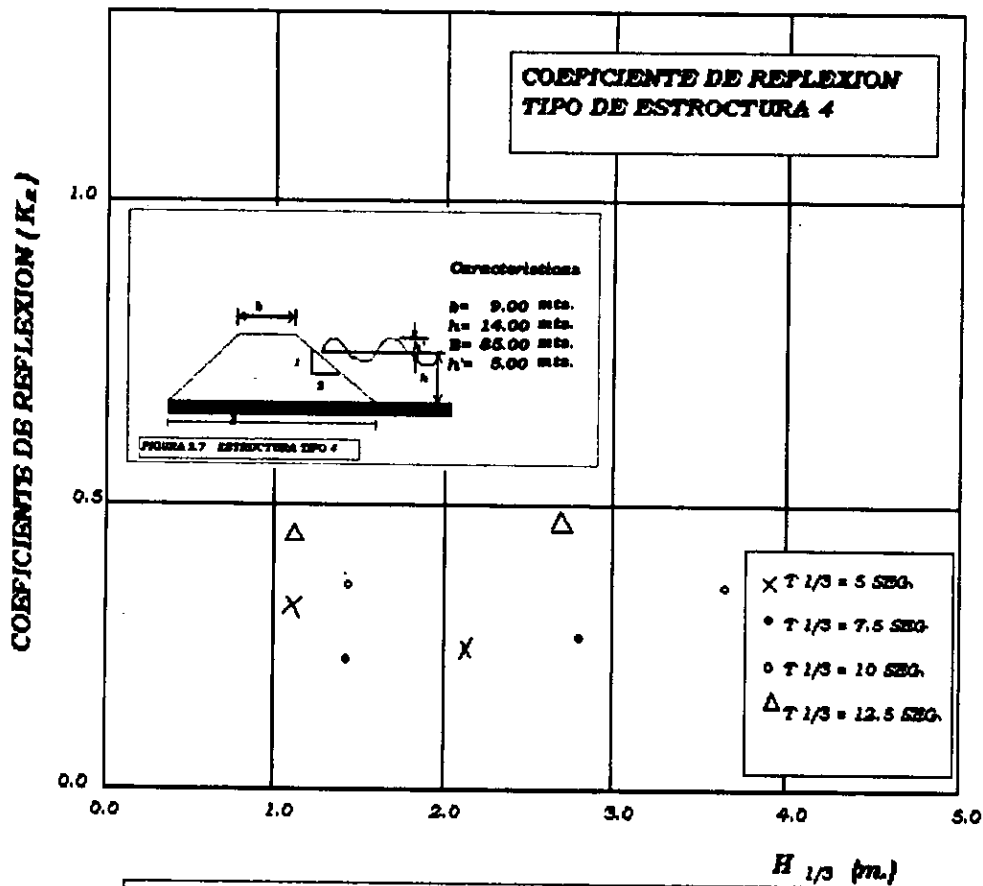
**FIGURA 5.7 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 1**



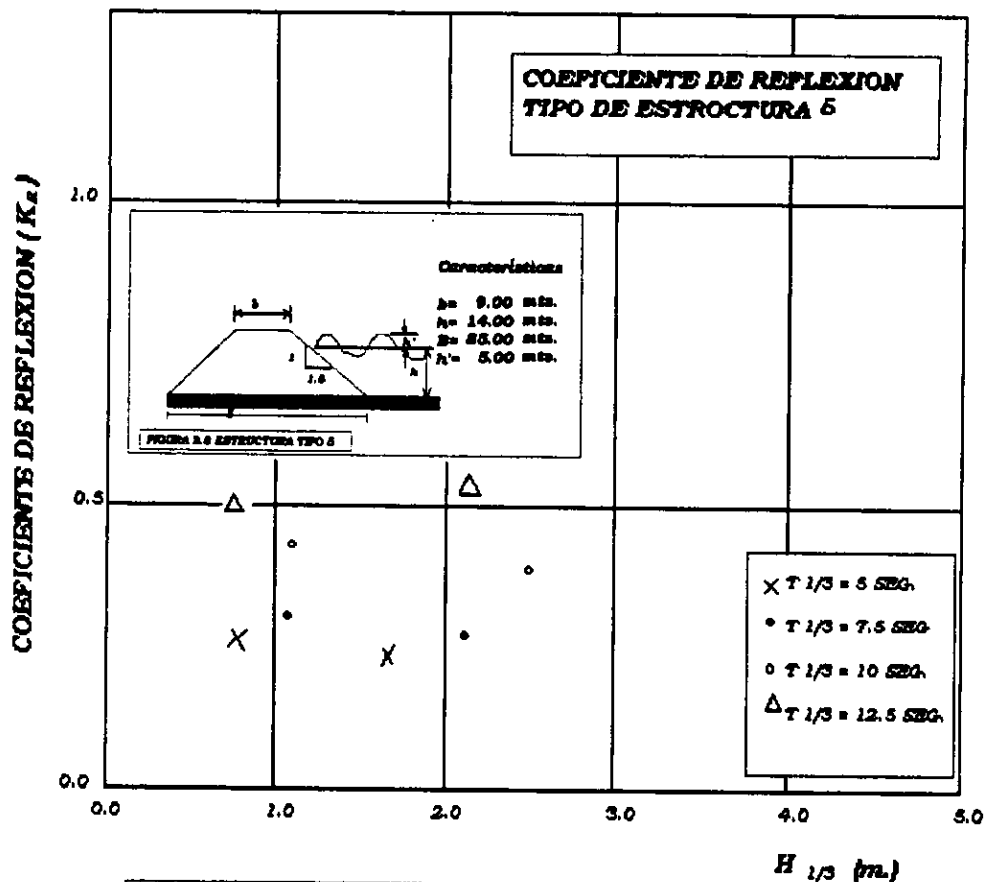
**FIGURA 5.8 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 2**



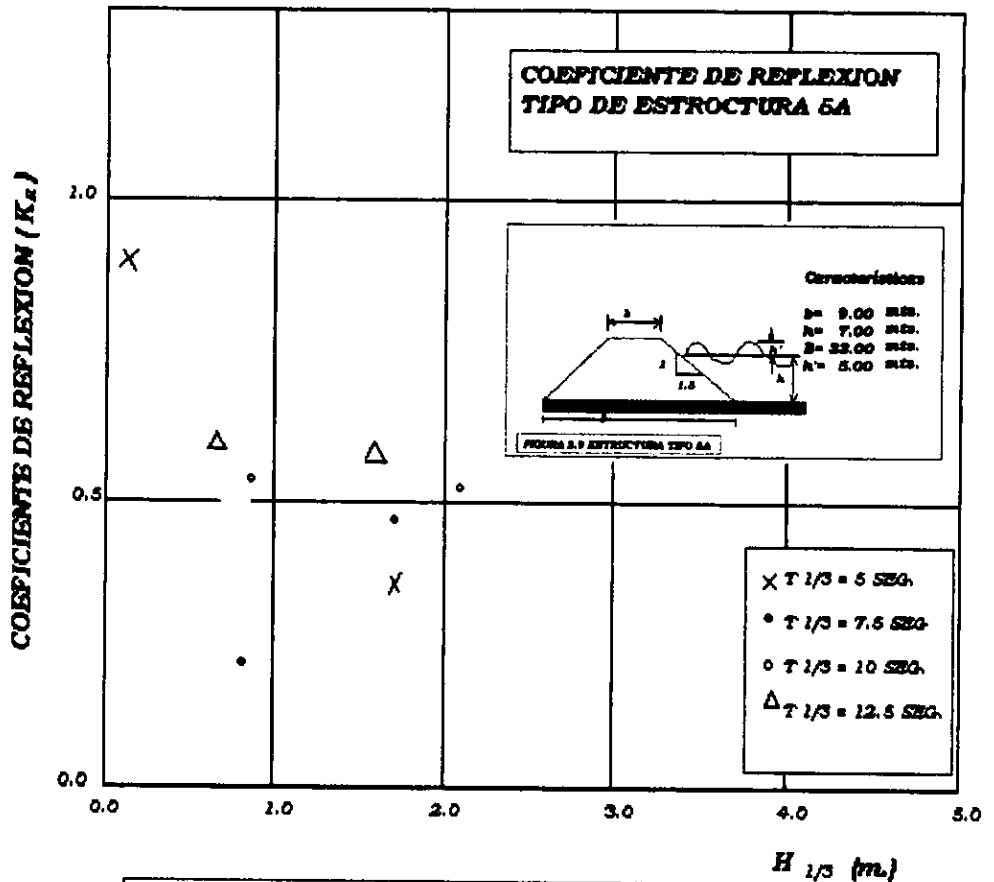
**FIGURA 5.9 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 3**



**FIGURA 5.10 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE  
INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE  
REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 4**

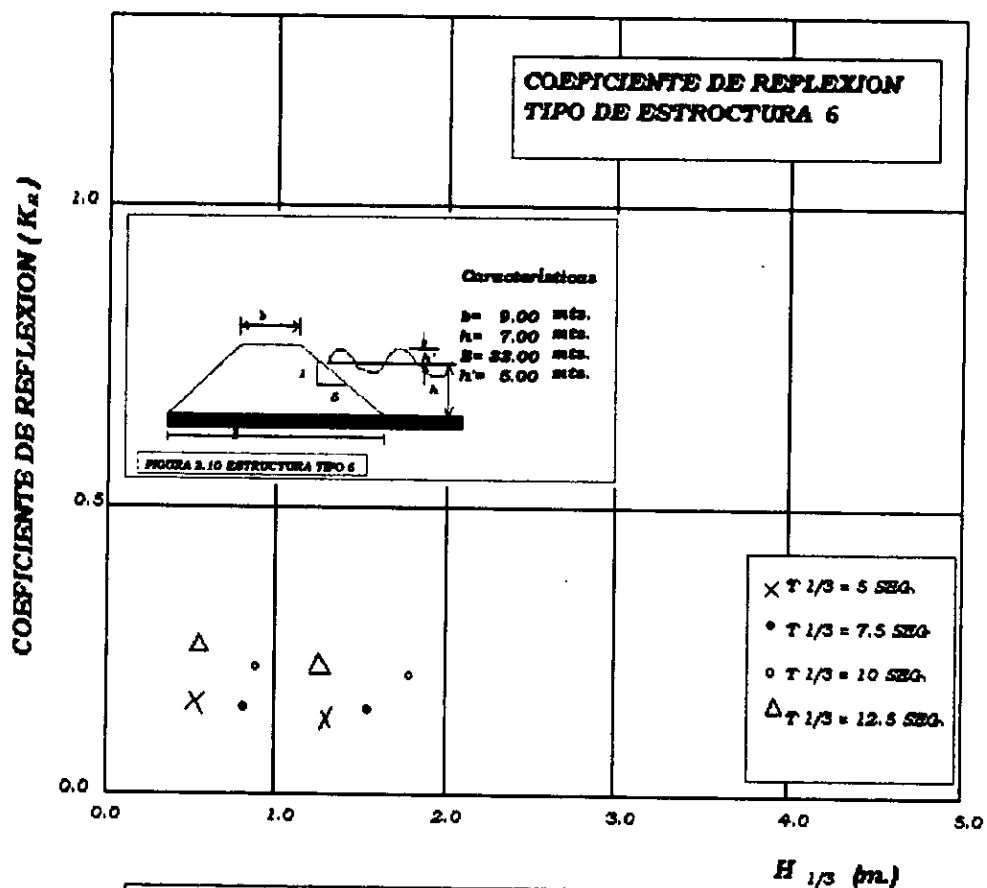


**FIGURA 5.11 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE  
INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE  
REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5**



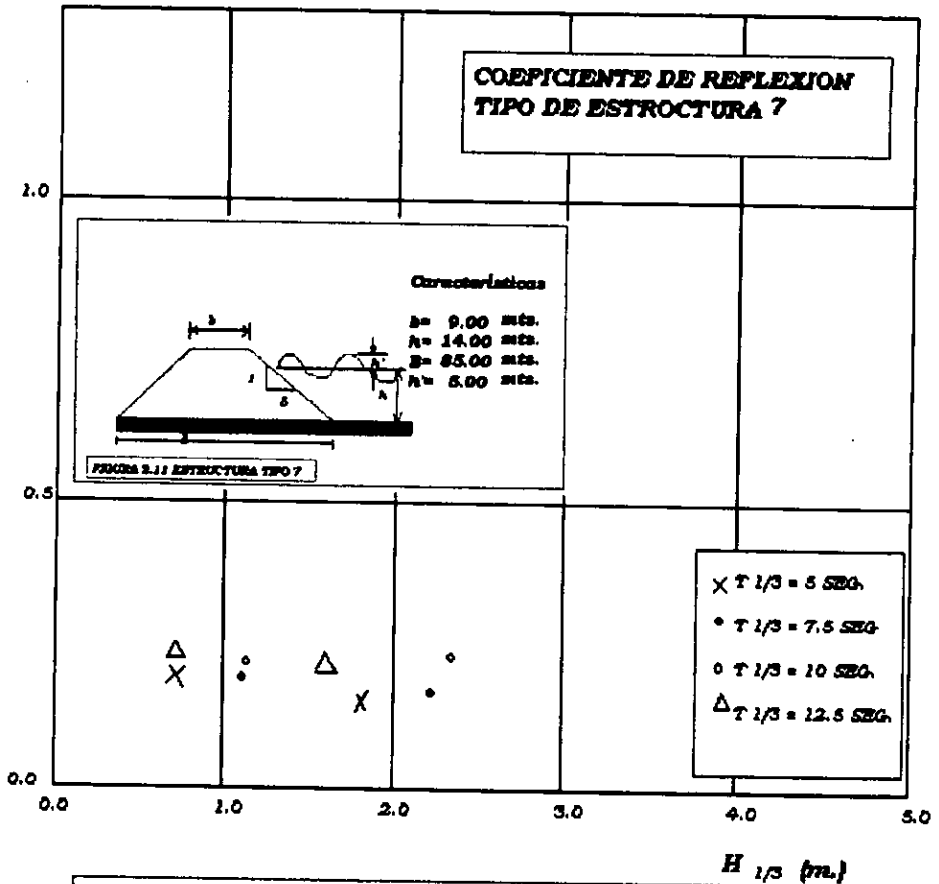
**FIGURA 5.12 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE  
INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE  
REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5A**



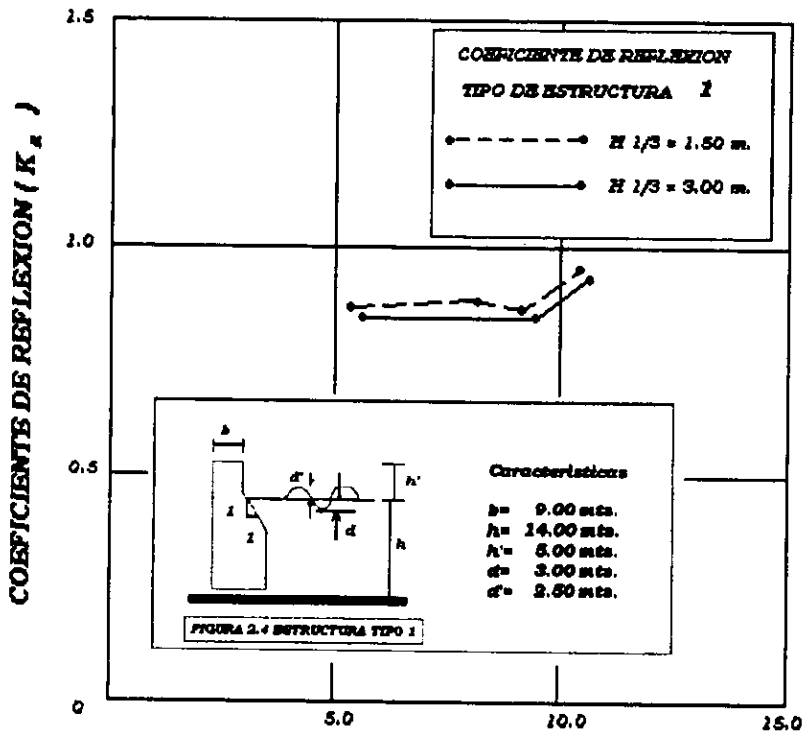


**FIGURA 5.13 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE  
INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE  
REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 6**

COEFICIENTE DE REFLEXION ( $K_r$ )

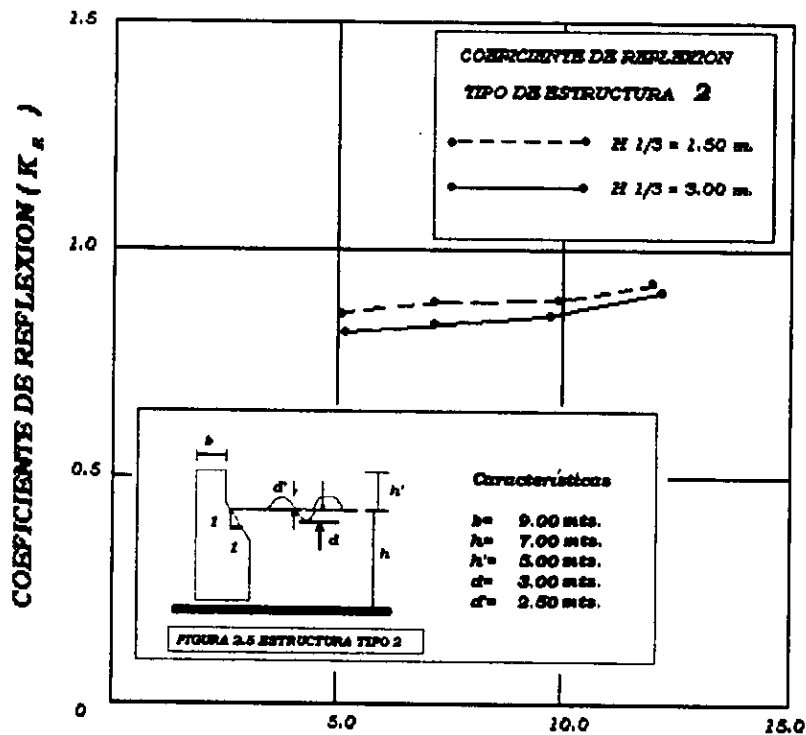


**FIGURA 5.14 DISTRIBUCION DEL OLAJE SIGNIFICANTE  
INCIDENTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE  
REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 7**



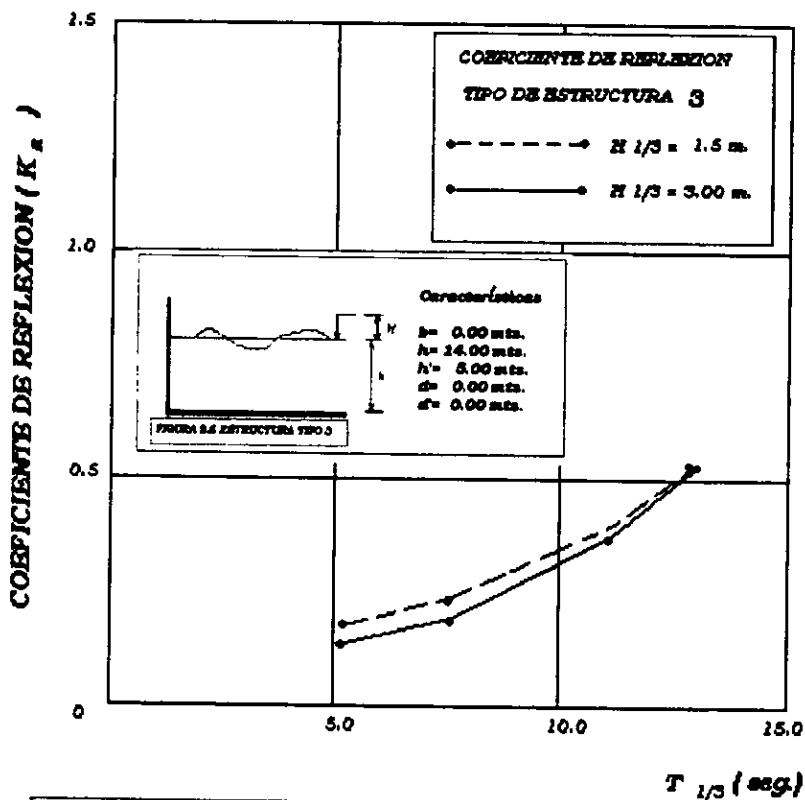
$T_{1/3} \text{ (seg.)}$

**FIGURA 5.15 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 1.**

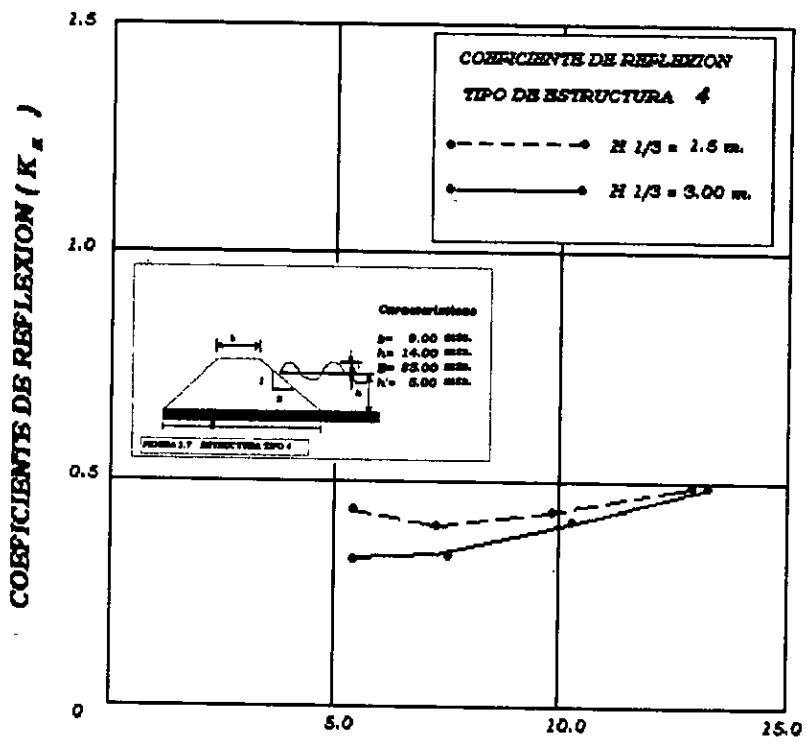


$T_{1/3}$  (seg)

**FIGURA 5.16 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 2**

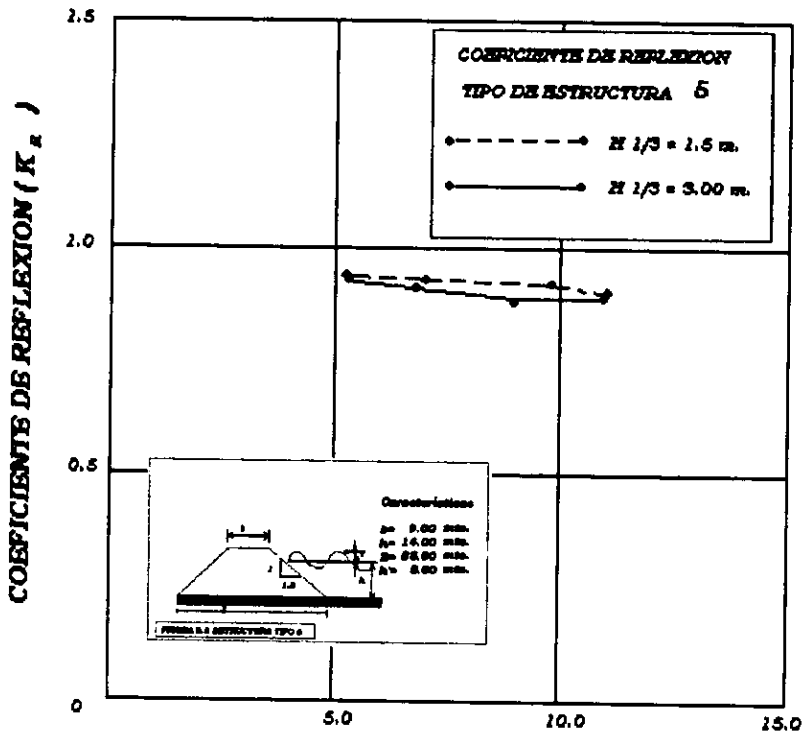


**FIGURA 5.17 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION PARA LA ESTRUCTURA TIPO 3**

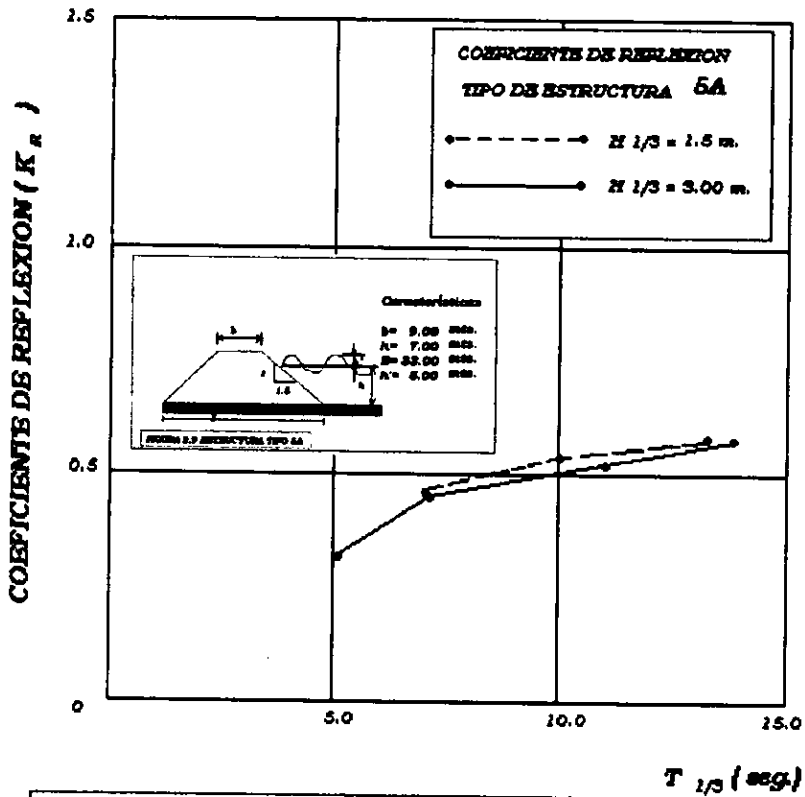


$T_{1/3}$  (seg)

**FIGURA 5.18 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
 CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
 PARA LA ESTRUCTURA TIPO 4**

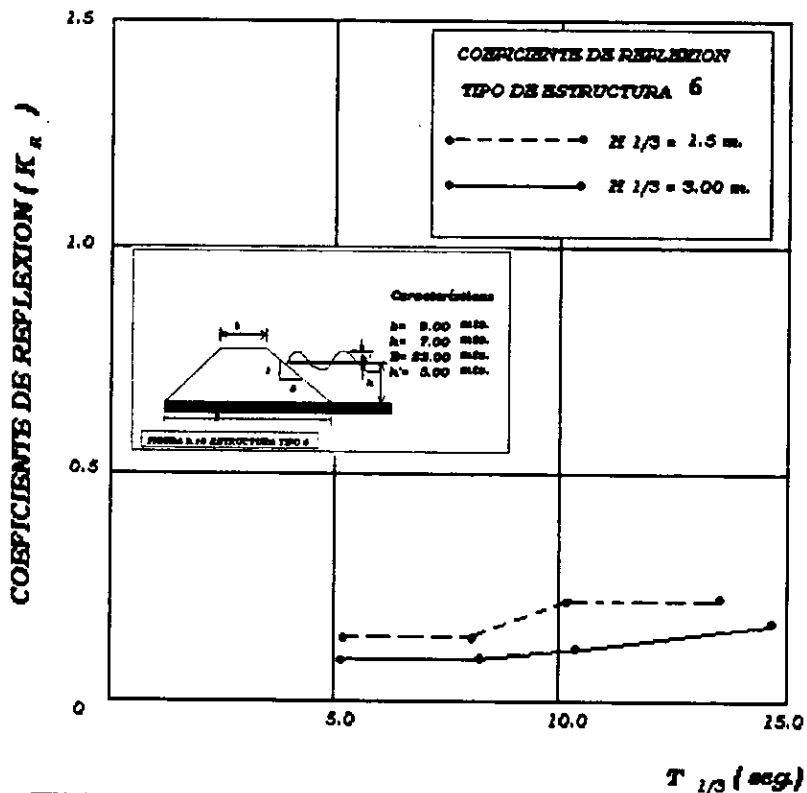


**FIGURA 5.19 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5**



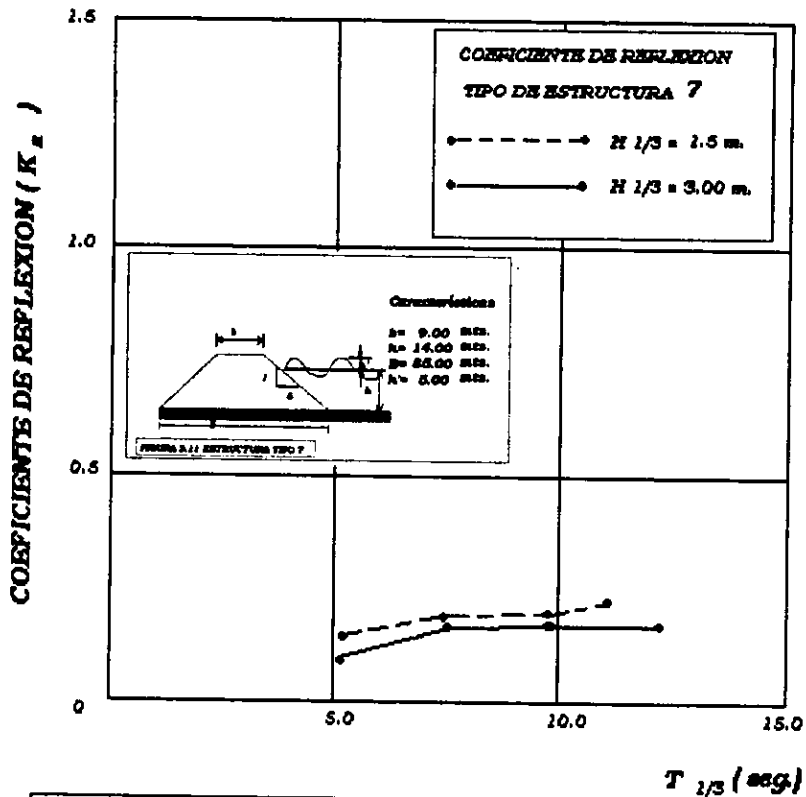
**FIGURA 5.20 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 5A**



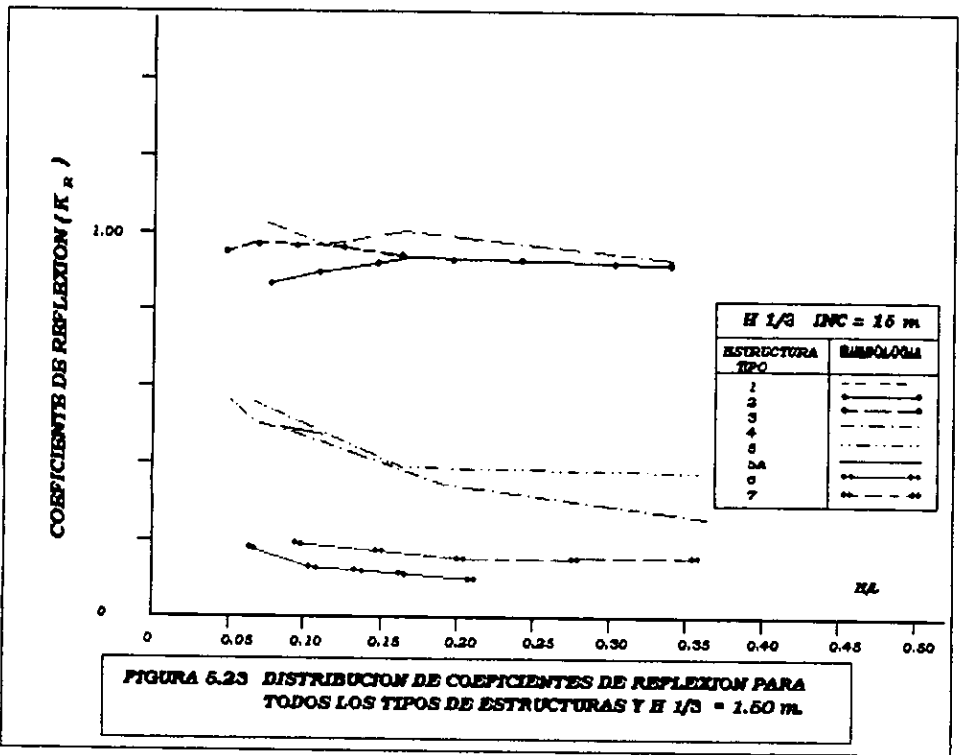


**FIGURA 5.21 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 6**

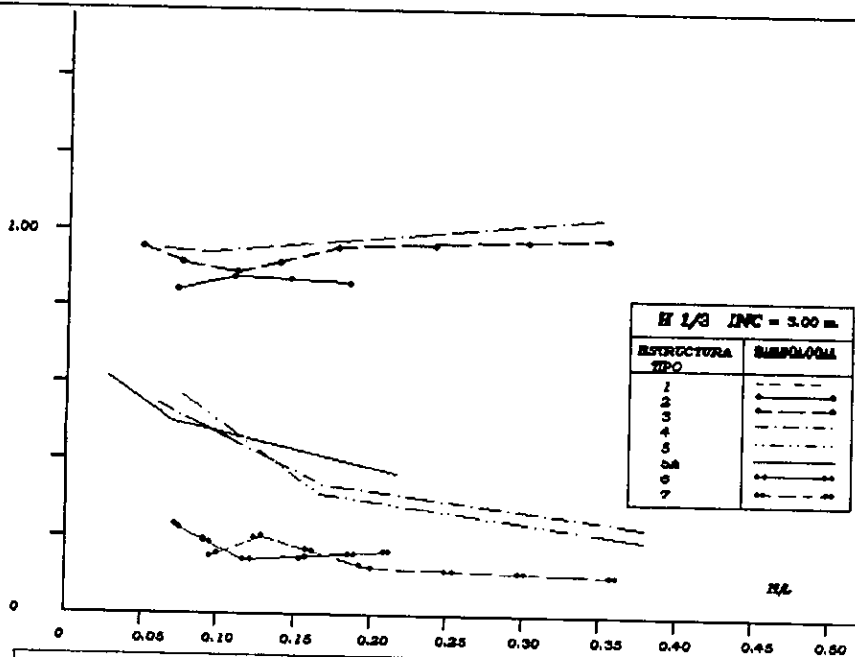
**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



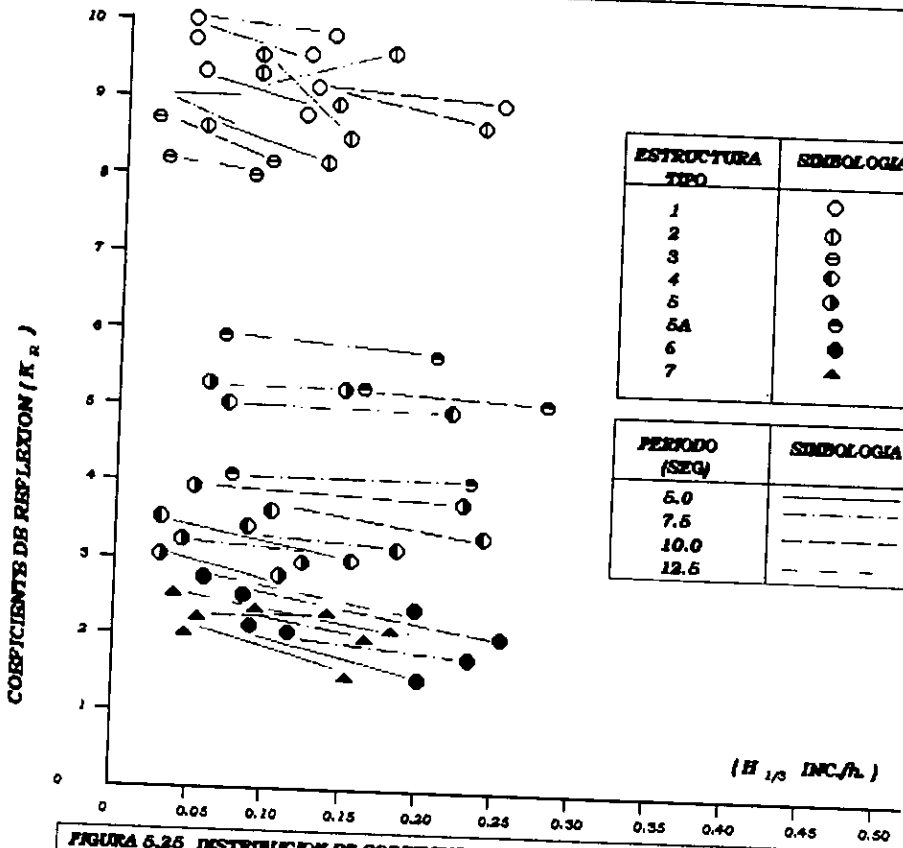
**FIGURA 5.22 DISTRIBUCION DEL PERIODO SIGNIFICANTE  
CONTRA LOS COEFICIENTES DE REFLEXION  
PARA LA ESTRUCTURA TIPO 7**



COEFICIENTE DE REFLEXION ( $K_R$ )



**FIGURA 5.24 DISTRIBUCION DE COEFICIENTES DE REFLEXION PARA TODOS LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS Y H 1/3 = 3.00 m.**



**FIGURA 5.25 DISTRIBUCION DE COEFICIENTES DE REFLEXION PARA TODOS LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS Y TODAS LAS CONDICIONES DE ENSAYO.**

## 6 CONCLUSIONES

Después de haber analizado los resultados obtenidos de los coeficientes de reflexión del talud de varado de emergencia y de los parámetros proyectados en este estudio. Se han llegado a obtener las siguientes conclusiones:

1. Para los diferentes tipos de estructuras ensayadas los coeficientes de reflexión están comprendidos en los siguientes rangos:
  - a) Para la estructura tipo 1,  $0.91 < K_R < 0.98$
  - b) Para la estructura tipo 2,  $0.86 < K_R < 0.94$
  - c) Para la estructura tipo 3,  $0.87 < K_R < 0.92$
  - d) Para la estructura tipo 4,  $0.28 < K_R < 0.49$
  - e) Para la estructura tipo 5,  $0.25 < K_R < 0.51$
  - f) Para la estructura tipo 5A,  $0.34 < K_R < 0.56$
  - g) Para la estructura tipo 6,  $0.11 < K_R < 0.24$
  - h) Para la estructura tipo 7,  $0.13 < K_R < 0.21$
2. En las figuras 5.7 a 5.22 se observa que para la mayoría de los casos. Conforme la altura de ola incidente crece los coeficientes de reflexión disminuyen debido al rompimiento del oleaje que se presenta antes de que incida sobre la estructura. Y cuando el periodo de oleaje crece, los coeficientes de reflexión también crecen.
3. Al relacionar la profundidad de desplante de las estructuras estudiadas con la correspondiente longitud de ola, se observaron tres diferentes clases de rangos de coeficiente de reflexión, quedando clasificadas como sigue:

- a) En la clase de coeficiente de reflexión alto ( $0.86 < K_R < 0.98$ ) están comprendidas las estructuras tipo 1,2 y 3.
- b) En la clase de coeficiente de reflexión medio ( $0.25 < K_R < 0.56$ ) están comprendidas las estructuras tipo 4,5 y 5 A.
- c) En la clase de coeficiente de reflexión bajo ( $0.11 < K_R < 0.24$ ) están comprendidas las estructuras tipo 6 y 7. En la clase de coeficiente de reflexión alto ( $0.86 < K_R < 0.98$ ) están comprendidas las estructuras tipo 1,2 y 3.
- d) Cabe mencionar que la estructura tipo 5A caso 1 se observa un coeficiente alto con valor de 0.855, el cual no se pudo eliminar al analizar los datos almacenados en el registrador magnético.

## **BIBLIOGRAFIA**

**TITULO: APUNTES DE LA MATERIA DE PUERTOS**  
**AUTOR:**  
**PP. : 1-3, 181-200.**

**TITULO: PROTECCION DE COSTAS**  
**PLANIFICACION Y DISEÑO**  
**SECCION 1.264**  
**AUTOR: TRADUCCION DE LA TERCERA EDICION EN INGLES**  
**"SHORE PROTECTION, PLANNING AND DESIGN"**  
**U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER**  
**ED.: 1971.**  
**TOMO 1**  
**PP.: 141-145.**

**TITULO: MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES**  
**HIDROTECNIA**  
**SECCION A.2.13 HIDRAULICA MARINA**  
**AUTOR: CFE.**  
**PP.. 2.13.146 - 2.13.158**

**TITULO: INGENIERIA MARITIMA**  
**AUTOR: ROBERTO BUSTAMANTE AUMADA**  
**PP.: 188 - 193.**



**TITULO: RIOS Y COSTAS**

**AUTOR:**

**PP.. 77-159.**